

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI

**ANFIS VE REGRESYON ANALİZİ İLE ENFLASYON
TAHMİNİ VE KARŞILAŞTIRMASI**

Yüksek Lisans Tezi

İLYAS TANRIVERDİ

İstanbul, 2018

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BİLİM DALI

**ANFİS VE REGRESYON ANALİZİ İLE ENFLASYON TAHMİNİ VE
KARŞILAŞTIRMASI**

Yüksek Lisans Tezi

İLYAS TANRIVERDİ

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi FATMA URFALIOĞLU

İstanbul, 2018



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

TEZ ONAY BELGESİ

EKONOMETRİ Anabilim Dalı YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI Bilim Dalı TEZLİ YÜKSEK LİSANS öğrencisi İlyas Tanrıverdi'nin ANFİS VE REGRESYON ANALİZİ İLE ENFLASYON TAHMİNİ VE KARŞILAŞTIRMASI adlı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulunun 2.08.2018 tarih ve 2018-22/14 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi16/08/2018.....

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

	Öğretim Üyesi Adı Soyadı	İmzası
1.	Tez Danışmanı Dr. Öğr. Üyesi FATMA URFALIOĞLU	
2.	Jüri Üyesi Doç. Dr. HABİP KOÇAK	
3.	Jüri Üyesi Doç. Dr. SEMRA ERPOLAT TAŞABAT	

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimi bitirme sürecinde bana gösterdiği sabır, hoşgörü, güven ile birlikte benimle paylaştığı bilgi ve deneyimlerinden dolayı çok değerli danışman hocam sayın Dr. Öğretim Üyesi Fatma URFALIOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Eğitim ve öğretim hayatım boyunca bana destek olan aile bireyelerine özellikle ablam Gülseren TANRIVERDİ'ye minnettarım. Çalıştığım kurumda yüksek lisans döneminde bana gösterdikleri hoşgörü ve kolaylıklardan dolayı amirlerim ve çalışma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

ÖZET

ANFIS VE REGRESYON ANALİZİ İLE ENFLASYON TAHMİNİ VE KARŞILAŞTIRMASI

Resmi kurumlar ve kurumsal şirketler, belirsizlik altında riski minimize ederek en doğru kararları almaya hedeflerler. Bu doğrultuda özellikle son zamanlarda karar verme süreçlerinde klasik istatistiksel yöntemler ile birlikte gelişmekte olan teknolojinin nimetlerinden sıklıkla yararlanılmaktadır. Öngörü yöntemlerinde biri olan ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System), insanların bilgi ve deneyimlerinde yararlanılarak oluşturulan kural tabanı ve melez öğrenme algoritmaları kullanarak öngöründe bulunmaktadır.

Makro ekonomik problemlerin başında gelen enflasyonu, doğru tahmin edebilmek pek çok iktisadi kararlarda daha isabetli sonuçlar alınmasını sağlayacaktır. Bu bağlamda yapılan çalışmada 2002 ile 2015 yılları arasındaki faiz ve döviz kuru(\$) verileri baz alınarak, ANFIS ve Regresyon Analizi kullanılarak Enflasyon (TÜFE) tahmini yapılmıştır. Elde edilen tahminler doğrultusunda hangi analiz yönteminin daha tutarlı bir tahminde bulunduğuna karar verilmiştir.

Anahtar Kelime: ANFIS, Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları, Enflasyon

ABSTRACT

COMPARISON AND ESTIMATION OF INFLATION WITH REGRESSION ANALYSIS AND ANFIS

Public enterprises and corporate companies aim to take the most correct decisions at minimizing the risk which is under the uncertainty. In this direction, particularly, recently it is often benefited from blessings of developing technology, with classical statistical methods within that deciding period. ANFIS the one of the estimated methods, it is predicted that rule base and hybrid learning algorithm which is created by using the knowledge and experience of the people.

It provides us to take the truer result at most economical decisions, to guess right the inflation which is the main problems of macroeconomics. In this context, in the work done between 2002-2015, being based on exchange and interest rates, with using ANFIS and Regression analysis the inflation estimated was done. In the direction of the predictions that was obtained, it was decided which analysis method is more steady at estimated.

Key words: ANFIS, Fuzzy Inference, Artificial Neural Networks, Inflation

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TABLO LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR	x
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1	
KAVRAMSAL ÇERÇEVE: ENFLASYON, FAİZ, KUR	3
1.1 ENFLASYON	3
1.1.1 Enflasyon Çeşitleri	4
1.1.1.1 Hızlarına Göre Enflasyon	4
1.1.1.2 Nedenlerine Göre Enflasyon	5
1.1.2 Enflasyon Endeks Türleri	7
1.1.2.1 Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE)	8
1.1.2.2 Yurtiçi Üretici Fiyat Endeksi (Yİ-ÜFE)	8
1.1.3 Enflasyon Hedeflemesi.....	9
1.2 Faiz	10
1.2.1 Faiz Oranı	10
1.2.1.1 Nominal Faiz Oranı.....	11
1.2.1.2 Reel Faiz Oranı	11
1.2.2 Faiz Hesaplama Çeşitleri	11
1.2.2.1 Basit Faiz	11
1.2.2.2 Bileşik Faiz	12
1.2.3 Merkez Bankası Faiz Türleri	12
1.2.3.1 Politika Faizi (Bir Hafta Vadeli Repo Faizi)	12
1.2.3.2 Gecelik İşlemlerde Uygulanan Faiz.....	13
1.2.3.3 Geç Likidite Penceresi Faizi	13
1.2.3.4 Reeskont Kredisi ve Avans Faizi	14
1.2.3.5 İhracat Reeskont Kredisi Faizi.....	14
1.3 Döviz Kuru	14
1.3.1 Nominal Döviz Kuru	15

1.3.2 Reel Döviz Kuru	15
1.3.3 Efektif Döviz Kuru	16
1.3.4 Çapraz Döviz Kuru	16
1.3.5 Döviz Kuru Sistemleri	16
1.3.5.1 Sabit Kur Sistemi	17
1.3.5.2 Dalgalı Kur Sistemi (Esnek Kur Sistemi)	17
1.4 Döviz Kuru ve Enflasyon Arasındaki İlişki	18
1.5 Faiz ve Enflasyon Arasındaki İlişki	20
1.6 Türkiye'deki Enflasyon Süreci.....	21
BÖLÜM 2	
BULANIK MANTIK VE REGRESYON ANALİZİ	24
2.1 Bulanık Mantık.....	24
2.1.1 Bulanık Kümeler.....	25
2.1.2 Bulanık Sayı	26
2.1.3 Üyelik Fonksiyonları	26
2.1.3.1 Üçgen Üyelik Fonksiyonu	27
2.1.3.2 Yamuk Üyelik Fonksiyonu	28
2.1.3.3 Sigmoid Üyelik Fonksiyonu	28
2.1.3.4 Gauss Üyelik Fonksiyonu	29
2.1.4 Bulanık Küme İşlemleri.....	30
2.1.5 Bulanık Modelleme	32
2.1.5.1 Bulanıklaştırma	33
2.1.5.2 Bulanık Kural Tabanı.....	34
2.1.5.3 Çıkarım Motoru	34
2.1.5.4 Durulaştırma	34
2.1.5.4.1Maksimum Üyelik Yöntemi.....	35
2.1.5.4.2 Ağırlık Merkezi Yöntemi	35
2.1.5.4.3Ağırlık Ortalama Yöntemi	36
2.1.5.4.4 Maksimum Üyelik İşlev Ortalaması Yöntemi	36
2.1.5.4.5 Toplamların Merkezi Yöntemi.....	37
2.1.5.5 Mamdani Bulanık Çıkarım Sistemi	37
2.1.5.6 Sugeno Bulanık Çıkarım Sistemi.....	39
2.1.6 Yapay Sinir Ağları.....	41

2.1.6.1 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme	41
2.1.6.1.1 Danışmalı Öğrenme.....	42
2.1.6.1.2 Danışmasız Öğrenme	42
2.1.6.1.3 Takviyeli Öğrenme.....	42
2.1.7 Sinirsel Bulanık Mantık.....	42
2.1.8. Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS).....	44
2.1.8.1 ANFIS'in Mimari Yapısı	45
2.1.8.2 ANFIS'in İçin Öğrenme Algoritması	48
2.1.9 MATLAB ANFIS Modellemesi.....	48
2.2 Regresyon Analizi	51
2.2.1 Basit Doğrusal Regresyon	52
2.2.1.1 Parametre Tahmini.....	53
2.2.1.2 Determinasyon Katsayısı (R^2).....	54
2.2.2 Çok Değişkenli Regresyon	54
2.2.2.1 Çok Değişkenli Regresyonda Parametre Tahmini	56
BÖLÜM 3	
UYGULAMA.....	57
3.1 Analiz Yöntemleri	57
3.1.1 ANFIS ile Tahminde Bulunma.....	58
3.1.2 Regresyon Analizi ile Tahminde Bulunma.	70
3.2 Tahmin Sonuçlarını Kıyaslaması	71
3.3 Karşılaştırma Sonuçları	72
SONUÇ ve ÖNERİLER	74
EKLER.....	77
Ek-1 Veri Seti.....	77
Ek-2 Eğitim Veri Seti.....	81
Ek-3 Test Veri Seti.....	84
Ek-4 Eğitim Verisi Tahmin Değerleri	86
Ek-5 Test Verisi Tahmin Değerleri.....	89
KAYNAKÇA	91

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1: TÜFE Kapsamında Yer Alan Mal ve Hizmet Ana Grupları ve Ağırlıkları.	8
Tablo 1.2: TÜFE Kapsamında Yer Alan Mal ve Hizmet Ana Grupları ve Ağırlıkları.	9
Tablo 2.1: ANFIS Üyelik Tipleri.....	50
Tablo 3.1: Üyelik Fonksiyonları Hata Değerleri.	61
Tablo 3.2: Regresyon Modeli Katsayıları.	70
Tablo 3.3: RMSE ve MAPE Karşılaştırması.	72

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1: Döviz Kurundaki Değişimin Enflasyona Etkisi.	20
Şekil 2.1: Bulanık Mantık Kesişim Küme.	26
Şekil 2.2: Üçgen Üyelik Fonksiyonu.	27
Şekil 2.3: Yamuk Üyelik Fonksiyonu.	28
Şekil 2.4: Sigmoid Üyelik Fonksiyonu.	29
Şekil 2.5: Gauss Üyelik Fonksiyonu.	30
Şekil 2.6: Bulanık Kümede Birleşim Özelliği.	30
Şekil 2.7: Bulanık Kümede Kesişim Özelliği.	31
Şekil 2.8: Bulanık Kümede Tümleyen Özelliği.	31
Şekil 2.9: Bulanık Çıkarım Sistemi.	33
Şekil 2.10: Maksimum Üyelik Yöntemi.	35
Şekil 2.11: Ağırlık Merkezi Yöntemi.	35
Şekil 2.12: Ağırlık Ortalama Yöntemi.	36
Şekil 2.13: Maksimum Üyelik Yöntemi.	36
Şekil 2.14: Toplamların Merkezi Yöntemi.	37
Şekil 2.15: Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi.	38
Şekil 2.16: Sugeno Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi.	40
Şekil 2.17: Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantıkla İlişkisi.	43
Şekil 2.18: Sugeno Tipi Bulanık Çıkarım sistemi.	44
Şekil 2.19: ANFIS Mimari Yapısı.	45
Şekil 2.20: MATLAB Giriş Ekranı.	48
Şekil 2.21: ANFIS Editörü.	49
Şekil 2.22: Üyelik Fonksiyon Seçim Ekranı.	50
Şekil 3.1: ANFIS Workspace Alanı.	58
Şekil 3.2: ANFIS Editör Uygulama Ekranı.	58
Şekil 3.3: ANFIS Veri Yüklenmiş Şekli ve Üyelik Fonksiyonları Seçim Ekranı.	59
Şekil 3.4: ANFIS Training Error Ekranı.	60
Şekil 3.5: Gauss Üyelik Fonksiyonu Hata Ekranı.	61
Şekil 3.6: ANFIS Model Mimari Yapısı.	62
Şekil 3.7: Bulanık Mantık Modeli.	62
Şekil 3.8: Eğitim Verisi ile Gerçek Değerle Tahmin Değerleri Karşılaştırılması.	63

Şekil 3.9: Test Verisi ile Gerçek Değerle Tahmin Değerleri Karşılaştırılması.	64
Şekil 3.10: ANFIS Modeli Kural Yapısı.....	65
Şekil 3.11: Üyelik Fonksiyonu Ekranı.....	66
Şekil 3.12: Rule Editör Ekranı.	67
Şekil 3.13: 3 Boyutlu Grafikselle Gösterim.....	67
Şekil 3.14: ANFIS Çıktı Dosyası Oluşturma.	68
Şekil 3.15: ANFIS Çıktı Ekranı.	68
Şekil 3.16: Eğitim Veri İçin Gerçek Değerle Tahmin Değerleri Karşılaştırması.	73
Şekil 3.17: Test Veri İçin Gerçek Değerle Tahmin Değerleri Karşılaştırması.	73

KISALTMALAR

TÜFE	: Tüketici Fiyat Endeksi
Yİ-ÜFE	: Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi
TCBM	: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası
İMF	: İnternational Monetary Fund
ABD	: Amerika Birleşik Devleti
YSA	: Yapay Sinir Ağları
ANFIS	: Adaptive Neuro-Fuzzy İnference System (Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi)
MATLAB	: Matrix Laboratory
EKK	: En Küçük Kareler Yöntemi
AKT	: Artık Kareler Toplamı
FİS	: Fuzzy İnference System
RMSE	: Root Mean Squared Error (Hataların Ortalama Kare Kökü)
MAPE	: Mean Absolute Percentage Error (Ortalama Mutlak Yüzde Hatası)
MF	: Membership Fancion (Üyelik Fonksiyonu)
SPSS	: Statistcal Package For The Social Sciences

GİRİŞ

Enflasyon oranları, ülke ekonomilerinde iyi yönetilmesi gereken önemli bir iktisadi problemdir. Enflasyon sadece ülke ekonomilerini değil bireyleri ve özel girişimcileri direkt olarak etkileyen faktörlerden biridir. Yüksek enflasyon sürekli hale geldiğinde ülke ekonomilerinde pek çok iktisadi problemi tetiklediği gibi bireylerin kısa ve uzun vadeli ekonomik alışkanlıklarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bundan dolayı enflasyonunun tahmini ve yönetilebilmesi oldukça önem arz etmektedir. Enflasyon oranının tahmininin temel amacı gelecekteki eğilimleri ön görerek verilecek kararların risklerinin minimize etmek ve gelecekteki enflasyonun ekonomik etkilerini daha öngörülebilir hale getirmektir.

Öngörü herhangi bir parametrenin belirli şartlar altında gelecekteki muhtemel değerinin belirlenmesidir.¹ Hem kamuda hem de özel sektörde pek çok alanda karar verme süreçlerinde öngörü yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Hızlı bir şekilde gelişen teknoloji ile birlikte bilgisayar sistemlerini öngörü yöntemlerinde kullanarak gerek zamandan gerekse iş gücünden tasarruf yaparak daha gerçeğe yakın tahminler yapılabilmektedir. Öngörü yöntemlerinde kullanılan klasik istatistiksel yöntemlerin yanı sıra, son zamanlarda özellikle Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık yöntemleri oldukça ön plana çıkmaktadır.

Bulanık mantık yöntemleri; matematiksel modeli tam olarak belli olmayan, zaman içerisinde değişebilen ve doğrusal olmayan sistemlerde kullanılmaktadır. Bulanık mantık çıkarım sistemlerinin temeli, çalışılan sistem üzerinde uzman olan kişilerin bilgi ve deneyimleri ile katkı sağlaması ve öğrenme algoritmalarını kullanarak öngörüle bulunabilmesidir. Uzman kişilerce dilsel ifadeler olan “eğer-ise” ile “ve-veya” mantıksal bağlaçları ile sisteme dışarıdan müdahale edilebilmesi işleyişi üzerine geliştirilmiş bir yapıya dayanmaktadır.² Başka bir deyişle Bulanık Mantık çıkarım sistemlerinin temeli sözel ifadeler ile sayısal ifadelerin mantıksal bir kurallar çerçevesinde ki ilişkileri üzerine kurulmuştur.

¹ Burçin Ataseven, “Yapay Sinir Ağlarında Öngörü Modelleme”, **Öneri Dergisi**, Cilt.10, Sayı.39, (2013), s.101.
² Sinan Ünsal ve İbrahim Alışkan, “Madani ve Takagi-Sugeno Çıkarım Yöntemlerine Sahip Bulanık Mantık Denetçilerinin Özgün Yazılım ve Araç Kutusu Performans Analizi”, **Elektrik Elektronik Biyomedikal Mühendisliği (Eleco) Ulusal Konferansı**, Bursa, 1-3 Aralık 2016, s.237.

Mantıksal her bir kural ile girdi olan bağımsız değişkenler ile çıktı olan bağımlı değişken arasında bir bağlantı kurulur.³

İlk olarak Roger JANK tarafında ortaya konulan Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS), Takagi-Sugeno tabanlı bulanık çıkarım sisteminin sinirsel öğrenme yeteneğine sahip bir yöntemidir.⁴ Başka bir deyişle ANFIS, yapay sinir ağlarıyla bulanık mantığın birlikte kullanıldığı bir karma yapıya sahiptir.⁵ ANFIS, uzman kişiler tarafından veya ANFIS sisteminin otomatik olarak oluşturduğu kural tabanı, yapay sinir ağlarının öğrenme kabiliyeti ve karma öğrenme algoritması ile birlikte kullanılarak etkili sonuçlar elde edilebilmektedir. Finansal sektörlerde, mühendislikte, lojistikte, sağlık sektöründe gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Enflasyonu direkt olarak etkileyen döviz kuru(\$) ile Merkez Bankası faiz oranları kullanarak Enflasyon öngörüsünde bulunuldu. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki en önemli amaçların başında Enflasyon öngörüsünü Regresyon Analizi ve ANFIS ile hesaplayıp bu yöntemlerden hangisinin daha gerçeğe yakın tahminde bulunduğunu ortaya koymak ve karar alma süreçlerinde hangi yöntemin daha iyi öngörülebilirlik ortaya koyduğuna karar vermektir.

Çalışmanın birinci bölümünde Enflasyon, Faiz, ve Döviz Kuru ile ilgili kavramlara genel bir bakış yapılmıştır. İkinci ve üçüncü bölümde ANFIS ve Regresyon Analizi öngörü yöntemleri irdelenmiştir. Dördüncü bölümde ise 2002 ile 2015 yılları arasındaki Enflasyon, Faiz ve Döviz Kuru (\$) verilerden yararlanarak Enflasyon öngörüsünde bulunup ve elde edilen tahminler doğrultusunda hangi yöntemin daha iyi sonuç verdiği test edilmiştir.

³ Hacer Güner, Emre Çomak, “Lise Öğrencilerinin Matematik Dersine Yönelik Tutumlarının Bulanık Mantık Yöntemi ile İncelenmesi”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt 20, Sayı 5, (2014), s.190.

⁴ Selahattin Koç, Sinem Ulucan, “Finansal Başarısızlıkların Tespitinde Kullanılan Altman Z Yönteminin Bulanık Mantık (ANFIS) Yöntemi ile Test Edilmesi”, **Maliye Finans Yazıları**, Sayı 106, (2016), s.151.

⁵ Shing R.Jang , “Adaptive network-based Fuzzy Inference System.” **IEEE Journal**, Vol.23, No.3,(1993), s.665-685.

BÖLÜM 1

KAVRAMSAL ÇERÇEVE: ENFLASYON, FAİZ, KUR

1.1 ENFLASYON

Farklı ekonomik yapılarına rağmen bugün bütün ülkelerin ortak bir sorunu olan enflasyon, ekonomi tarihinde çok sık yaşanan bir olaydır. Ancak geçmişteki enflasyonlar, genellikle hiperenflasyon şeklinde ortaya çıkmışlar, kötü hasat ve savaş finansmanı gibi gelişmelerden kaynaklanmışlardır. Bu tip enflasyonlar geçici nitelik göstermişlerdir. Bazı dönemlerde ortaya çıkan fiyat hareketliklerinin konjonktürel gelişmelerle ilişkili olabileceği de bilinmektedir. Deflasyon nedeniyle gerileyen fiyatlar, konjonktürel canlanmayla birlikte eski düzeylerine geri dönerler. İkinci Dünya Savaşından sonra, enflasyonist oluşumlar hızı görece düşük, buna karşılık süreklilik gösteren bir görüntü sergilemektedirler.⁶

Ekonomik açıdan enflasyon, fiyatların genel düzeyindeki kayda değer artış ve bu artışların süreklilik göstermesi veya fiyat artışının nedeni olarak görülen paranın satın alma değerindeki sürekli düşüşlerdir.⁷

Genel bir bakış açısıyla enflasyon, fiyatlar genel düzeyinde artış olarak tanımlanabilir. Enflasyon sorunun ortaya çıkması için bütün fiyatların artması şart değildir. Nitekim enflasyonist eğilimlerin ortaya çıktığı dönemlerde bazı mal ve hizmetlerin fiyatlarının sabit kaldığını yada çok düşük miktarlarda arttığını görmek mümkündür.⁸

Bu tanımlara göre enflasyondan bahsedebilmek için iki önemli etken gerekiyor: İlk olarak fiyatların değil fiyatların genel düzeyinde bir artış olması gerekiyor. İkinci olarak ise, bu fiyat artışlarının süreklilik göstermesi gerekiyor. Farz edelim ki belli bir zaman aralığında patatesin, soğanın ve zeytinin fiyatları arttı. Bu durum enflasyon olarak tanımlanamaz sadece bir fiyat artışıdır. Bu duruma enflasyon diyebilmemiz için mal ve hizmetlerin içerisinde bulunduğu sepetin toplamında bir fiyat artışı olması gerekmektedir. Farz edelim ki sepetimizde her biri eşit pay sahibi olan 10 çeşit mal veya hizmet var. Bu mal veya hizmetlerin yarısının fiyatı belli bir oranda düşmüş diğer yarısının ise aynı oranda fiyatları artmış ve sonuç olarak sepete ödediğimiz para bir önceki döneme göre ödediğimiz

⁶ Merih Paya, **Para Teorisi ve Para Politikası**, 3.Basım, İstanbul: Filiz Kitabevi, 2007, s.378.

⁷ Graham Dawson, **Inflation and Unemployment: Causes, Consequences And Cures**, England Edward Elgar Publishing Ltd., 1992, s.10.

⁸ Osman Z. Orhan ve Seyfettin Erdoğan, **Para Politikası**, 2.Basım, Kocaeli: Umuttepe Yayınları, 2015, s.258.

para değişmemişse yine enflasyondan bahsedemeyiz. Olsa olsa bazı mal ve hizmetlerin fiyatlarının arttığını bazılarının ise düştüğünü söyleyebiliriz. Farz edelim ki sepetimizdeki mal ve hizmetlerin fiyatları toplam olarak o dönem içerisinde bir önceki döneme göre %20 oranında arttı ve bu artış sonraki dönemlerde ise devam etmeyerek o düzeyde kaldı. Bu fiyat artışının sürekliliği olmadığından dolayı enflasyon olarak tanımlayamayız çünkü bu durumda sadece bir fiyat artışıdır.⁹

Enflasyon belli bir mal ve hizmet fiyatının tek başına artması, bazı malların fiyatlarının sürekli artması veya tüm mal fiyatlarının bir seferlik artması değildir. Mal ve hizmetlerde meydana gelen sürekli artıştır.¹⁰

Fiyatların sürekli bir artış göstermesi yerel paranın değer kaybına yol açar. Bu doğrultuda tüketicinin alım kuvveti düştüğü için tasarrufa gider. Tüketim olmadığı için ekonomik çarkların dönmesi yavaşlar.

1.1.1 Enflasyon Çeşitleri

Enflasyon , hızlarına göre enflasyon ve nedenlerine göre enflasyon olarak iki ana başlık altında incelenmektedir.

1.1.1.1 Hızlarına Göre Enflasyon

Hızlarına göre enflasyon İlmli Enflasyon (Sürünen Enflasyon), Yüksek Enflasyon (Kronik Enflasyon) ve Hiperenflasyon olarak üç alt başlık altında incelenmektedir.

İlmli Enflasyon (Sürünen Enflasyon)

İlmli enflasyon, gelişmekte olan ülkelerde yıllık fiyat artışlarının %3-6, gelişmiş ülkelerde ise, %1-3 aralıklarını aşmaması durumudur. İlmli enflasyon, girişimcilerin üretim şevkini artırır. Çünkü fiyatlar ılımlı bir düzeyde değiştiğinde, geleceğe yönelik tahminler daha tutarlı olacaktır. Bununla birlikte fiyatlarda meydana gelen düşük seviyedeki artışlar bile üreticinin karlılık oranlarını artıracaktır.¹¹

⁹ Mahfi Eğilmez, Enflasyon, 2012, <http://www.mahfiegilmez.com/2012/09/enflasyon.html>, (13.12.2016)

¹⁰ TCMB, Enflasyon, 2004, <http://www.tcmb.gov.tr>, 23.12.2016, s.3.

¹¹ Orhan ve Erdoğan, s.260.

Yüksek Enflasyon (Kronik Enflasyon)

Kronik enflasyonda fiyatlar genel düzeyi kademeli olarak sürekli yükselmektedir. Kronik enflasyonda ılımlı enflasyonun aksine paranın fonksiyonları aksamaktadır. Para, tasarruf olabilme özelliğini kısmen kaybetmektedir. Tasarruflar kronik enflasyonda altına ve gayrimenkul alımlarına doğru yönelmekte ve günlük cari harcamalar geçmiş yıllardaki tasarruflardan karşılanmaya çalışılmaktadır. Bütün bunların nedeni ise bütçe açıkları, kamu harcamalarının aşırı büyümesi, kamu işletmelerinin zararı, spekülâtif eğilimler, piyasadaki kredi ihtiyacının baskısı, yatırımların iç finansman gibi sorunları giderebilmek için emisyon hacminin kademeli olarak sürekli yükseltilmesidir.¹²

Hiperenflasyon

Hiperenflasyon “fiyatlar genel düzeyinde çok hızlı yükselişler” şeklinde tanımlanmaktadır. Ancak fiyatlar genel düzeyindeki hangi yüksek artışın hiperenflasyonu tanımladığı konusunda bir görüş birliği bulunmamaktadır. Bununla birlikte Phillips Cagairın aylık %50'nin üzerindeki fiyat hareketleri şeklindeki hiperenflasyon tanımı oldukça yaygındır. Ancak yakın zamanda çeşitli ülkelerde yaşanan ve hiperenflasyon olarak tanımlanan gelişmelerde fiyat hareketleri çok daha düşük düzeylerde kalmıştır.¹³

Hiperenflasyon genellikle savaş dönemlerinde ortaya çıkmaktadır. Bu enflasyon türünde fiyat artışları çok yüksek olmakta ve fiyatlar gün içinde değişimler göstermektedir. Bu dönemde halkın paraya olan güveni kalmamaktadır. Bu yüzden, halk elinde nakit para bulundurmamak istemez, altın ve döviz yerli paraya tercih etmektedir. Para arzının sürekli artmasıyla ve halkın paraya olan güveninin kaybolmasıyla, paranın değeri kaybolmakta ve para değişim aracı olma fonksiyonunu ve tasarruf fonksiyonu tamamen kaybetmektedir.¹⁴

1.1.1.2 Nedenlerine Göre Enflasyon

Nedenlerine göre enflasyonu talep enflasyonu, maliyet enflasyonu ve beklenti enflasyonu olarak üç ana başlık altında inceleyebiliriz.

¹² Selman Yılmaz, **Makroekonomik Teoride Yatırım Büyüme ve Enflasyon**, 1.Basım, İstanbul: Beşir Kitabevi, 2012, s.36.

¹³ Paya, s.402.

¹⁴ Yeşim Yıldırım, “Enflasyon ve Faiz Oran İlişkisi: Türkiye’de Fischer Etkisinin Gerçekliği” (**Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi**, İstanbul Üniversitesi SBE, 2014), s.21.

Talep Enflasyonu

Talep Enflasyonu, tüketicinin mal ve hizmetlere olan talebinin artması, üreticinin ve hizmet vericinin yeterli arz sunmadığı zaman oluşan enflasyon çeşididir.

Talep enflasyonu genellikle, ülke ekonomilerinde ki makro iktisadi göstergelerin toparlanma sürecine girdiğinde ve işsizlik oranının azalma eğiliminde olduğu dönemlerde görülmektedir. Büyüyen bir ekonomi ve buna bağlı olarak işgücü ihtiyacı artması ile birlikte tüketiciler geleceklere daha güvenle baktıklarından dolayı genellikle daha fazla harcama yapmayı tercih etmektedirler. Buna bağlı olarak artan talep doğrultusunda, üreticilerin üretim miktarlarını aynı oranda artıramamaları durumunda talep fazlası oluşarak fiyatların artmasına sebep olmaktadır. Diğer bir deyişle, mal ve hizmet arzının artış oranının toplam talebin artış oranını yakalayamaması durumunda fiyatların genel düzeyinde artışa neden olmaktadır.¹⁵

Maliyet Enflasyonu

Maliyet enflasyonu, üretime etki eden faktörlerde meydana gelen fiyat artışıyla ortaya çıkan enflasyon çeşididir. İş gücü ücretlerinin artması, hammadde ve enerji fiyatlarındaki artışlar, vergi oranlardaki artışlar, kur ve faiz artışları maliyet enflasyonunun oluşmasında başlıca nedenlerdendir.

Bir ekonomide arz yönlü problemler var ise örneğin arzda bir azalma veya maliyetlerde bir yükseliş oluşmuşsa bu tarz ekonomilerde arz yönlü bir enflasyonist baskıdan bahsedilebilir. Arzda azalma(daralma), talebin düşmediği halde üretim miktarında azalma olması halidir. Bu durum fiyatların artmasına sebebiyet vererek enflasyon oluşmasına yol açmaktadır.¹⁶

Zamanımızda maliyet enflasyonu piyasa yapısına da sıkı sıkıya bağlıdır. Çünkü örneğin piyasaların tekeli ve oligopolcu yapısı kolayca maliyetlerde yükselmelere yol açabilmektedir. Çünkü bu durumlarda, firmaların talep eğrileri tam rekabet piyasasındakine göre daha az esnek olduğundan, müteşebbislerin kısmen veya tamamen ücret artışlarını

¹⁵ TCMB, Enflasyon ve Fiyat İstikrarı, 2013, http://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/22dbefd0-b9db-48ff-9f9f-68835b673f8a/Enflasyon_FiyatIstikrari.pdf?MOD=AJPERES , (13.12.2016) , s.3

¹⁶ Mahfi Eğilmez, Talep Enflasyonu mu Var Maliyet Enflasyonu mu?, 2015, <http://www.mahfiegilmez.com/2015/01/talep-enflasyonu-mu-var-maliyet.html>, (14.12.2016).

tüketicilere yansıtılmaları kolay olmaktadır. Özellikle, ekonominin genişlenme safhasında bu çok daha kolay olmaktadır.¹⁷

Beklenti Enflasyonu

Enflasyon beklentileri, enflasyonun oluşmasında önemli bir rol oynayan etkenlerden biridir. Tüketicilerin ve üreticilerin gelecekteki mal ve hizmetlerin fiyatlarının artmaya devam edeceği yönünde beklentide bulunmaları ve bu beklentiler ileriye yönelik ücret talepleri vasıtasıyla fiyatlara bir artış olarak yansımaktadır. Maaş zammı, kira artırımını ve ticari alım - satım gibi sözleşmelere konu olan geleceğe yönelik fiyat belirleme gibi talepleri örnek olarak gösterilebiliriz. Bu beklenti ve talepler ilerideki enflasyon oranını etkileyebilmektedir. Bu durum, enflasyon beklentisinin kendini doğrulaması şeklinde tanımlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle ekonomi yönetimleri, geleceğe yönelik enflasyon tahminlerini yakın geçmişte yaşanmış enflasyon oranlarına göre belirleme şeklinde devam etmesi halinde, enflasyon artış oranının geçmişle aynı yönde bir yol izlemesine neden olacaktır. Bu durum enflasyon ataletine sebebiyet vermektedir ve bundan dolayı merkez bankaları enflasyonla mücadele ederken bir yandan da enflasyon beklentilerini de düşürmeye odaklanmaktadır.¹⁸

1.1.2 Enflasyon Endeks Türleri

Belirli bir ürünün fiyatındaki değişimler büyük resmi göstermede yetersiz olacağından birden fazla fiyatı belirli düzen içerisinde toplayan endeksler genel olarak kullanılmaktadır. Söz konusu endeksler, geçmiş dönemlerin yorumunu yapabilmek, ekonomilerin durumunu izlemek, ileriye ait öngörülerini yapabilmek ve uygulanan politikaların başarısını saptamak için kullanılan araçların en önemlilerinden birisidir. Enflasyon oranı, belirli bir mal sepetinin cari yıl fiyatıyla aynı sepetin temel bir yıl fiyatı arasındaki oranının 100 ile çarpımına eşit olan fiyat endeksindeki değişme oranı ile ölçülür. Ülkemizde en çok kullanılan fiyat endeksleri Tüketici Fiyat Endeksi ve Yurtiçi Üretici Fiyat Endeksidir.¹⁹

¹⁷ İlker Parasız, **Para Teorisi ve Politikası**, 3.Basım, İstanbul: Ezgi Kitabevi, 2012, s.306.

¹⁸ TCMB, Enflasyon ve Fiyat İstikrarı, s.5.

¹⁹ Murat Akdağ, "Box-Jenkins ve Yapay Sinir Ağı Modelleri ile Enflasyon Tahmini", **(Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi**, Atatürk Üniversitesi FBE 2015), s.16-17.

1.1.2.1 Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE)

Hane halkının tüketimine yönelik ürün ve hizmet fiyatlarının belirli bir zaman aralığındaki değişiminin ölçülmesini TÜFE olarak adlandırılmaktadır. TÜFE'nin asıl amacı; piyasada tüketime konu olan ürün ve hizmetlerin belirtilen zaman aralığında fiyatlarındaki değişimi belirleyerek enflasyon oranını hesaplamasıdır. Bu amaca doğrultusunda hane halklarının, yabancı ziyaretçilerin ve kurumsal nüfusun kısaca yurtiçinde ki tüm tüketicilerin, yaptığı tüm nihai tüketim harcamaları dikkate alınmaktadır. Fakat tüketim harcamalarından hane halklarının kendi tüketimleri için üretimleri ve hane halkları için geçerli izafi kiralari kapsam dışında tutulmuştur.²⁰ TÜFE kapsamında yer alan mal ve hizmetler ağırlık oranlarıyla beraber Tablo-1.1 de verilmiştir.

Tablo 1.1: TÜFE Kapsamında Yer Alan Mal ve Hizmet Ana Grupları ve Ağırlıkları.

	Ana Harcama Gurupları	2016	2017
1	Gıda ve alkolsüz içecekler	23,68	21,77
2	Alkollü içecekler ve tütün	4,98	5,87
3	Giyim ve ayakkabı	7,43	7,33
4	Konut, su, elektrik, gaz ve diğer yakıtlar	5,93	14,85
5	Mobilya, ev aletleri ve ev bakım hizmetleri	8,02	7,72
6	Sağlık	2,66	2,63
7	Ulaştırma	14,31	16,31
8	Haberleşme	4,42	4,12
9	Eğlence ve kültür	3,81	3,62
10	Eğitim	2,56	2,69
11	Lokanta ve oteller	7,47	8,05
12	Çeşitli mal ve hizmetler	4,73	5,04

Kaynak: TÜİK, Tüketici Fiyat Endeksi Hesaplamaları, Ocak 2017, no:03 , S.2.

1.1.2.2 Yurtiçi Üretici Fiyat Endeksi (Yİ-ÜFE)

Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi (Yİ ÜFE), belirli bir dönem aralığında ülke ekonomisinde üretim yapan sanayi sektöründeki üreticilerin, yurt içine satış yaptığı ürünlerin üretici fiyatlarının zaman içerisindeki değişimini kıyaslayarak fiyat değişimini ölçen fiyat

²⁰ TÜİK, Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE), http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1014 (14.12.2016).

endeksi olarak tanımlanmaktadır.²¹ Yİ-ÜFE kapsamında yer alan ana sektörler ağırlık oranlarıyla beraber Tablo-1.2 de verilmiştir.

Tablo 1.2: TÜFE Kapsamında Yer Alan Mal ve Hizmet Ana Grupları ve Ağırlıkları.

Ana Sektörler	Madde Sayısı	Firma Sayısı	Ana Sektör Ağırlıkları
Tarım, avcılık, ormancılık	81	295	19,84
Balıkçılık	28	25	0,29
Madencilik ve taş ocakçılığı	16	72	1,62
İmalat sanayi	631	1362	73,33
Elektrik gaz ve su	3	22	5,21
Toplam	759	1776	100

Kaynak: TÜİK, Fiyat Endeksleri ve Enflasyon Sorularla Resmi İstatistikler Dizisi, Ankara, sayı: 3, 2008, s.56.

1.1.3 Enflasyon Hedeflemesi

1990'lı yıllarda makro ekonomi ve para politikası alanında yeni bir uzlaşma olgusu enflasyon hedeflemesidir. Enflasyon hedeflemesinde anahtar unsur merkez bankasının bir operasyon faiz oranını belirlemesi ve bu oranı repo ve ters repo yaparak korumaya çalışmasıdır. Enflasyon hedefin yukarısındaysa enflasyonu hedefte tutmak için faiz oranlarını yükseltmektedir. Tersine enflasyon hedefin altındaysa faiz oranları düşürülerek ekonomik faaliyetler teşvik edilmektedir. Bu koşullarda enflasyon, para politikası (faiz oranı) ve reel değişkenlerin denge değeri tarafında belirlendiği için modelde paraya adeta hiçbir rol vermemektedir. Para bir tortu (residual) konumundadır. Para stokuna herhangi bir aktif yapılmaksızın para politikası yürütülmektedir. Modelde para stoku dışsal olarak değil içsel olarak belirlenmektedir.²²

²¹ TÜİK, Yurtiçi Üretici Fiyat Endeksi (Yİ-ÜFE), http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1076 (14.12.2016).

²² İlker Parasız, **Para Banka ve Finansal Piyasalar**, 9.Basım, Bursa: Ezgi Kitabevi, 2009, s.500.

1.2 Faiz

Kişi ve kurumların binalarını, araç gereçlerini, makinelerini vb. başkalarının kullanımına sunduklarında aldıkları karşılığa “kira” adı verilir. Benzer biçimde kişi ve kurumlar para yada sermayelerini başkalarının kullanımına sunduklarında aldığı karşılığa ise “faiz” denir.²³

Başka bir tanımla faiz, kullanıma sunulan sermayenin geliri olarak ifade edilebilir. Bu tanımdan yola çıkarak faizi dar ve geniş çerçevede olmak üzere iki biçimde tanımlayabiliriz. Dar çerçevede faiz, ödünç olarak verilen fonlara uygulanan ve piyasanın belirlediği kira bedeli olarak tanımlayabiliriz. Geniş çerçevede faiz ise üretim sektörünü canlandırmak amacıyla kullanılan sermayeyle ilişkili olarak ortaya çıkar. Bu sermaye kullanımından kaynaklanan verim artışı, geniş çerçevede kullanılan faiz olarak tanımlanabilir.²⁴

1.2.1 Faiz Oranı

Faiz oranları paraya ihtiyacı olan kişilerin alacakları para için borç verene ödemeye hazır oldukları oran olarak tanımlanmaktadır. Bu oran ana paranın bir yüzdesi olarak ifade edilebilir. Faiz oranların etkisi yalnız borç alanla verenin ilişkisinin ötesinde olup, tüm ekonomiyi işsizlik, büyüme, tasarruf ve yatırım gibi makro değişkenleri de etkilemektedir. Faiz oranları yatırımcı ve işletmeler açısından yatırım kararını etkileyen en temel unsurdur. Faiz oranları yatırımcıların kazanç beklentilerinin anlaşılmasında ve risk getiri tercihlerinin analiz edilmesinde kullanılan en temel araçlardan biridir.²⁵

Faiz oranları, borç alanının ve verenin özellikleri, piyasa şartları, borçlanmanın vadesi gibi etkenlere bağlı olarak; kişiden kişiye ve günden güne değişebilmektedir. Piyasa faizi sürekli aynı oranda kalmaz. Başka bir deyişle piyasa faiz oranları sürekli bir değişim içerisinde. Faiz oranlarındaki bu değişim, piyasa şartlarına, borç alan veya veren tarafın güven endeksine ve beklentilerde meydana gelen değişimlerden etkilenebilmektedir.²⁶

²³ Nurhan Aydın, **Finans Matematiği** 1.Basım, Ankara: Detay Yayıncılık, 2009, s.1.

²⁴ Merih Paya **Para Teorisi ve Para Politikası**, 6.Basım, İstanbul: Filiz Kitabevi, 2013, s.129.

²⁵ Mehmet Baha Karan, **Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi**, 4.Basım, Ankara: Gazi Kitabevi, 2013, s.111.

²⁶ Güven Sayılğan, **Soru ve Yanıtlarıyla İşletme Finansmanı**, 5.Basım, Ankara: Turhan Kitabevi, 2011, s.199.

1.2.1.1 Nominal Faiz Oranı

Nominal faiz, borç alan tarafın borç verene taahhüt verdiği nominal kazanç oranı olarak tanımlayabiliriz. Başka bir deyişle Nominal faiz oranı borç alanın borç verenden para kiralamak için ödemesi gereken fiyat veya borç alanın borç verene onun tüketimden vazgeçmesini sağlamak için ödemeye razı olduğu getiri oranı diye tanımlanabilir.²⁷

1.2.1.2 Reel Faiz Oranı

Nominal faiz oranı alınan veya ödenen faiz oranının büyüklüğünü belirlemesine rağmen yatırımcının gerçek oranda ne kazandığını bize vermeyecektir. Yatırımcının gerçek kazancını görebilmek için reel faiz oranını hesap etmek gerekecektir. Reel faiz oranı yatırımcının enflasyon üzerinde kazandığı bir getiridir.²⁸ Başka bir deyişle, enflasyonun beklenmediği bir ortamda, geri ödeme riski olmayan bir menkul kıymetin faiz oranı reel faiz oranıdır. Hazine bonoları geri ödeme riski olmayan menkul kıymetler olarak kabul edildiğinden hazine bonusu faiz oranları reel risksiz faiz oranıdır.²⁹

Kısaca bankalar ve finans kuruluşların mevduatlar ve kredilere uygulayacaklarını belirttikleri faiz oranına nominal faiz oranı olarak ifade edilir ve nominal faiz oranının enflasyondan arındırılmasıyla elde edilen faiz oranına da reel faiz oranı denilmektedir.

1.2.2 Faiz Hesaplama Çeşitleri

Kredi veya mevduatların faizlerini hesaplamada “basit faiz” ve “bileşik faiz” hesap yöntemleri kullanılmaktadır.

1.2.2.1 Basit Faiz

Basit faizli borçlanmalarda faiz, sürenin tamamında aynı para üzerinde hesaplanır; her dönem sonunda kullanılan faiz anaparaya eklenmemektedir. Diğer bir ifadeyle basit faiz

²⁷ Erdal M. Ünsal, **Makro İktisat**, 5.basım, Ankara: Turhan Kitabevi, 2003, s.109-110.

²⁸ Karan, s.115.

²⁹ İsmet Aksöyek ve Kürşat Yalçınır, **Çözüm Problemleriyle Finansal Yönetim**, 1.Basım, İstanbul: Bilgi Üniversitesi Yayınları, 2011, s.2.

hesaplamalarında anapara değişmez, sabittir. Bu nedenle faiz tutarı, izleyen her dönemde ilk dönemdeki kadardır. Şöyle ki iki dönemlik faiz getirisi, bir dönemlik faiz getirisinin iki katıdır.³⁰

1.2.2.2 Bileşik Faiz

Bileşik faizde döneme ilişkin faiz tutarını hesaplanmasında geçmiş dönemlerdeki kazanılan faiz de dikkate alınmaktadır. Vade tarihine kadar her dönemde hesaplanan faiz tutarı anaparaya ilave edilmektedir. Birinci dönemde kazanılan faiz anaparaya ilave edildiğinden ikinci dönemde, birinci dönemin faizi de faiz kazanmaktadır. Birleşik faiz belirli bir tutarın gelecek ve bugün ki değerini hesaplamak mümkündür.³¹

1.2.3 Merkez Bankası Faiz Türleri

Merkez bankası faiz türleri; politika faizi(1 haftalık repo faizi), gecelik işlemlerde uygulana faiz, geç likidite pencere faizi, reeskont kredisi ve avans faizi, ihracat reeskont kredisi faizi olarak beş ana başlık altında inceleyebiliriz.

1.2.3.1 Politika Faizi (Bir Hafta Vadeli Repo Faizi)

TCMB, temel politika faiz oranı olarak 1 haftalık vadeli repo faizini kullanmaktadır. Politika faiz oranının hangi değerde olacağına Merkez Bankası başkanının başkanlığında periyodik olarak toplanan Para Politikası Kurulu tarafından karar verilmektedir. Repo/Ters Repo (geri alma veya satma şartı yapılan anlaşma), bir tarafın hazine bonusu, devlet tahvili gibi sabit getirisi olan bir menkul kıymeti alırken veya satarken, aynı kıymeti önceden belirlenen bir kar oranıyla gelecekteki bir tarihte geri satması veya alması üzerine yapılan bir anlaşmadır. TCMB, piyasanın likidite ihtiyacı göz önünde bulundurularak miktar ihalesi yöntemini kullanarak bir hafta vadeli repo ihalelerini sürdürmektedir. Bu şekilde gecelik faizin faiz koridoru içerisinde ve Para Politikası Kurulu tarafınca belirlenen seviyelerde kalması hedeflenmektedir. Bir hafta vadeli repo ihalesi kullanılarak yapılan TL fonlama

³⁰ Aydın, s.3.

³¹ İsmet Aksöyek-Kürşat Yalçınar, **Çözüm Problemleriyle Finansal Yönetim**, 1. Basım, İstanbul, Bilgi Üniversitesi Yayınları, 2011, s.9.

miktarı gerekli görüldüğü takdirde azaltılabilir veya çoğaltılabilir.³²

TCMB, bir hafta vade ile repo ihalesi açarak, bankaların ellerindeki tahvil ve bonoları alıp karşılığında nakit para verir ve vade sonunda parayı geri alıp kıymetli kağıtları bankalara geri vermektedir. Bu şekilde Merkez Bankası aracılığıyla bankalar kendilerine gerekli fonlamayı yapmaktadırlar. TCMB, bir haftalık vadeli repo faiz aracını kullanarak banka ve finans kurumlarının piyasaya sunduğu faiz oranlarını, bankalardan alınan kredi miktarlarını, döviz ve hisse senedi gibi varlıkların değerlerini etkileyebilmektedir.³³

1.2.3.2 Gecelik İşlemlerde Uygulanan Faiz

Bankalar, gün sonundaki hesaplarını kapatmak için; hesapların eksik veya fazla vermesi durumuna göre, eksik miktarı tamamlamak için TCMB'den kredi alırlar ya da fazla veren miktar kadar TCMB'ye kredi verirler. Bu şekilde TCMB'nin gecelik olarak aldığı veya verdiği krediler için uyguladığı faiz oranlarına gecelik işlemler faiz yada fonlama faizi olarak adlandırılmaktadır. Bu kapsamda TCMB'nin aldığı krediler için uyguladığı faize “Borçlanma faiz oranı” verdiği krediler için uyguladığı faize ise “borç verme faiz oranı” denilmektedir.³⁴

1.2.3.3 Geç Likidite Penceresi Faizi

Geç likidite penceresi faizi, gün sonu ödeme sisteminde oluşacak sorunları önlemek için veya ellerindeki parayı borç vermek amacıyla, son ana kadar bekleyen bankalara TCMB'nin uyguladığı faiz oranları olarak tanımlanabilir. Bankalar geç likidite penceresi faizi yolunu kullanarak, gün sonunda yani 16.00 – 17.00 saatleri arasında, yarım iş günlerinde 12.00 – 12.30 saatleri arasında arasın da, zorunlu karşılıkların tesis süresinin son iş gününde ise tam iş gününde 16.00 – 17.15 saatleri arasında, yarım iş gününde 12.00 – 12.45 saatleri arasında TCMB'den teminat karşılığında limitsiz olarak borç alabilmekte veya TCMB'ye

³² TCMB, **Bülten**, Sayı.26, Ankara, 2012, s.5.

³³ Mahfi Eğilmez, Merkez Bankası Faizleri ve Faiz Politikası, 2013, <http://www.mahfiegilmez.com/2013/12/merkez-bankas-faizleri-ve-faiz-politikas.html>, 16.12.2016.

³⁴ Sayılğan, s. 201-203.

borç verebilmektedirler.³⁵

1.2.3.4 Reeskont Kredisi ve Avans Faizi

Vadesi dolmamış ticari senetlerin alınması karşılığında verilen krediler reeskont kredisi olarak adlandırılır. Bankalar, şirketlere kredi verirken bu kredilere karşılık ticari senetleri alıyor ise bunları genellikle belli bir iskonto karşılığında alırlar. Likidite ihtiyacı duyan bankalar bu senetleri TCMB'ye vererek belli bir oranda iskonto karşılığında krediye dönüştürürler. TCMB reeskont kredisi verirken vadesine en fazla üç ay kalan senetleri kabul etmektedir. Bu şekilde verdiği kredilere uygulanan faize reeskont faizi denilmektedir. Avans uygulamasında ise bankalar ticari senetler yerine TCMB'ye Devlet Tahviline dayalı borç senedi verip karşılığında kredi alırlar. TCMB, bu yolla avans olarak kullandığı krediler için uyguladığı faize ise avans faizi denilmektedir.³⁶

1.2.3.5 İhracat Reeskont Kredisi Faizi

TCMB'nin ihracatçılara yönelik piyasaya göre daha uygun faiz oranlarında kredi sağlamak için Türk Eximbank'a ve diğer bankalara kullandığı limit çerçevesinde verilen kredilere ihracat reeskont kredisi ve bu şekilde verilen kredilere uygulanan faize de reeskont faizi denilmektedir. Merkez Bankasının ihracatçıya dolaylı olarak verdiği bu kredilerin tahsilini Türk Eximbank ve diğer bankalardan yapmaktadır. Krediyi kullanan ihracatçıda ödeme noktasında Türk Eximbank ve diğer bankalarla muhatap olmaktadır.³⁷

1.3 Döviz Kuru

Uluslararası alış verişte bir yanda o ülkenin vatandaşı olan alıcılar, diğer yanda ise farklı bir ülkenin vatandaşı olan satıcılar vardır. Yurt içi alış verişten farklı olarak, bu tarz ekonomik işlemlerde en az iki farklı ulusal para birimi kullanılmaktadır. Benzer bir şekilde uluslararası yatırım, her türlü ihracat ve ithalat gibi durumlarda o ülkenin para biriminin diğer ülkenin para birimine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüştürme işlemlerinde bir oran ve

³⁵ TCMB, Bülten, s.5.

³⁶ Eğilmez, Merkez Bankası Faizleri ve Faiz Politikası.

³⁷ Eğilmez, Merkez Bankası Faizleri ve Faiz Politikası.

fiyat olması gerekir. Döviz kuru iki ulusal para birimi arasındaki değişim oranını temsil etmektedir. Başka bir deyişle döviz kuru herhangi bir yabancı para biriminin ulusal para cinsinden fiyatını gösterir.³⁸

1.3.1 Nominal Döviz Kuru

Nominal döviz kuru; uluslararası piyasalarda işlem gören iki ülke para biriminin belirli bir tarihte göreceli olarak fiyatını göstermektedir ve döviz piyasasında geçerli olan kurdur. Döviz piyasasında, nominal kurlar her para birimi için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Genel olarak nominal döviz kuru, herhangi bir yabancı paranın bir biriminin ulusal para biriminin ne kadarlık bir miktarına karşılık geldiğini göstermektedir. Başka bir ifadeyle nominal döviz kuru dövizin ulusal para birimine karşılık gelen değerini gösterir ve üzerinde herhangi bir işlem yapılmamış fiyatını yansıtmaktadır.³⁹

1.3.2 Reel Döviz Kuru

Döviz kurları konusunda belirtilmesi gereken bir nokta da nominal kur ve reel kur ayrımıdır. Döviz kurlarının nominal ve reel ifadesi, kurların göreceli fiyat değişmelerinin ne ölçüde yansıttıklarıyla ilgilidir. Piyasada geçerli olan nominal döviz kuru enflasyon oranlarına göre düzeltilmemiştir. Nominal döviz kurları reel kurları göstermez. Bu bağlamda reel döviz kurları nominal kurların enflasyon oranı baz alınarak düzeltilmesiyle elde edilmektedir. Herhangi bir uluslararası para biriminin gerçek satın alma gücünü gösteren reel döviz kurudur.⁴⁰

Başka bir deyişle bir uluslararası paranın reel satın alma gücü cinsinden değerini göstermek için “reel döviz kuru” kavramı kullanılır. Çoğu kez ticaret hattı olarak da adlandırılabilen reel döviz kuru, yurt içi ve yurt dışı fiyat düzeyleri ile düzeltilmiş döviz kuru olarak ifade edilebilir. Reel döviz kuru, yabancı ülke fiyatlar genel düzeyinin yerel paraya karşılık gelen değerinin, yine yerel para değeri ile ifade edilen yurtiçi fiyatlar genel düzeyine

³⁸ Başak Erçevik, ‘Döviz Kuru ve Faiz Oranının Dış Ticaret Üzerine Etkisi: Türkiye Uygulaması’, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi , İstanbul Üniversitesi SBE, 2011), s.5.

³⁹ Halil Seyidoğlu, **Ekonomik Terimler**, 3.Basım, İstanbul: Güzem Can Yayınları, 2002, s.522.

⁴⁰ Halil Seyidoğlu, **Uluslararası İktisat**, 16.Basım, İstanbul: Güzem Can Yayınları, 2007 s.359-360.

bölünmesi ile elde edilir.⁴¹

1.3.3 Efektif Döviz Kuru

Döviz kuru , iki taraflı ifade edilebileceği gibi çok taraflı olarak da ifade edilebilir. Efektif döviz kuru, döviz piyasasında bir ülkenin parasının nominal değerini bir bütün olarak ölçen çok taraflı döviz kurudur. Bu oran bir ülkenin ticaret ortakları ile olan döviz kurallarının ağırlıklı bir ortalamasını yansıtır. Efektif döviz kurları, herhangi bir dövizin uluslararası piyasalardaki güç değişim endeksini oluşturarak ölçme amacıyla hesaplanırlar. Efektif döviz kuru, ikili döviz kuru piyasalarında fiyat davranışlarını gizlemesine rağmen ülke parasına yönelik döviz piyasasındaki tüm arz ve talebi gözlemlemek için de yararlı bir araçtır.⁴²

1.3.4 Çapraz Döviz Kuru

Dünyanın değişik yerlerinde döviz ticaretiyle uğraşan banka ve diğer finans kurumları, döviz kurlarını belirlemede genel olarak Amerikan doları ile kendi yerel parası arasındaki değişim oranını baz almaktadırlar. Bu doğrultuda ülkelerin döviz piyasasındaki kurları, genel olarak Amerikan dolarının yerel para fiyatı biçiminde ifade edilmektedir. Bu noktada, yerel paranın dolar dışındaki diğer para birimleri cinsinden olan fiyatları, bu para birimlerinin dolar kuruna göre hesaplanabilmektedir. Bu yolla dolaylı bir biçimde hesaplanan kurlar “çapraz kur” olarak adlandırılmaktadır.⁴³

1.3.5 Döviz Kuru Sistemleri

Döviz kuru sistemi kavramı, döviz kurallarının ne şekilde ve kimler tarafından belirleneceğini, kurlarda ya da resmi kararlarda değişme olup olmayacağına yada hangi ölçüde bir değişimin olacağı gibi benzeri konularla alakalı kurallar bütünü olarak tanımlanabilir. Kısaca ifade etmek gerekirse; döviz kurallarının belirlenmesi ve değişim

⁴¹ Erol Bulut ve Baki Demirel, **Uluslar Arası Para Sistemlerini Evrimi**, 1.Basım, Ankara: Gazi Kitabevi, 2012, s.46-47.

⁴² Bulut ve Demirel, s.47-48.

⁴³ Halil Seyitoğlu, **Uluslararası İktisat**, s.356-357.

rejimi diyebiliriz.⁴⁴ Dünyada uygulanan döviz kuru sistemlerinin kategori edilmesi ile ilgili farklı görüşler vardır. Genel itibariyle, temel döviz kuru sistemi olarak sabit ve esnek (dalgalı) döviz kuru sistemleri kabul edilmektedir.

1.3.5.1 Sabit Kur Sistemi

Sabit kur sistemi uygulayan ülkeler döviz kurlarındaki istikrarını sağlamak için merkez bankaları döviz piyasasına alış ve satış şeklinde müdahaleler yapmaktadırlar. Merkez Bankalarının bu müdahaleleri yapabilmesi için ellerinde yeterli miktarda altın ve yabancı döviz stokunun bulunması gerekmektedir. Bu stok döviz yada kambiyo istikrar fonu olarak adlandırılır. Varsayalım ki döviz kurları artmaya başladığında merkez bankaları piyasaya döviz sürerek kurları dengelemeye çalışırlar. Ters bir durumlarda döviz kurlarında aşağı yönlü bir hareket başladığı zaman ise merkez bankaları tanzim alım satımları yaparak döviz kurlarını sabit bir dengede tutmaya çalışırlar. Merkez bankaları bu müdahalelerle döviz kurlarını belli bir düzeyde tutabilmesi için ödemeler bilançolarının sürekli bir şekilde açık vermemesi gerekmektedir. Ödemeler bilançoları sürekli açık verdiği bir durumda ise er yada geç merkez bankalarının elindeki döviz rezervleri tükenme noktasına gelecektir. Bu durumda eğer merkez bankaları mevcut kurların aynen devam etmesini istediği takdirde, döviz alım satımındaki serbestliği kaldırıp döviz kontrol sistemine geçmesi gerekmektedir.⁴⁵ Döviz kurlarındaki dalgalanmalar minimize edilerek uluslararası ticarete ki kur bazlı belirsizliğin azaltılması, ülke içerisindeki enflasyonun dengede tutularak fiyat istikrarının sağlanması noktasında sabit kur sisteminin avantajları vardır.

1.3.5.2 Dalgalı Kur Sistemi (Esnek Kur Sistemi)

Yerli para biriminin yabancı para birimleriyle olan ilişkilerinin piyasalarda ki arz ve talep dengesine göre belirlenen kur rejimine dalgalı kur sistemi denilmektedir. Bu rejimde yerli para ile yabancı paralarlar arasındaki ilişkisi gün içerisinde sürekli olarak değişebilmektedir. Dalgalı kur sisteminin farklı uygulanma şekilleri mevcuttur. Bu uygulamalardan biri olan Tam Dalgalı Kur Rejiminde Merkez Bankası veya herhangi bir kurum paranın değerini etkileyecek bir müdahalede bulunmaz. Şayet Merkez Bankası döviz

⁴⁴ Bulut ve Demirel, s.54-55.

⁴⁵ Parasız, **Para Banka ve Finansal Piyasalar**, s.613.

kuru dalgalanmasına müdahale ettiği taktirde dalgalı döviz kur rejimini bozmaz fakat tam dalgalanmadan çıkartır. Diğer bir uygulama olan Müdahaleli Dalgalı Kur Rejiminde ise Merkez Bankası kurdaki değişimlere, piyasa döviz vererek veya piyasadan döviz alarak müdahalede bulunabilir. Bazen de Merkez Bankası dalgalanmaya müdahale etmek için bir bant aralığı belirler. Döviz kurunun belirlenen bant aralığında dalgalanması beklenir şayet kurun değeri belirlenen bandın altına veya üstüne geçmesi halinde Merkez Bankası müdahale edebilir. İşte bu tür kur rejimine Bant İçerisinde Dalgalanma Rejimi denilir. Bu uygulamada eğer kur değeri bant aralığının içinde ise dalgalı, bant aralığının dışında ise müdahaleli dalgalanma biçiminde olur.⁴⁶

Türkiye’de sabit döviz kuru rejimi 1980’li yılların başına kadar uygulanmıştır. Ülkemizde sabit kur rejimi, Merkez Bankasının TL’nin değerinin belirlenmesi ve belirlenen değerde sabit tutulması şeklinde uygulanmıştır. TL’nin değerinde meydana gelen değişimler (genel itibariyle değer kaybı şeklinde olmuştur) genellikle bir defada ve devalüasyon şeklinde yapılan müdahalelerle düzeltilmiştir. Devalüasyon sonucu elde edilen yeni parite sabit kur olarak belirlenmiştir. Türkiye’de 1980’li yıllardan itibaren döviz kurları piyasada belirlendi bununla birlikte Merkez Bankası’nın sürekli müdahalesiyle yön vermeye çalıştığı müdahaleli dalgalı döviz kuru rejimine geçilmiştir. 2000’li yılların başında 3.kez kur rejiminde değişikliğe gidilerek bant içinde dalgalanma rejimi uygulanmaya başlanmıştır. Fakat bu rejim uzun soluklu olmayıp 2001 krizi ile birlikte sona ermiştir. Bu tarihten sonra ise ülkemizde dalgalı kur rejimine geçilmiştir ve uygulamada ise müdahaleli dalgalı kur rejimi olarak belirlenmiştir.⁴⁷

1.4 Döviz Kuru ve Enflasyon Arasındaki İlişki

Küresel piyasalarda döviz kurunda meydana gelen her bir birimlik değişim piyasadaki mal ve hizmet ürünlerinin fiyatlarına direk veya dolaylı olarak etki

⁴⁶ Mahfi Eğilmez, Kur Rejimleri ve Türkiye Uygulaması, 2007 <http://www.mahfiegilmez.com/2012/10/kur-rejimleri-ve-turkiye-uygulamas.html> (18.12.2016).

⁴⁷ Eğilmez, Kur Rejimleri ve Türkiye Uygulaması

edebilmektedir.⁴⁸ Teorik olarak bakıldığında ise piyasa faiz oranlarındaki ve döviz kurlarındaki değişimlerin enflasyon ile paralellik göstermesi beklenir, başka bir deyişle döviz kuru ve faizin pozitif yönlü hareketi piyasa fiyatlarının genel seviyesinde pozitif yönde değişmesine yol açan ana faktörlerdendir.⁴⁹

Küresel ekonomilerde döviz kuru enflasyonist hareketliliği açıklamada kullanılan önemli faktörler arasında yer almaktadır. Döviz kurlarındaki değişimler maliyet unsuru olarak ithal mal ve hizmetlerin fiyatlarına yansımaktadır ve bu yansımanın iç piyasadaki genel fiyat dengesini direkt olarak etkilediği kabul gören bir varsayımdır.⁵⁰

Başka bir ifadeyle döviz kurunun yurtiçi enflasyona etkisi dört farklı şekilde ifade edilebilir. İlk olarak enflasyonu direk olarak etkileyen ithal ürünlerdeki fiyat değişimi, ikinci olarak yurtiçinde üretilen ürünlerin hammadde ihtiyacını ithal girdilerle karşılanması, üçüncü olarak döviz kurlarındaki değişim doğrudan cari işlemleri etkilemesi sonrasında cari işlemlerdeki değişimin talebi etkilemesi ve sonuç olarak talepteki değişim genel fiyat etkilemesi, son olarak ise ithal edilen ürünlerin fiyatlarındaki değişim yurt içinde üretilen benzer ürünlerin fiyatlarındaki değişime etki etmesi olarak ifade edebiliriz.⁵¹

S. Kholdy ve A. Sohrabian'nın Almanya, Japonya ve Kanada'nın içerisinde bulunduğu ülkelerde yapılan ekonometrik araştırmada uygulanan Granger nedensellik testi sonucunda Almanya ve Japonya'daki döviz kurlarındaki değişim ile fiyatların genel seviyesi arasında iki yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.⁵²

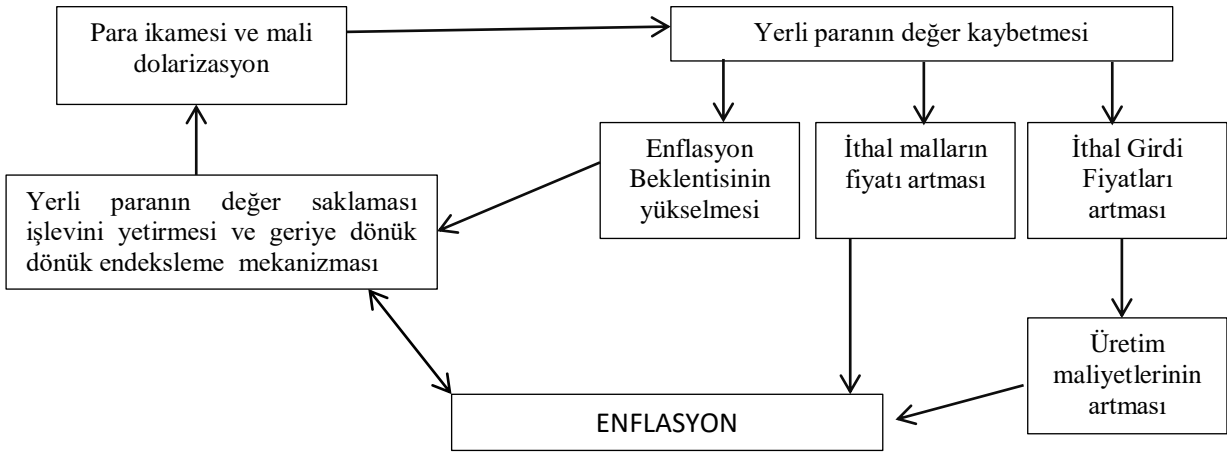
⁴⁸ Selçuk Kenderli ve Muhammet Çankaya, "Döviz Kuru ve Enflasyonun Bist Banka Endeksi Üzerindeki Etkisi", **Manas Sosyal Araştırma Dergisi**, Cilt 5, Sayı 3, (2016), s.216.

⁴⁹ Ekrem Gül ve Aykut Ekinci, "Türkiye'de Enflasyon ve Döviz Kuru Arasındaki Nedensellik İlişkisi: 1984 – 2003", **Sosyal Bilimler Dergisi**, (2006), s.92.

⁵⁰ Mustafa Acar, Nihat Işık ve H. Bayram Işık, "Enflasyon ve Döviz Kuru İlişkisi", **Süleyman Demirel Üniversitesi İ.B.F Dergisi**, Sayı 2, Cilt 9, (2004), s.326.

⁵¹ W.T.Woo, "Exchange Rates and the prices of nonfood, Nonfuel Products, Broking papers on economic activity", 1984, s.511-530.

⁵² Kholdy, S. ve Sohrabian, A, "Exchange Rates and Prices: Evidence from Granger Causality Test", **Journal of Post Keynesian Economics**, 1990, s.71-78.



Şekil 1.1: Döviz Kurundaki Değişimin Enflasyona Etkisi.

Kaynak: E. Gül ve A. Ekinci Türkiye’de Enflasyon ve Döviz Kuru Arasındaki Nedensellik İlişkisi: 1984 – 2003, *Sosyal Bilimler Dergisi*, (2006), S.93.

1.5 Faiz ve Enflasyon Arasındaki İlişki

Küresel ekonomilerde makroekonomik göstergelerden biri olan faiz, ekonomideki diğer göstergelerle yakın bir ilişki içerisinde olduğu söylenebilir. Bilhassa enflasyon ile faiz arasında sebep sonuç ilişkisi olduğu söylenebilir; Bu ilişkinin yönü noktasında anlaşmazlıklar olmasına rağmen bir ilişki olduğu noktasında ortak bir kanı vardır.⁵³

Enflasyon oranı ile faiz oranı arasındaki ilişki ekonomistler ve politikacılar arasında en fazla tartışılan konuların başında gelir. Bazı ekonomistlere göre faiz oranı ile enflasyon oranı arasında negatif yönlü bir ilişki vardır. Faiz oranlarının herhangi bir yönde değişmesi halinde enflasyon oranının tersi yönde hareket edeceği varsayılmaktadır. Faiz oranları yükseldiği takdirde tasarruflar artacak, para daha değerli hale gelecek ve harcamalar azalacak dolayısıyla enflasyon düşecektir, aksi takdirde faiz oranları düşer ise tasarruflar azalacak paraya ulaşım daha ucuz olacak ve harcamalar artacak dolayısıyla da enflasyon oranı yükselecektir.⁵⁴

⁵³ N.Dilbaz Alacahan , “Enflasyon Döviz Kuru İlişkisi ve Yansıma”, *Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı 1, (2011), s.50.

⁵⁴ J. Adward, What-is-the-relationship-between-interest-rates-inflation-and-exchange-rates-in-an-economy, <https://www.quora.com/What-is-the-relationship-between-interest-rates-inflation-and-exchange-rates-in-an-economy>

İlk olarak Irving Fisher tarafından 1930 yılında yayınlanan “The Theory of Interest” adlı makalesinde enflasyon oranı ile faiz oranları arasındaki ilişkiyi dile getirmiştir ve bu ilişki Fisher özdeşliği olarak adlandırılmaktadır. Fisher’e göre uzun dönemde enflasyonda meydana gelecek değişiklikler nominal faiz oranında da benzer değişiklikler meydana gelmektedir.⁵⁵ Fisher özdeşliğine göre, reel faiz oranı beklenen enflasyon oranı ile nominal faiz oranının farkına eşittir. Bundan dolayı, nominal faiz enflasyon ile aynı oranda artmadıkça, reel faiz oranları enflasyon arttıkça düşmektedir.

1.6 Türkiye’deki Enflasyon Süreci

Türkiye’de enflasyon özellikle 70’li yıllardan sonra çift haneli bir seyir izlemeye başladı. Bu tarihten önceki yıllara baktığımız zaman 1930’lu yıllarda dünyada gerçekleşen 1929 buhranına bağlı olarak oluşan deflasyonist etki ile ülkemizde enflasyon yaklaşık olarak %1 civarında gerçekleşmiştir. Bu tarihten sonra 1940 ile 1950 tarihleri arasında meydana gelen 2. Dünya savaşından dolayı savunma harcamalarının artması ve ekonomilerin küçülmesine bağlı olarak yıllık enflasyon aratarak ortalama %13.3 olarak gerçekleşmiştir. 1950 yıllarda ise alınan önlemler doğrultusunda yıllık enflasyon ortalama % 8.8’e gerilemesi sağlanmıştır.⁵⁶ Özellikle 1960 yıllarda planlı ekonomiye geçiş ile birlikte büyüme ve fiyat istikrarı ortak değerlendirilerek yapısal çalışmalar yapılmıştır bu doğrultuda 60’lı yıllarda enflasyon ortalama %4.4’lere gerileyerek düşük bir seviye izlemiştir. 1970’li yıllara girilmesiyle beraber değişen konjonktürün etkisi, yükselen petrol fiyatları ile birlikte bozulan makroekonomik göstergelerin etkisiyle bu tarihten itibaren çift haneli enflasyonla görülmeye başlanmıştır. 70’li yılların başında çift haneli enflasyonu gördükten sonra dönem ortası ve sonlarına doğru daha yüksek enflasyonlar görülmeye başlandı.⁵⁷

Türkiye, ödemeler dengesindeki bozulmalar, toplumsal ve siyasal bunalımlar ile birlikte özellikle 1979-1980’li yıllarında yüksek enflasyon ile tanışmıştır. Özellikle 1980 yılı içerisinde 3 haneli ortalama yıllık enflasyon görüldü. 24 Ocak 1980 de İ.M.F ile varılan mutabakat sonucunda açıklanan istikrar programı çerçevesinde uygulanan reformlar ve sıkı mali programlar etkisi ile enflasyonun belli bir miktar düşürülmesi sağlanmıştır. Fakat

⁵⁵ Bünyamin Demirgil ve Hakan Türkay, “Türkiye’de Faiz Oranlarını Etkileyen Faktörler: Bir ARDL/Sınır Testi Uygulaması”, **Gazi Üniversitesi İBF Dergisi**, Cilt 19, Sayı 3, (2017), s.910.

⁵⁶ T.C.M.B, Enflasyon ve Fiyat İstikrarı, 2013, www.tcmb.gov.tr, (10.04.2018), s.12-13.

⁵⁷ Esenay Aydoğan, “1980’den Günümüze Türkiye de Enflasyon Serüveni”, **Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt 11 Sayı 1, (2004), S.93.

80'lerin ortasından itibaren tekrardan bozulan mali ve ekonomik yapıdan dolayı enflasyon tekrardan yükselişe geçerek ortalama %50'nin üzerinde gerçekleşmiştir.⁵⁸

1990 yılların başında uygulanan mali politikalarla beraber 80'li yılların sonlarına göre nispeten düşen enflasyon 1991-92 yıllarında meydana gelen körfez krizi ve hükümetin uyguladığı seçim ekonomisiyle beraber tekrardan yükselme eğilimine girmiş ve ortalama %60 seviyesinde gerçekleşmiştir. Bu dönem içerisinde öngörülemeyen bir seyir izleyen enflasyonun etkisiyle faiz ve döviz kuruda paralel olarak yükselmiştir.⁵⁹

1993 yılından itibaren ödemeler dengesindeki bozulmalar sürdürülemez bir hale gelmesiyle beraber, kamunun borçlanma gereksinimi ve bu konjektürde Hazine borçlanma faizi düşürülmesine yönelik suni hamlelerden dolayı finansal piyasalarda güvensizliği artırmasına bağlı olarak sermaye çıkışları hızlanmıştır. Bu olumsuz gelişmeler karşısında, ülke ekonomisi 1994 yılı başlarında ekonomik krizle karşı karşıya gelmiştir ve bu dönemde Türk Lirası devalüe edilmiştir. Bu dönemde siyasi tedbirler de kapsamlı bir şekilde alınmadığından yıllık enflasyon ortalama % 106 ile Cumhuriyet dönemi rekoru kırılmıştır.⁶⁰

1990'ların ikinci yarısında, kırılgan olan makroekonomik göstergeler ve küresel krizlerin etkisiyle, Merkez Bankası fiyat istikrarı sağlamak yerine piyasa istikrarını sağlamak yönünde politikalar izlemiştir. 1997 yıllarında merkez bankasının politikaları sonucunda enflasyon %99,1 oranında gerçekleşti. Merkez Bankasının 1998 yılından itibaren fiyat istikrarını sağlama yönünde kullanmaya başlamasıyla 1998 enflasyon oranının %50,3'e düşürülmesi sağlanmıştır. 1999 yılı sonunda ise enflasyonu düşürmek ve mali istikrarı yakalamak için İMF ile Stand by anlaşması imzalandı.⁶¹

2000 yılının başında yürürlüğe giren Stand by anlaşması ile enflasyonu düşürerek tek hanelere getirmek, faizlerin düşürülmesi, ekonomik büyümenin daha sağlıklı bir şekilde

⁵⁸ C. Emre Alper, Murat Üçer, "Some Observations on Turkish Inflation: A 'Random Walk' Down the Past Decade", **Bogazici Journal: Review of Social, Economic and Administrative Studies**, Vol.12, No.1, (1998), s.9.

⁵⁹ Nuray Girginer ve Fisun Yenilmez, "Türkiyede Enflasyonun Ekonometrik Olarak İncelenmesi (1982-2002)", **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt: 6 Sayı:1, (2005), s.104.

⁶⁰ Zafer Yükseler, "Türkiye'de Enflasyonist Süreç ve Etkileyen Faktörlere İlişkin Bir Değerlendirme" <https://www.researchgate.net/publication/279884746>, (2004), s.3

⁶¹ T.C.M.B, Enflasyon ve Fiyat İstikrarı, s.15-16.

olması ve adaletli gelir dağılımını sağlaması noktasında bir hedef belirlenmiştir.⁶² Teknik olarak güçlü olan İMF programı 2000 yılı için istenilen hedefler tutturulmamasına rağmen enflasyonda belli bir düşme olarak %35-40 bandına gelmiştir fakat yıl sonundaki likidite krizi ve şubat 2001 deki siyasi krizle beraber tekrardan %60-70 bandına yükselmiştir.⁶³

2002 yılında ekonomide gerçekleştirilen ekonomik reformlarla beraber ‘Enflasyon hedeflemesi’ rejmine geçilmiştir. Bu doğrultuda 2002 ile 2005 yılları arasında para politikası aracı olarak örtük enflasyon hedeflemesi uygulanmıştır. Bu dönemde kademeli düşen enflasyon 2004 yılında % 9,3 seviyesine düşerek özellikle son 30 yıllık süreç içerisinde ilk defa tek haneli yıl sonu enflasyonu gerçekleşmiştir.⁶⁴

2006 yılı itibariyle örtülü enflasyon hedeflemesi yerine açık enflasyon hedeflemesi rejmine geçilmiştir. TCMB 2006 yıl sonu enflasyonu %5, 2007 yılının %4, 2008 yılının ise %7,5 olarak belirlemiştir. Fakat 2006 yılında yaşanan bazı ekonomik şokların etkisiyle hedeften uzaklaşarak yıl sonunda % 9,65 olarak gerçekleşmiştir. 2007 yılında ise gıda ürünlerinde yaşanan arz şoklarının etkisiyle enflasyon % 8,39 olarak gerçekleşmiştir. 2008 yılında gelişmiş ülkelerde başlayıp tüm dünyayı etkileyen küresel krizin etkisiyle enflasyon tekrardan çift hanelere çıkarak % 10,06 olarak gerçekleşmiştir.⁶⁵ TCMB hedeflenen enflasyon oranlarının gerçekleşmemesi üzerine 2008 yılında enflasyon beklentilerini revize ederek 2009 yılı beklentisini %7,5 2010 yılının %6,5 ve 2011 yılının ise %5,5 olarak güncellenmiştir. 2009 yılı enflasyonu beklentilerin altında gerçekleşerek %6,5 olarak gerçekleşmiştir. 2010 yılında 2008 küresel krizinin etkilerinin hafiflemesi ile birlikte enflasyon beklentilerin doğrultusunda % 6,4 olarak gerçekleşmiştir. 2011 yılında ise beklentilerin aksine enflasyon artarak % 11,45 olarak gerçekleşmiştir. TCMB fiyat istikrarını sağlama için uyguladığı sıkı para politikasının etkisiyle 2012 yılında son 40 yılın en düşük enflasyonu oranı olan % 6,16 olarak gerçekleşmiştir. Takip eden yıllara bakıldığında ise enflasyon 2013 yılında 8,17, 2014 yılında 8,17 ve 2015 yılında 8,81 oranlarında gerçekleşmiştir.⁶⁶

⁶² Seyhun Doğan, “Türkiye’nin Makro Ekonomik Performansı ;Ocak Mayıs 2000”, **Çimento İşveren Dergisi**, s.3.

⁶³ Yaşar Uysal, “Türkiye’de Enflasyon: Sektörel Kaynakları ve İç Ticaret Hadleri”, **Finans Politik& Ekonomik Yorumlar Dergisi**, Cilt: 44 Sayı:508, (2007) s.24.

⁶⁴ T.C.M.B, Enflasyon ve Fiyat İstikrarı, s.17-18.

⁶⁵ T.C.M.B, Enflasyon ve Fiyat İstikrarı, s.18-22.

⁶⁶ Zeynep Köse, “Türkiye Ekonomisinde 2003-2014 Döneminde Ekonomik Büyüme İşsizlik ve Enflasyon İlişkisi”, **Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi /Journal of Turkish Social Sciences Research**, Cilt.1 Sayı.1, (2016), s.65.

BÖLÜM 2

BULANIK MANTIK VE REGRESYON ANALİZİ

2.1 Bulanık Mantık

Akıl yürütme, elimizdeki doğru bilgileri kullanarak yine doğru olan başka sonuçlar çıkartmaktır. Düşünce ise bilincimizin, belleğimizde yer alan deneyim, görüntü, ses veya olaylar ile algımızın birleşiminden ortaya çıkan, zihinsel bir süreç olarak tanımlaya biliriz. Düşünce ve düşünce sistemini araştıran pek çok bilim dalı mevcuttur bunlardan biriside mantık bilimidir. Mantık, doğru ve sistemli olarak düşünmek demektir, bununla beraber doğru ve sistematik düşünmenin yollarını inceleyen ve kurallarını belirleyen bir bilim dalıdır.⁶⁷

İnsanoğlunun yaşamı boyunca karşılaştığı olayların nerdeyse tamamı karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapı genel itibariyle belirsizlik, kesin düşünce ya da karar verilememesinden kaynaklandığı söylenebilir. Bilgisayar sisteminin temelini oluşturan Aristo mantığından farklı bir şekilde; insan kesin olmayan ve belirsizlik içeren bilgi ve veriyi kullanarak işlem yapabilmektedir. İnsanoğlunun kesin olmayan bilgiler ile düşünme yeteneğinin örtüşmesi ile ortaya çıkan sisteme bulanık mantık denilmektedir. Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse bulanık mantık uzun-kısa, uzak-yakın, sıcak-soğuk, siyah-beyaz gibi keskin ifadeler yerine az kısa-az uzun, çok uzak-çok yakın, gri gibi daha esnek bir biçimde ifade edilmesidir.⁶⁸

Bulanık küme kavramını ilk olarak Azeri kökenli Amerikalı bilim adamı olan Lotfi Ali Asker-Zadeh tarafından 1962 yılında yayımlanan “devre teorisinden sistem teorisine” adlı çalışmasında bahsetmiştir. 1965 yılına gelindiğinde L. Asker Zadeh’in California Berkeley Üniversitesi’nde Information and Control isimli bilimsel dergide Bulanık Kümeler adlı çalışmasını yayımlamasıyla birlikte bu alandaki tartışmalar başlamıştır. Bu çalışma yayımlanmadan daha önce yazılmasına rağmen Zadeh’in ortaya koyduğu fikirlerden dolayı hiçbir bilimsel dergi yayımlamaya yanaşmamıştır. Zadeh, bu çalışmasında insan zekası ile birlikte dil ve matematiğin ilişkilendirebileceğini ileri sürmüştü ve bu doğrultuda bulanık kümeler kavramını ortaya koymuştur. Daha sonraki aşamalarda ise bulanık mantığın temeli

⁶⁷ Serhat Yılmaz, **Bulanık Mantık ve Mühendislik Uygulamaları**, 2. Basım, Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Yayınları, 2007, s.22.

⁶⁸ İrfan Ertuğrul, “Akademik Performans Değerlendirmede Bulanık Mantık Yaklaşımı”, **Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi**, Cilt:20, Sayı:1, (2006), s.155.

olan Bulanık Algoritmasını ortaya koymuştur. Zadeh birçok kavramın klasik matematiğe nazaran dilsel olarak daha iyi açıklanabileceğini, bununla birlikte bulanık mantık ve bulanık kümeler ifadeleri ile gerçek hayatın daha iyi bir şekilde modelinin oluşturulabileceğini ileri sürmüştür.⁶⁹

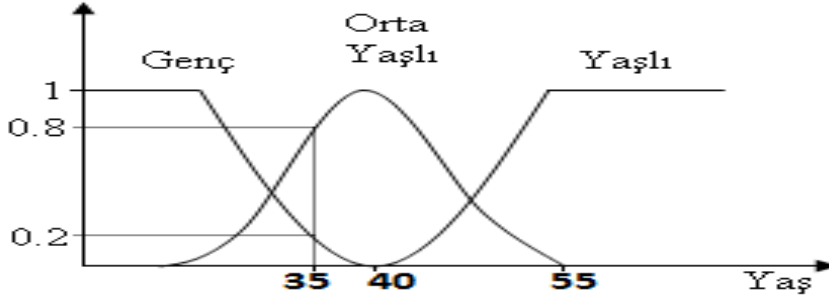
2.1.1 Bulanık Kümeler

Lotfi Ali Asker-Zadeh göre klasik küme kuramında, bir önermeye bağlı olarak, her elemanı, $\{0, 1\}$, kümesine tanımlayarak; ilgili elemanın ilgili kümenin elemanı olup olmadığını açıklar. Bulanık küme teorisinde ise klasik küme kuramından farklı bir şekilde her bir elemanın ilgili kümeye ait olmasını, $[0,1]$ sürekli aralığındaki bir karakteristik değere atanan sayının büyüklüğüyle ile açıklanır. Bununla beraber yeni tanımlı kümeyi belirgin kümelerden ayırmak için atanan karakteristik değere üyelik fonksiyonu denilmektedir. X evrensel kümesi olmak üzere, $A \subset X$ 'in üyelik fonksiyonu, μ_A , $\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$ şeklinde tanımlıdır. Burada, klasik kümelerden farklı bir şekilde, $\{0, 1\}$ kümesi yerine, $[0,1]$ sürekli aralığından bahsedilir ve bu aralıktaki değerler üyelik derecesi olarak adlandırılmaktadır.

Daha açık bir ifadeyle bulanık küme kesin kümedeki yavaş/hızlı, sıcak/soğuk vb. gibi ikili denetim değişkenlerinden oluşan keskin ifadeleri yerine Az hızlı-hızlı-çok yavaş, az sıcak-ılık-az soğuk gibi daha geniş çerçevedeki ifadelerle gerçek dünyaya benzetilmeye çalışılır. Yani klasik küme kavramındaki gibi bir üye verilen kümenin ya elemanı yada elemanı değildir şeklindeki keskin bir yaklaşımının tersine her üye belirtilen kümede belirli bir üyelik derecesine atanmıştır. Bu durum yaş konusuna uygulandığında 35 yaşındaki bir kişiye kesin olarak orta yaşlı denilemeyeceği gibi o kişiye gençte diyemeyiz, duruma göre bazen genç bazen de orta yaşlı diyebiliriz. İşte bulanık kümeler Sekil 2.1 gösterildiği gibi böyle esnek bir düşünce imkanı sağlar. Kümelerin birbirinde keskin olarak ayrılmamış olmasından dolayı ve aralarında belirli bir kesişim olması 35 yaşın bir noktada hem orta yaşlı hem genç olarak düşünülmesine imkan verir.⁷⁰

⁶⁹ Şerife Yıldız ve Sevil Kişoğlu, “Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Hazır Giyimde Beden Numarası Belirleme”, e-**Journal of New World Sciences Academy** , Volume: 6, Number: 1.

⁷⁰ Çetin ELMAS, **Yapay Zeka Uygulamaları**, 2. Baskı, Ankara: Seçkin Yayınları, 2010, s.213.



Şekil 2.1: Bulanık Mantık Kesişim Küme.

2.1.2 Bulanık Sayı

Bulanık veri nedir sorusuna verilecek en iyi cevap, insan yargıları veya sözel ifadeler olarak gösterilebilir. Yargılar veya ifadeler kişiden kişiye göre değişmektedir. Bulanık sayı, sübjektif değerlendirmelerin sonucu ortaya çıkan belirsizlikleri tanımlamada etkin biçimde kullanılmaktadır. Duygularımızı veya algılarımızı sayısallaştırmak veya sıralamak istediğimizde, içinde bulunduğumuz durum veya şartlara göre her seferinde farklı sıralamalarda bulunuruz. Bulanık tekniklerin asıl amacı, verilerdeki belirsizlikleri de çalışmaya dâhil etmektir. Bulanık veri ile hesaplanan modeller, belirsizlikleri kabul etmeyen veya hesaplamaya dâhil etmeyen modellere nazaran veri hakkında daha fazla bilgi verebilmektedirler. Katı sayılar, bulanık sayıların özel bir hali olarak da görüldüğünde, bulanık veriler ile hesaplanan modeller daha genelleştirilmiş halidir.⁷¹

2.1.3 Üyelik Fonksiyonları

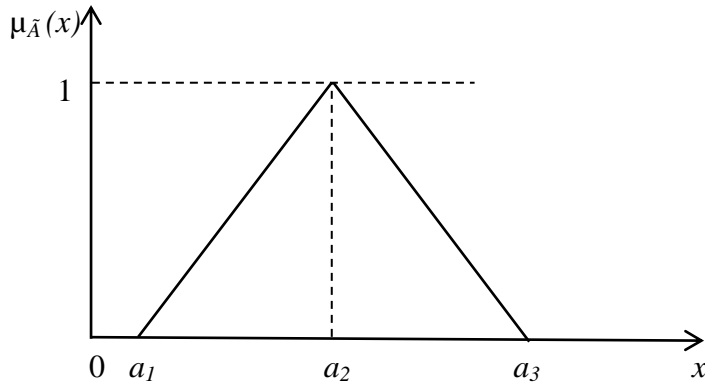
Bir girdi değerinin, dilsel değişkenin bir terimine ne derecede ait olduğunu belirleyen değere üyelik derecesi adı verilir. Dilsel değer için bu değerler bir fonksiyon olarak üyelik fonksiyonu veya bulanık sayı olarak adlandırılır. Örneğin uzaklıkla ilgili olarak; Uzaklık dilsel değerlerinin terimleri birbiriyle kesişmiştir. Bu, bulanık kümelerde örtüşüm olarak adlandırılır. Örneğin uzaklık 7 metre ise bu uzaklığın bulanık ifadesi bir derece çok

⁷¹ N. Alp Erilli , “Bulanık Sayıların Bulanık Kümeleme Analizinde Kullanımı ve Satranç Oyuncularının Sınıflandırılması”, (Yayınlanmış Doktora Tezi, 19 Mayıs Üniversitesi FBE, 2012), s.19.

yakın ve bir derece yakındır. Bulanık değer matematiksel olarak üyelik fonksiyonu ile temsil edilir. Üyelik fonksiyonları kullanılarak gerçek değerler bulanık değerlere dönüştürülür. En çok ve en genel kullanılan üyelik fonksiyonları Üçgen, Yamuk, Sigmoid ve Gauss üyelik fonksiyonlarıdır.

2.1.3.1 Üçgen Üyelik Fonksiyonu

En basit üyelik fonksiyonu olup, bulanık kümenin elemanı olan x için a_1, a_2 ve a_3 gibi üç parametre ile tanımlanır.



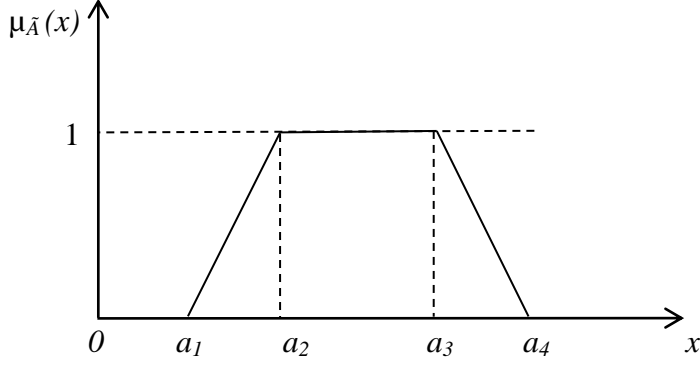
Şekil 2.2: Üçgen Üyelik Fonksiyonu.

Üçgen üyelik fonksiyonu, $(a_1,0)$ başlangıç, $(a_2,1)$ tepe ve $(a_3,0)$ bitiş noktalarıyla tanımlanmaktadır. Üçgen üyelik fonksiyonunun matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} 0 & , x < a_1 \text{ veya } x > a_3 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & , a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & , a_2 \leq x \leq a_3 \end{cases}$$

2.1.3.2 Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonu, bulanık kümenin elemanı olan x için a_1, a_2, a_3 ve a_4 gibi dört parametre ile tanımlanır.



Şekil 2.3: Yamuk Üyelik Fonksiyonu.

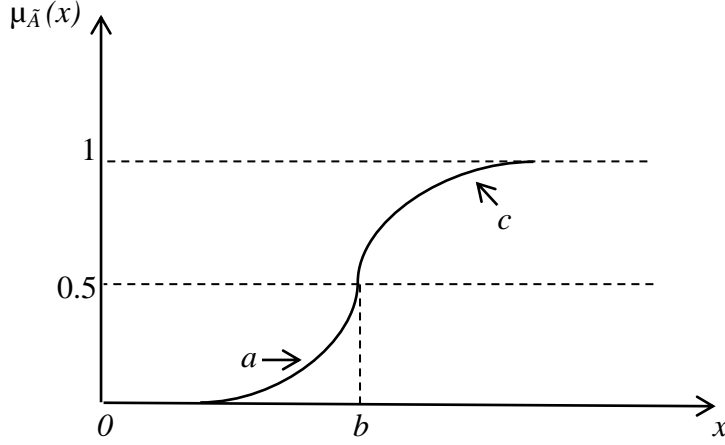
Yamuk üyelik fonksiyonu, $(a_1, 0)$ başlangıç, $(a_2, 1)$ ve $(a_3, 1)$ tepe ve $(a_4, 0)$ bitiş noktalarıyla tanımlanmaktadır. Yamuk üyelik fonksiyonunun matematiksel formülasyonu aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} 0 & , x < a_1 \text{ veya } x > a_4 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & , a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & , a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3} & , a_3 \leq x \leq a_4 \end{cases}$$

2.1.3.3 Sigmoid Üyelik Fonksiyonu

Aşağıdaki denklemde $f(x, a, c)$ ile verilen sigmoid fonksiyon $\text{sigmf}(x, [a \ c])$ x vektörü üzerindeki bir haritalandırmadır ve iki parametre a ve c 'ye bağlıdır.

$$f(x, a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}$$



Şekil 2.4: Sigmoid Üyelik Fonksiyonu.

Sigmoid üyelik fonksiyonu a parametresinin eksi veya artı olmasına göre sol ve sağ yönüne açıklık gösterdiğinden dolayı ‘çok büyük’ ve ‘eksi olarak çok küçük’ bulanık kelimelerinin gösteriminde genel olarak kullanılmaktadır.⁷²

2.1.3.4 Gauss Üyelik Fonksiyonu

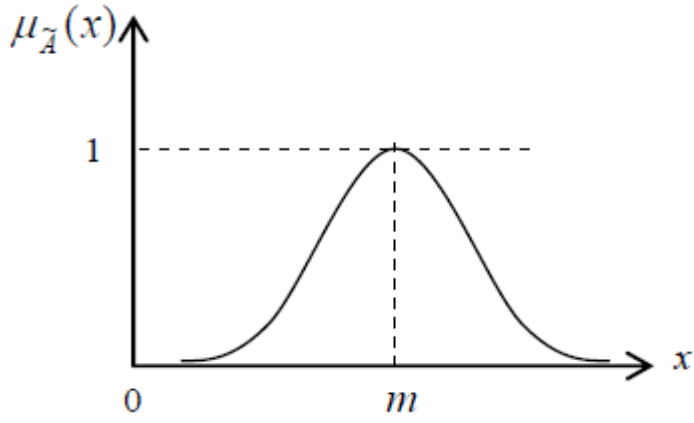
İstatistikte kullanılan tüm ihtimal yoğunluk fonksiyonları dış bükey olduğundan üyelik fonksiyonu olarak ta kullanılabilir. Bunun için bu fonksiyonların tepe noktası değerinin 1’e eşitlenmesi gerekir ki buda tam ordinatların tepe noktası değerine bölünmesiyle elde edilir. Bunlar arasında en fazla kullanılan Gauss eğrisidir ve matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir.⁷³

$$\mu_A(x) = \left(e^{-\frac{(x-m)^2}{2s^2}} \right)$$

Burada s parametresi m değeri etrafındaki ortalama sapmalarının bir ölçütüdür. Ayrıca m üyelik derecesinin 1’e eşit olduğu öz noktasını gösterir.

⁷² Zekai Şen, **Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme**, 3.Baskı, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2009, s.53.

⁷³ Şen, s.55.



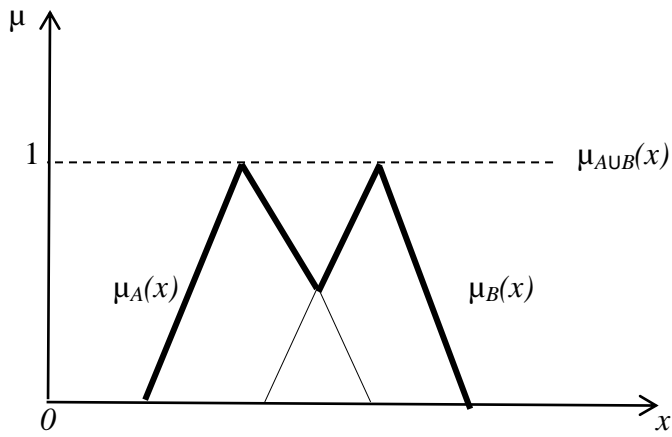
Şekil 2.5: Gauss Üyelik Fonksiyonu.

2.1.4 Bulanık Küme İşlemleri

X evrensel kümesi üzerinde tanımlanan A ve B kümeleri verilsin.

Birleşim Özelliği:

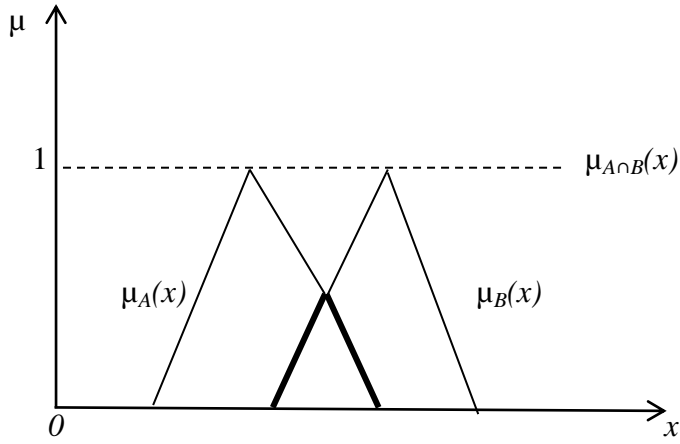
$$\mu_{A \cup B}(x) = \text{Max}(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad x \in X$$



Şekil 2.6: Bulanık Kümede Birleşim Özelliği.

Kesişim Özelliği :

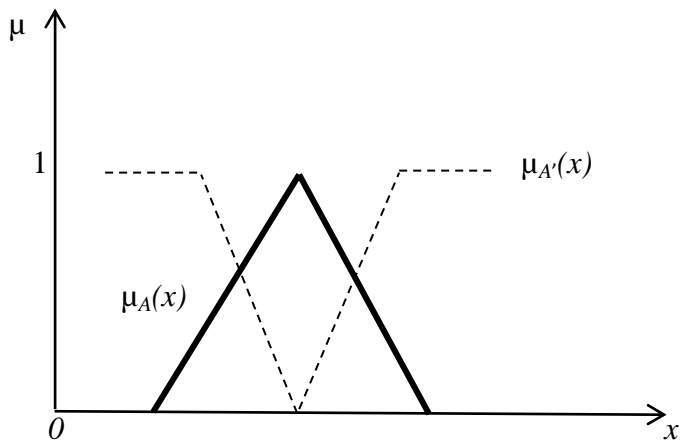
$$\mu_{A \cap B}(x) = \text{Min}(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad x \in X$$



Şekil 2.7: Bulanık Kümede Kesişim Özelliği.

Tümleyen Özelliği :

$$\mu'_A(x) = 1 - \mu_A(x) \quad x \in X$$



Şekil 2.8: Bulanık Kümede Tümleyen Özelliği.

2.1.5 Bulanık Modelleme

Belirsizlik içeren komplike durumların, basit ve kesin matematiksel formülasyon yada denklemlerle ifade edilmesi oldukça zor olması sebebiyle, bu tarz sistemlerin matematiksel modellemesi yapılırken bulanık mantığın kullanımı iyi bir alternatif olabilir. Tahmin etme süreçlerinde bulanık üyelik fonksiyonlarının kullanıldığı modellemeye ‘bulanık modelleme’ adı verilmektedir. Bulanık modellemenin temeli bulanık eğer-ise kuralları, bulanık küme teorisi ve bulanık çıkarım kavramlarından oluşmaktadır.⁷⁴

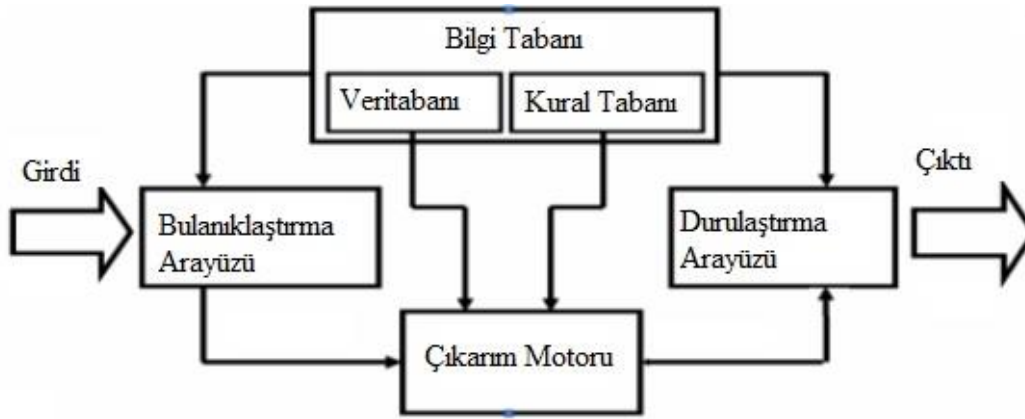
Bulanık mantık modellemelerinde, girdi ve çıktı arasında ki ilişkiler hiç kabul, basitleştirme, varsayım veya idealleştirme benzeri kısıtlayıcılar olmaksızın bulanık kümeler ve onların üzerinde yapılan farklı işlemler kullanılır. Her olayın ortaya çıkışında muhakkak içinde saklı bir kural tabanı bulunur. İşte bu kuralların akılcı olarak ortaya çıkarılarak yazılması bulanık mantık modellemesinin esasını teşkil etmektedir. Kural tabanında oluşturulan bütün kurallar, ayrı ayrı olayın işleyiş mekanizmasının bir kısmını temsil ederler. Bu kuralların bir araya getirilmesiyle olayın bütünü yansıtan kural tabanı oluşturulmuş olur. Kural tabanındaki her bir kural mevcut olayın bir kısmını açıkladığından dolayı bir girdi verisinin tüm kurallarla etkileşim içerisinde olması beklenmez. Kural tabanının oluştururken, kişisel deneyim, uzman görüş, mekanik ve en sonunda da veri olmak üzere farklı yaklaşımlar vardır hatta bu yaklaşımlar birbirini destekler niteliktedirler. Bulanık mantık modellemesi yapılabilmesi için ilk olarak giriş ve çıkış değişkenlerinin bulanıklaştırılması gerekmektedir.⁷⁵

Bulanık modelleme şekil 2.9 da görüldüğü üzere 5 temel unsurdan oluşmaktadır. Başlangıçta bulanıklaştırma ünitesi giriş değişkenlerini ölçer ve bu değişkenler üzerinde ölçek değişikliği yaparak bulanık kümelere dönüştürür. Bir sonraki adımda ise çıkarım motorunda girdi değişkenleri bulanık mantık kurallarıyla beraber işlenerek çıktılar üretilir. Bu adımda dilsel değişkenlerin ve insanın karar verme yetkisinin modellenmesi yapılır. Veri tabanında ise çıkarım motorunun kullanacağı veriler alınır. Eğer-ise yapıları ile oluşturulmuş modeli tanımlayan kuralların tamamı kural tabanında bulunmaktadır ve çıkarım motoru kuralları bu kısımdan alır. Çıkarım motoru çıktıları yine bulanık değerler olarak üretir. En son

⁷⁴ Ejder Ayçın ve Onur Özveri, “Bulanık Modelleme ile Tedarik Zinciri Performansının Değerlendirilmesi ve İmalat Sektöründe Bir Uygulama”, **AKÜ İİBF Dergisi**, Cilt.17 Sayı.1,(2015), s.53.

⁷⁵ Şen, s.201-202.

olarak ise elde ettiğimiz bulanık değerler nicel değişkenler haline durulama ünitesi aracılığıyla dönüştürülür⁷⁶.



Şekil 2.9: Bulanık Çıkarım Sistemi.

2.1.5.1 Bulanıklaştırma

Fiziksel giriş verilerinin, dilsel niteleyiciler ile ifade edebildiğimiz bulanık mantık bilgileri biçimine dönüştürme işlemini bulanıklaştırma olarak adlandırılmaktadır. Sisteme girilen verilerin tamamının mutlak kesin bilgi olması gerekli değildir. Bulanıklaştırma işlemi genel itibariyle kesin olmayan bilgiyi de kullanarak da bulanıklaştırma yapar. Bulanıklaştırma işleminin sonucunda elde ettiğimiz değişkenler “dilsel değişken” olarak adlandırılır. Bu işlem sonucunda tüm girdi değişkenlerinin değeri, üyelik derecesi olarak bu kısma atanır. Girdi bilgilerinin ölçeksel biçimde işlenmesinde, girdi değişken değerleri aralığının, uygun bir evrensel kümeye çevrilme işlemi gerçekleştirilmektedir. Herhangi bir girdi değeri bu ölçüm sisteminde işlem görürse, değerler, belirlenen evrensel küme aralığı içerisinde bulunması gerekir. Üyelik fonksiyonu olarak adlandırılan, bulanıklaştırma işlemi için birden fazla bulanık referans kümesi şekli kullanılmaktadır. Üyelik fonksiyonlarına 0 - 1

⁷⁶ Furkan Yener, “Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Nakliye Maliyetlerinin Hesaplanması”, **ISITES**, Karabük, 18-20.06.2014, s.1459.

değerleri arasında bir üyelik derecesi atanır. Üyelik derecesi belirli bir değer bir bulanık küme içerisinde yer almasının güvenilirliğinin ya da kesinliğini gösterir.⁷⁷

2.1.5.2 Bulanık Kural Tabanı

Sisteme yüklenen girdiler ile çıktıları bir birine bağlayan, eğer-ise mantıksal çerçevesinde yazılan kuralların tamamını içermektedir. Kural tabanının oluşturulmasında girdiler ile çıktılar arasındaki oluşabilecek tüm ara (bulanık küme) bağlantılar düşünülmelidir. Bu şekilde oluşturulan her bir kural, girdi uzayının bir kısmını çıktı uzayına mantıksal bir biçimde ilişkilendirir. İşte bu ilişkilendirmelerin hepsi kural tabanını oluşturmaktadır.⁷⁸

2.1.5.3 Çıkarım Motoru

Bulanık mantık denetimin ana kısmını oluşturur. Çıkarım motoru, insan oğlunun çıkarım yapma ve karar verme gibi yeteneklerinin benzeri bir şekilde bulanık kavramları işler ve çıkarım yaparak gerekli denetimi belirler. Bu kısımda pek çok bulanık gerçekleştirme yapılır. Yani insan beyninin bir yansımasını yapmaya çalışılmaktadır.⁷⁹

2.1.5.4 Durulaştırma

Bulanık mantık sistemindeki bulanık değişken, küme, mantık ve bulanık olabilecek çıkarımlarının kesin sayılar şekline dönüştürülmesi gerekmektedir. Elde edilen bulanık verilerin kesin ifadeler şekline dönüştürülebilmesi amacıyla yapılan işlemlerin tamamına birden “durulaştırma işlemi” olarak adlandırılır. Durulama safhasında genellikle Maksimum Üyelik Yöntemi, Ağırlık Merkezi Yöntemi, Ağırlıklı Ortalama Yöntemi, Maksimum Üyelik İşlev Ortalaması ve Toplama Merkezi gibi yöntemler kullanılıyor.⁸⁰

⁷⁷ Murat Hacımuratazoğlu, “Bulanık Mantık ile Manyetik Kilit Uygulaması”, **15.Akademik Bilişim Konferansı bildirisi**, Antalya, Cilt.2, 23-25.01.2013, s.684.

⁷⁸ M.Yılmaz ve E.Arslan, “Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması”, **2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu Bildirisi**, İstanbul, 23-25.11. 2005, s.515.

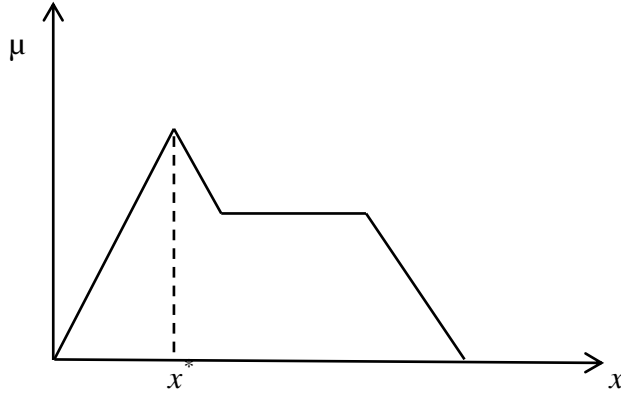
⁷⁹ Elmas, s.243.

⁸⁰ Ayşe Kahvecioğlu ve Emre Kıyak, “Bulanık Mantık Ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması”, **Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi**, Cilt.1, Sayı 2, (2003), s.67.

2.1.5.4.1 Maksimum Üyelik Yöntemi

Çıkış değeri olarak üyelik derecesi maksimum olan üyelik işlevi alınır.

$$\mu_A(x^*) \geq \mu_A(x) \quad \forall x \in X \text{ şeklinde olur}$$

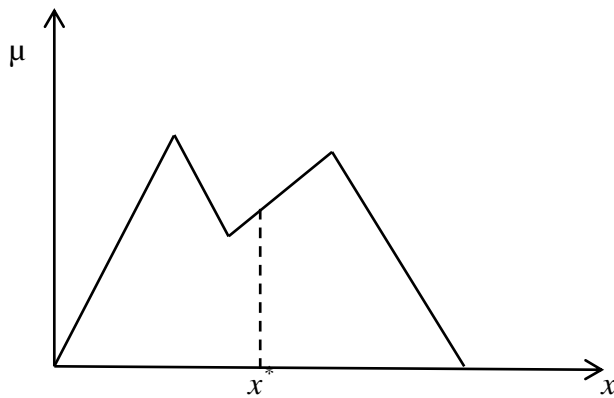


Şekil 2.10: Maksimum Üyelik Yöntemi.

2.1.5.4.2 Ağırlık Merkezi Yöntemi

En fazla kullanılan durulaştırma yöntemidir. Matematiksel ve grafiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$x^* = \frac{\int \mu_A(x) x dx}{\int \mu_A(x) dx}$$

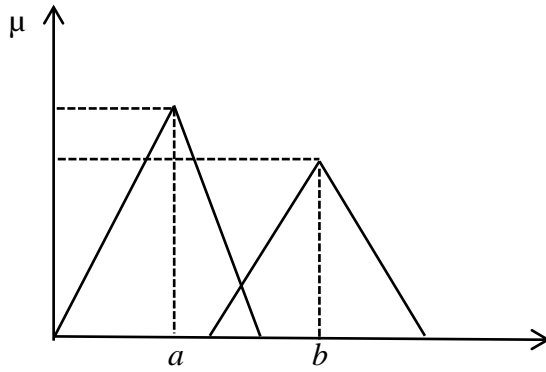


Şekil 2.11: Ağırlık Merkezi Yöntemi.

2.1.5.4.3 Ağırlık Ortalama Yöntemi

Her üyelik fonksiyonunun en büyük üyelik değeriyle ağırlıklandırılmasına dayanan bir yöntemdir. Matematiksel ve grafiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$x^* = \frac{\sum \mu_A(\bar{x}) \bar{x}}{\sum \mu_A(\bar{x})}$$

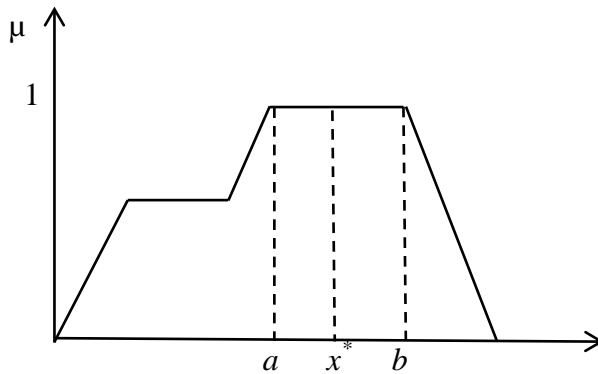


Şekil 2.12: Ağırlık Ortalama Yöntemi.

2.1.5.4.4 Maksimum Üyelik İşlev Ortalaması Yöntemi

Durulaştırma işleminde en yüksek seviyenin başlangıcı ile bitişinin bulunduğu noktaların aritmetik ortalaması alınır. Matematiksel ve grafiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$x^* = \frac{a+b}{2}$$

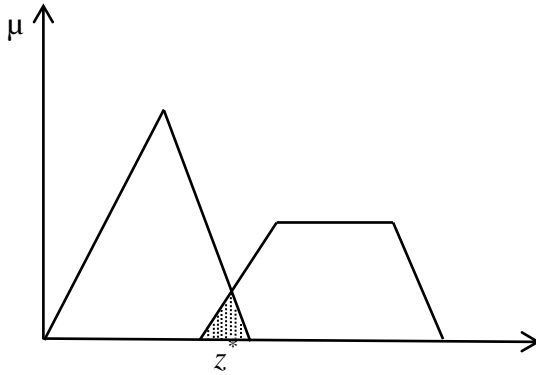


Şekil 2.13: Maksimum Üyelik Yöntemi.

2.1.5.4.5 Toplamların Merkezi Yöntemi

En çabuk uygulanan durulaştırma yöntemi olan toplamların merkezi metodunda iki bulanık kümenin birleşimi değil de cebirsel toplamları kullanılır. Bu yöntemde kesişen alanlar iki kez eklenir. Hesaplama bakımından ağırlıklı ortalamalara benzese de burada ağırlıklar ilgili üyelik fonksiyonlarının alanlarıdır. Ortalama ağırlıklar yönteminde ise ağırlıklar üyelik dereceleridir.⁸¹ Matematiksel ve grafiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$Z^* = \frac{\int_z \sum_{k=1}^n \mu_A(z) dz}{\int_z \sum_{k=1}^n \mu_A(z) dz}$$



Şekil 2.14: Toplamların Merkezi Yöntemi.

2.1.5.5 Mamdani Bulanık Çıkarım Sistemi

Mamdani'nin bulanık çıkarım sistemi , en fazla kullanılan bulanık sistemdir. Mamdani bulanık çıkarım yöntemi bulanık küme teorisi kullanılarak yapılan ilk kontrol sistemleri arasındadır. 1975 yılında Ebrahim Mamdani tarafından insan tecrübelerinden elde edilen sözel kontrol kurallarını sentezleyerek bir buhar motoru ve kazan kombinasyonunu kontrol etme girişimi olarak ortaya çıkmıştır. Bu sistemde girdi değişkenleri ile çıktı değişkeni kapalı formdaki üyelik fonksiyonları ile ifade edilmektedir.⁸²

⁸¹ Osman Pala, “Bulanık Mantık ve Çok Kriterli Karar Verme Uygulaması” (Yayınlanmış Yüksek lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, SBE, 2013), s.20.

⁸² Mathworks, What Is The Mamdani-Type Fuzzy Inference?, <https://uk.mathworks.com/help/fuzzy/what-is-mamdani-type-fuzzy-inference.html>, (18.04.2017).

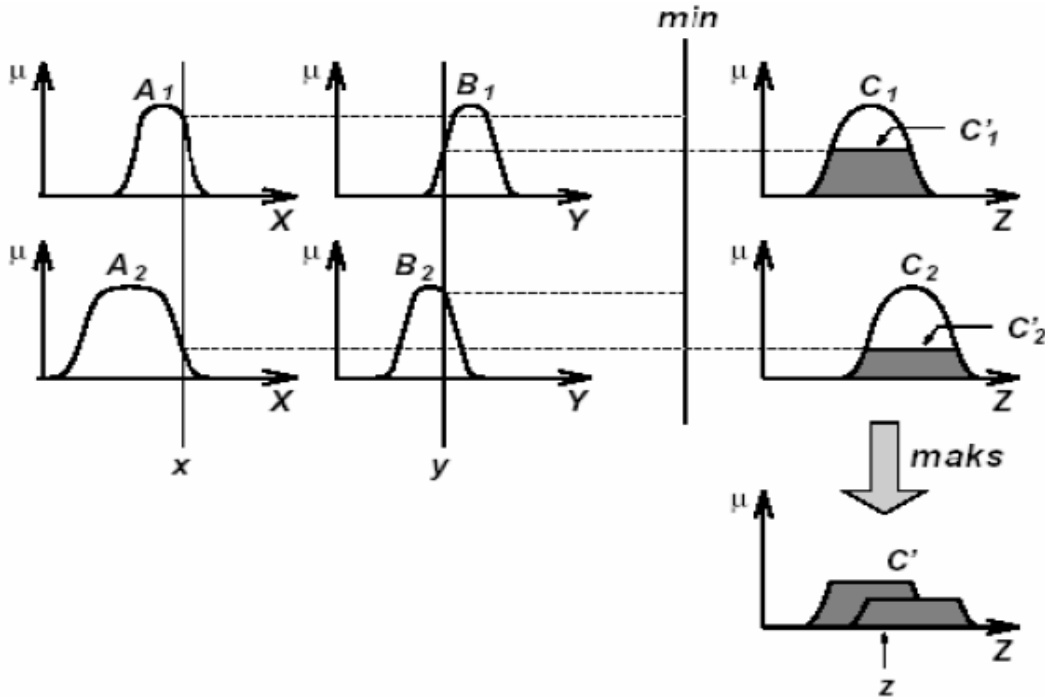
Mamdani tipi bir bulanık model aşağıdaki 5 adımda oluşmaktadır:

- 1- Girdilerin bulanıklaştırılması: öncül kısımdaki bütün bulanık ifadeleri kullanarak girdi değişkenlerine ait 0-1 aralığında olan değişen üyelik derecelerinin belirlenmesi.
- 2- Bulanık mantık işlemlerini kullanılarak kural ağırlıklarının oluşturulması.
- 3- Bulanık küme mantıksal operatörlerinin (eğer-ise) uygulanması
- 4- Sonuçların toplanması: Her bir kuralın çıktısını temsil eden bulanık kümelerin birleştirilmesi
- 5- Durulaştırma safhası: Elde edilen bulanık sonuçların kesin sayılara dönüştürülmesi.⁸³

Şekil 2.15 incelersek x ve y gibi iki tane sayısal değişkeni içeren ve iki tane kural tanımlanan Mamdani tipi bulanık modelde z çıktı değerinin C_i bulanık küme fonksiyonlarından nasıl hesaplandığını göstermektedir.

Kural 1: Eğer $x = A_1$ ve $y = B_1$ ise $z = C_1$

Kural 2: Eğer $x = A_2$ ve $y = B_2$ ise $z = C_2$



Şekil 2.15: Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi.

⁸³ Yılmaz ve Arslan, s.516.

Mamdani bulanık çıkarım sisteminde, kural tabanı oluşturulurken genel itibariyle VEYA (OR) VE (AND) bulanıklaştırıcı operatörler kullanılmaktadır. Fakat diğer mantıksal operatörleri de şartlı cümlelerin farklı bölümleri arasında ilişkilendirmek maksadıyla gerek duyulmaktadır. Bulanık kontrol kuralında kullanılan maksimum bulanıklaştırma operatörü VEYA (OR) ise kontrol çıkışı girişin maksimum üyelik derecesine göre ölçeklendirilmektedir. Eğer kontrolde minimum bulanıklaştırma operatörü VE(AND) kullanıldıysa kontrol çıkışı bu sefer girişin minimum üyelik derecesine göre derecelendirilmektedir. Standart MAXMIN/MAX-PROD metotlarının kullanılmasıyla kural tabanı optimizasyonu isteğe bağlı bir şekilde ekleme ve çıkarmadan oluşmaktadır.⁸⁴

2.1.5.6 Sugeno Bulanık Çıkarım Sistemi

Sugeno bulanık çıkarım sistemi yada diğer bilinen adıyla Takagi–Sugeno bulanık çıkarım sistemi ilk defa 1985 yılında kullanılmıştır. Mamdani bulanık mantık yönteminin bir uyarlaması olarak karşımıza çıkıyor. Sugeno modelinde, çıkış üyelik fonksiyonlarının değerleri bulanık bir küme olarak değil, doğrusal bir fonksiyon şeklinde yada sabit bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayı, herhangi bir durulaştırma işlemine gerek duyulmamaktadır. Kullanımı pratik olduğundan ve özellikle sayısal veriler ile çalışıldığında daha tutarlı sonuçlar vermesin nedeniyle yaygın şekilde kullanılmaktadır. Sugeno modelin önemli avantajlarının başında; sayısal verilerden sonuç çıkarımı ve matematiksel analizlerde ki etkinliği, uyarlama işlemlerindeki başarısı ve optimizasyon olarak söyleyebiliriz. Bir Sugeno sistemi, çoklu doğrusal modeller arasındaki ara değerlerin hesaplanması yoluyla doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesi içinde uygun bir yapıya sahiptir⁸⁵.

Genel olarak iki çeşit Sugeno bulanık çıkarım modeli kullanılıyor. Bunlardan birincisi olan 0.Dereceden Sugeno modelinde çıkış değişkeni bir katsayı şeklinde tanımlanmaktadır. İkincisi olan 1.Dereceden Sugeno Modelinde ise çıkış değişkeni giriş değişkenlerine bağlı bir polinom fonksiyon şeklinde tanımlanmaktadır.⁸⁶

⁸⁴ Hasan R .Özçalık ve Diğerleri, “Sürekli Mıknatıslı Doğru Akım Motorunun Hız Denetiminde P1-Bulanık Mantık Tipi Denetim Yönteminin Başarımının İncelenmesi”, **ISITES**, Karabük, 18-20.06.2014, s.364.

⁸⁵ Mustafa Güneş ve Aynur İncekırık, “Ege Bölgesinde Faaliyet Gösteren Kosgeb Kapsamındaki Farklı Ölçeklerdeki Şirketlerin (Kobi) Bulanık Kümeleme Analizi İle Gruplandırılması”, **Pamukkale Uni Müh Bilim Dergisi**, Cilt.22, Sayı.4, (2016), s.317.

⁸⁶ Mahmut Fırat, “Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Havza Modellemesi”, (Yayınlanmış Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, FBE, 2007), s.28.

0. dereceden Sugeno Modeli:

$$Girdi_1 = x \text{ ve } Girdi_2 = y \text{ ise } z = c$$

1.dereceden Sugeno Modeli:

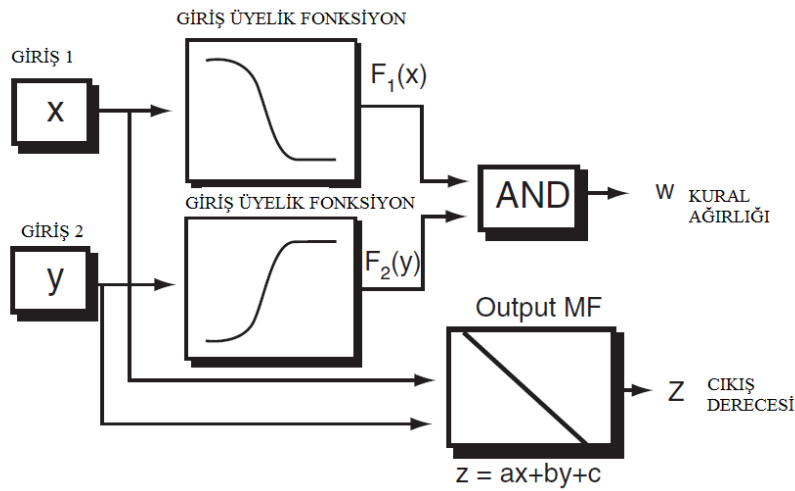
$$\text{Eğer } x = A \text{ ve } y = B, \text{ İse } z = f(x,y) = px+qy+r (c)$$

Burada A ve B, x ve y üyelik fonksiyonları için tanımlanmış öncül kısımdaki bulanık kümeler, p, q ve r (r) ise soncul bir parametrelerdir. Bu şekilde her bir kural için bir çıktı değeri elde edilmektedir.

Sugeno bulanık çıkarım sisteminde tetiklenen her bir kuralın ardıl kısmında fonksiyonla hesap edilen bir değer vardır. Sistemin bütüncül çıkarımı için durulaştırmaya gerek yoktur ama bu değerın öncül kısımlarından ardıl kısımlara Mamdani yöntemi gibi aktarılan üyelik dereceleri ile ağırlık ortalamaları alınır. Sugeno bulanık çıkarımın nihai sonuç çıktısı aşağıdaki ağırlıklı hesaplama ile bulunur⁸⁷.

$$Nihai\ Sonuç = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

Sugeno bulanık çıkarım sisteminin grafiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.16: Sugeno Tipi Bulanık Çıkarım Sistemi.

⁸⁷ Şen, s.201-202.

2.1.6 Yapay Sinir Ağları

İnsan beyninin yapısında olan öğrenilen bilgileri kullanarak yeni bilgiler oluşturabilmesi veya türetebilmesi gibi benzeri yetenekleri, herhangi bir yardım almadan otomatik bir şekilde gerçekleştirmek amacıyla geliştirilen bilgisayar sistemleri Yapay Sinir Ağları olarak adlandırılmaktadır. Yapay Sinir Ağlarının temelini oluşturan anlayış, insan beyninin her türlü veriyi işleyebilme yeteneğidir. İnsan beyninde nöron olarak adlandırılan çok fazla sayıda hücreler bulunmaktadır. Nöronlar, birbirleriyle bağlanmış bir şekilde bulunurlar ve bu bağlantılar aracılığıyla nöronlar arasında sinyal alış verişi gerçekleşmektedir. Gelen sinyallerin toplamı eğer belli bir eşik seviyesini aştığı zaman diğer sinir hücrelerine sinyal göndermektedir. Sinir hücreleri arasındaki var olan bu sistemin matematiksel bir şekilde ifade edilmesini Yapay Sinir Ağları olarak tanımlayabiliriz. Yapay Sinir Ağları, günümüzde verilerin sınıflandırılması ve işlenmesi, bilgilerin yorumlamanın da içerisinde bulunduğu bir çok farklı problemin çözülmesinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, zaman serisi analizi, olasılıksal fonksiyon kestirimi, görüntü eşleştirme, görüntü tanıma, doğrusal olmayan sistem modellemesi, optimizasyon ve benzeri farklı alanlarda kullanılmaktadır. Yapay Sinir Ağlarının temel görevi bilgisayarlar sistemlerinin insan beyni gibi öğrenebilmesini sağlamaktır. Bu şekilde olayları öğrenerek benzer durumlarda benzer bir şekilde karar vermesini sağlamaya çalışılmaktadır.⁸⁸ Yapay sinir ağları sadece sayısal veri değerleri ile çalışır. Bu doğrultuda, eğer metin değerleri var ise normalleştirilmiş sayısal değerlere dönüştürülmesi gerekir.⁸⁹

2.1.6.1 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

Yapay sinir ağlarının girdileri işleyerek çıktı alabilmesinin yolu ağın öğrenebilme yeteneğidir. Yapay sinir ağları öğrenme algoritmalarına göre danışmalı, danışmasız ve takviyeli öğrenme olarak üzere üç başlık altında inceleyebiliriz.

⁸⁸ Faika Ç. Karaali ve Fisun Ülengin, "Yapay Sinir Ağları ve Bilişsel Haritalar Kullanılarak İşsizlik Oranı Öngörü Çalışması", **İtü dergisi/D Mühendislik**, Cilt.7, Sayı.3, (2008), s.19-20.

⁸⁹ J.Bell, **Machine Learning Hands-On for Developers and Technical Professionals**, Wiley Inc, 2015, s.98.

2.1.6.1.1 Danışmalı Öğrenme

Danışmalı öğrenme esnasında ağa girdi verileri ile birlikte çıktı verileri de de yüklenmektedir. Ağ, verilen girdi verileri için istenilen çıktıları oluşturabilmesi için kendi ağırlıklarını güncellemektedir. Çıktı verileri ile beklenen çıktılar arasındaki hata hesaplanarak ağın yeni ağırlıkları bu hata payı baz alınarak hesaplanır. Hata payının hesaplamasında ağın bütün çıktıları ile beklenen çıktılar arasındaki farklar hesaplanır ve bu farklar baz alınarak her nörona düşen hata payı hesaplanır. Bir sonraki aşamada her bir nöron kendine gelen ağırlıkları revize eder.⁹⁰

2.1.6.1.2 Danışmasız Öğrenme

Danışmasız öğrenmede ise ağa öğrenme esnasında sadece örnek girdi verileri yüklenmektedir. Sisteme herhangi bir beklenen çıktı verisi yüklenmez. İlk başta yüklenen giriş verilerine göre ağ her bir örneği kendi içerisinde sınıflandırarak kendi kurallarını oluşturmaktadır. Ağ bağlantı ağırlıklarını aynı özellikte olan dokuları ayırabilecek bir biçimde düzenleyerek öğrenme işlemini sonlandırır.⁹¹

2.1.6.1.3 Takviyeli Öğrenme

Bir diğer öğrenme algoritması olan takviyeli öğrenme yönteminde ağın her adımının sonucunda elde edilen sonuçların tutarlı olup olmadığına dair bilgi verilmektedir. Ağ verilen bu bilgiler doğrultusunda tekrardan kendini revize eder. Böylece ağ herhangi bir girdi verisini kullanarak hem öğrenerek hem de sonuç çıkararak işleme devam etmektedir.⁹²

2.1.7 Sinirsel Bulanık Mantık

Yapay sinir ağları, ham veriler ile çalışıldığında iyi sonuçlar elde edilen ancak düşük seviyeli bir sistemdir. Bulanık mantık ise, uzman görüş ve dilsel bilgiler kullanılarak oluşturulan kural tabanının kullanılması ile daha yüksek seviyeli sonuçlar elde edilmektedir.

⁹⁰ İbrahim Çayıroğlu, "İleri Algoritma Analizi"
<http://www.ibrahimcayiroglu.com/dokumanlar/ilerialgoritmaanalizi/ilerialgoritmaanalizi-5.hafta-yapaysiniraglari.pdf>, (2.03.2017), s.3.

⁹¹ İbrahim Çayıroğlu, s.3.

⁹² İbrahim Çayıroğlu, s.3.

Bulanık mantık sistemleri incelendiğinde aslında öğrenme kabiliyetinin olmadığı ve sistem kendisini yeni çevreye adapte edemez. Diğer taraftan ise yapay sinir ağları öğrenme yeteneğine sahiptir ancak kullanıcı tarafından anlaşılmazlar.⁹³

Sinirsel bulanık mantık sistemi; yapay sinir ağlarının öğrenme kabiliyetiyle birlikte bulanık mantığın insan gibi karar verebilme ile uzman deneyim ve görüşleri sağlama özelliklerinin birleşmesiyle oluşmaktadır. Sonuç olarak baktığımızda yapay sinir ağları, bulanık mantıkla birlikte daha anlaşılır bir yapı haline gelmesiyle birlikte daha iyi sonuçlar verme kabiliyeti kazanmaktadır.

Sinirsel bulanık sisteminin temel amacı, sinirsel bulanık sistemlerinin yapısını değişkenlerini ayarlamak ve hesaplamak amacıyla sinirsel öğrenme algoritmalarını kullanmaktır. Bulanık mantık denetleyicilerinde değişken ayarlama ve yapısal ayarlama olma kaydıyla iki önemli ayarlama yapmak gerekmektedir. Değişkenlerin ayarlanması kısmında üyelik işlevlerinin uygun merkezleri, eğimleri, genişlikleri ve bulanık mantık kurallarının ağırlıkları hesaplanmaktadır. Yapısal ayarlama kısmında ise hesaplanacak değişkenlerin sayısı, oluşturulacak kuralların sayısı, her bir girdi ve çıktı değişkeninin tanım uzaylarına bölünmesi gibi bulanık mantık kuralı yapılarının ayarlarından oluşmaktadır. Uygun kural yapısı oluşturulduktan sonra denetleyici değişkenlerin ayarlanmasına gerekmektedir.⁹⁴



Şekil 2.17: Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantıkla İlişkisi.

⁹³ K.Narendra ve K.Parthasarathy, "Identification and Control of Dynamical Systems Using Neural Networks", **IEEE Trans. on Neural Networks**, (1990), s.14-27.

⁹⁴ Elmas, s.321.

2.1.8. Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS)

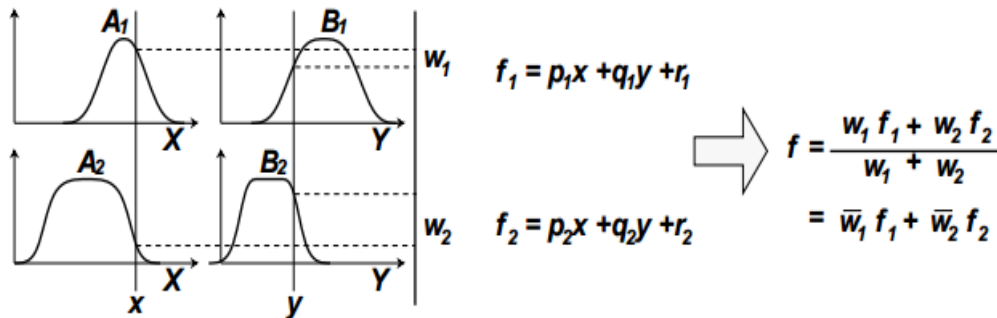
Uyarlanabilir Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) 1992 yılında S. Roger JANG tarafından Takagi – Sugeno bulanık modeli baz alınarak geliştirilmiştir; verilen girdi ve çıktının eğitimini yapan bir sinirsel bulanık çıkarım sistemidir. ANFIS verilen girdilerin çıktılarla en iyi biçimde uygunluğunu sağlarken, geri beslemeli öğrenme algoritması ve en küçük kareler yönteminin beraberce kullanıldığı bir hibrit(karma) öğrenme algoritması uygulanır. Girdi ve çıktı arasındaki bulanık kural tabanını EĞER-İSE ve üyelik fonksiyonlarını göz önüne alarak otomatik bir şekilde ayarlayarak verilen girdilere karşı gelen çıktılar elde edilir. ANFIS uygulamalarında girdi uzayını alt parçalara ayrılması ve oradan da üyelik fonksiyonlarının atanması ile çıktılara en uygun gelen bulanık çıkarım sisteminin temin etmeye yarar.⁹⁵

ANFIS yapısındaki bulanık çıkarım sisteminin mimarisini anlaya bilmek için x ve y olmak üzere iki girdi ve f gibi bir çıktısı olduğu varsayılırsa, birinci mertebeden Sugeno bulanık modeli için iki bulanık EĞER-İSE kuralı aşağıdaki gibi olur.⁹⁶

Kural (1): Eğer $X_1 = A_1$ ve $Y_1 = B_1$, ise $f_1 = p_1 X_1 + q_1 Y_1 + r_1$,

Kural (2): Eğer $X_2 = A_2$ ve $Y_2 = B_2$, ise $f_2 = p_2 X_2 + q_2 Y_2 + r_2$.

Burada x ve y giriş değişkenleri f çıktı değişkeni, A ve B bulanık kümeleri, m, n, q ise sonuç değişkenleridir. Aşağıda iki kurallı ve iki girdili Sugeno tipi bulanık çıkarım sistemi verilmiştir.



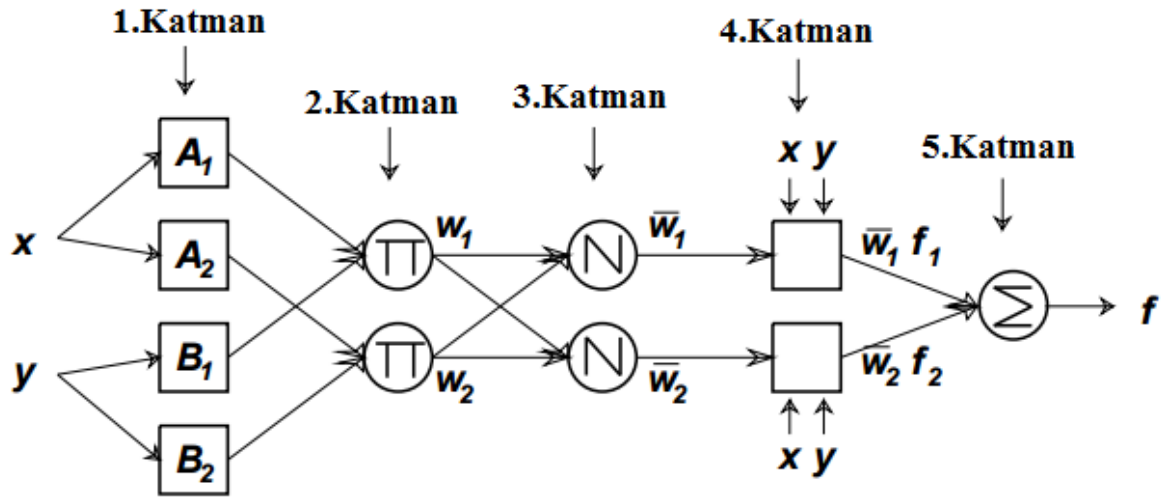
Şekil 2.18: Sugeno Tipi Bulanık Çıkarım sistemi.

⁹⁵ Şen, s.280.

⁹⁶ Jang, s.665-685.

2.1.8.1 ANFIS'in Mimari Yapısı

ANFIS mimarisi 5 katmandan oluşmaktadır. Her katmanda ki bulanık mantık kural sayısı kadar nöron bulunur. ANFIS mimarisinde her katman farklı bir görevi icra eder. ANFIS mimarisi içerisindeki her katmana ait düğüm işlemleri ve Şekil 1.12 de gösterilen Sugeno tipi bulanık çıkarım sistemine eş değer ANFIS mimarisi aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 2.19: ANFIS Mimari Yapısı.

1.Katman

Bulanıklaştırma katmanı olarak adlandırabileceğimiz bu katmandaki her düğüm A_i ve B_i gibi bir bulanık kümeyi ifade eder. Bu katmandaki düğümlerin çıkışı, giriş örneklerine ve kullanılan üyelik işlevine bağlı olan üyelik dereceleridir. 1. Katmanda elde edilen üyelik dereceleri aşağıdaki gibi gösterilir.

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

$$o_i^2 = \mu_{B_i}(y)$$

Burada x ve y düğümün giriş değişkenlerini ; A_i ve B_i bu düğümün temsil ettiği bulanık kümeyi gösterir. O_i^2 ise A_i 'nin üyelik fonksiyonu olup x 'in A 'yı ne kadar karşıladığının derecesini vermektedir. $\mu_{A_i}(x)$ genellikle 1 ile 0 arasında bir Gauss eğrisi şeklinde seçilir.

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x - m_i}{\sigma_i} \right|^2} \text{ veya } \mu_{A_i}(x) = \exp \left[- \left(\frac{x - m_i}{\sigma_i} \right)^2 \right]$$

Burada m_i üyelik işlevinin orta noktasını, σ_i üyelik işlevinin standart sapmasını gösterir.

2.Katman

Kural katmanı olarak da adlandırabileceğimiz bu katmanda; her bir düğüm, Sugeno bulanık mantık çıkarım sistemine göre oluşturulan kuralları ve sayısını belirtmektedir. Bu katmanda yer alan her düğüm noktası Π ile etiketlenmiş olup gelen sinyalleri çarpıp değeri dışarı çıkarır ve aşağıdaki şekilde hesaplanır.

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

Her bir düğüm çıkışı , her bir kuralın ateşleme seviyesini belirtir.

3.Katman

Normalizasyon katmanı olarak da adlandırabileceğimiz bu katmanda; her bir düğüm, kural katmanından gelen tüm düğümleri giriş değeri olarak kabul etmekte ve i . düğüm, i . Kuralın ateşleme seviyesinin tüm kuralların toplam ateşleme seviyesine oranını hesaplar ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\varpi_i = \frac{\omega_i}{\omega_1 + \omega_2} \quad i = 1, 2$$

4.Katman

Durulama katmanı olarak da adlandırabileceğimiz bu katmanda; her bir düğümde verilen bir kuralın ağırlıklandırılmış sonuç değerleri hesaplanmaktadır.

$$o_i^4 = \varpi_i f_i = \omega_i (p_i x + q_i y + r_i)$$

Burada ϖ_i , 3 katmanın çıktısıdır ve normalleştirilmiş ateşleme seviyesidir. $\{p_i, q_i, r_i\}$ ise parametre seti soncul parametreler olarak nitelendirilir.

5.Katman

Toplam katmanı olarak da adlandırabiliriz . Bu katmanda yalnızca bir düğüm vardır ve Σ ile etiketlenmiştir. Burada, 4. katmandaki her bir düğümün çıkış değeri toplanarak sisteminin gerçek çıkış f değeri elde edilir.

$$o_i^5 = f = \sum \varpi_i f_i = \frac{\sum_i \omega_i f_i}{\sum_i \omega_i}$$

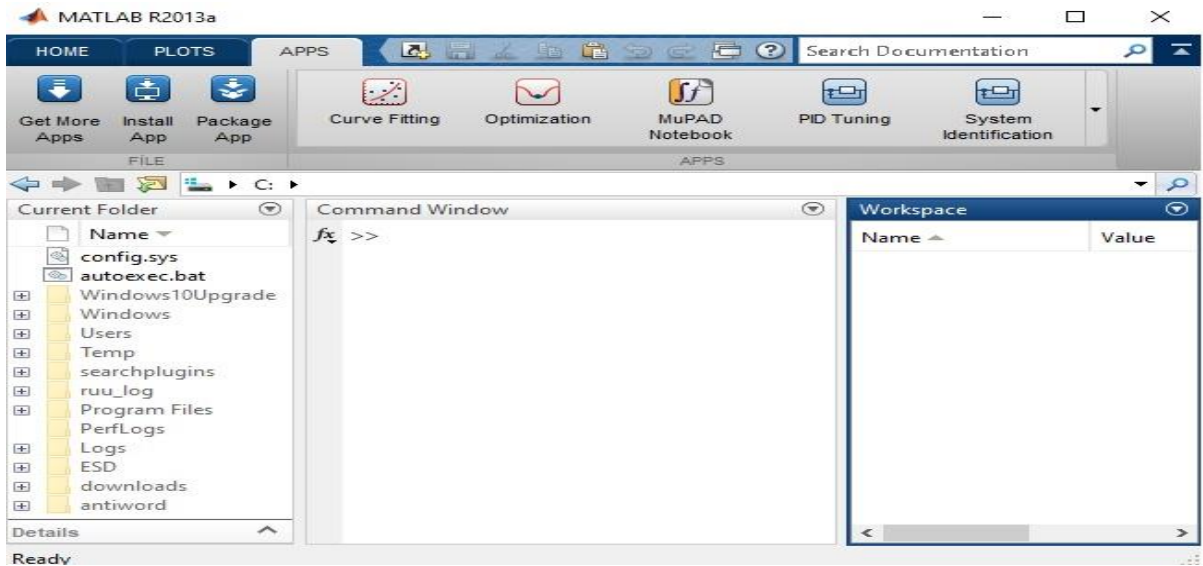
ANFIS'in mimari yapısı Sugeno bulanık çıkarım sistemiyle eşdeğer bir yapıya sahiptir.

2.1.8.2 ANFIS'in İçin Öğrenme Algoritması

ANFIS'in kullandığı öğrenme algoritması; en küçük kareler yöntemiyle birlikte geri yayımlı öğrenme algoritmasının kullanılmasıyla oluşan karma bir öğrenme algoritması olarak karşımıza çıkıyor. Bu öğrenme algoritması amacı hata(E) değerlerini öğrenme işleminin sonunda bütün giriş örnekleri için minimuma yaklaştırmaktır. Öğrenme işlemi iki ana kademedен oluşur. Birinci kademedē giriş örnekleri üretilir ve öncül parametreler sabit kabul edilerek, en küçük ortalama kare yöntemiyle en iyi ikincil parametreler tespit edilir. İkinci kademedē ise giriş örnekleri yeniden üretilir ve ikincil parametreler sabit kabul edilerek öncül parametreler eğim alçalması (gradient descent) yöntemiyle değiştirilir. Bu süreç tekrar edilerek hata (E) minimuma yaklaşıması sağlanır.⁹⁷

2.1.9 MATLAB ANFIS Modellemesi

İstatistik, optimizasyon, yapay sinir ağları, bulanık modeller, lineer cebir, mühendislik gibi pek çok pozitif bilimde kullanılan hesaplama programı olan MATLAB ile aynı zamanda bir programlama dilidir ve 2D 3D gibi grafiksel çizimlerde yapılabilmektedir. MATLAB giriş ekranı Şekil 2.20 de gösterildiği gibidir.

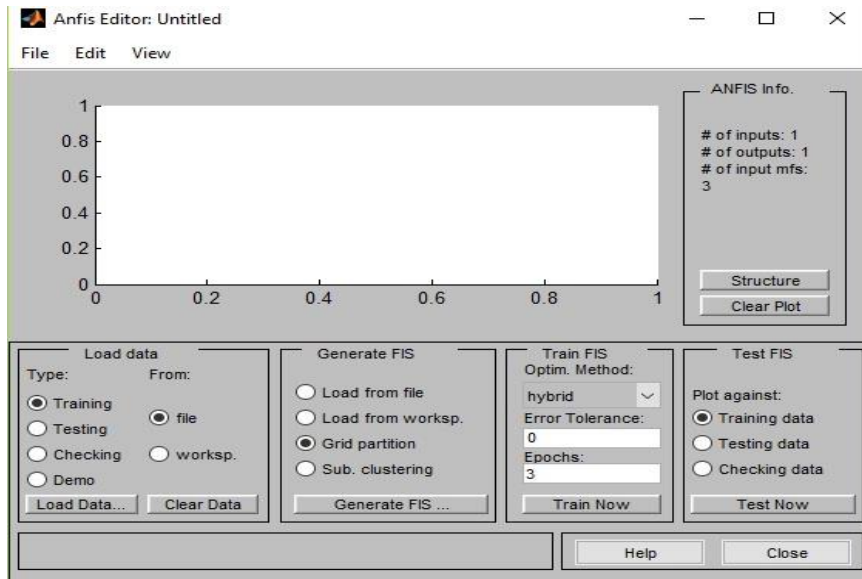


Şekil 2.20: MATLAB Giriş Ekranı.

⁹⁷ Yeşim Ok, Mehmet Atak ve M.Ali Akçayol, "Yalın Sinirsel Bulanık Bir Model ile İmkb 100 Endeksi Tahmini", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt.26, No 4, (2011), s.899-900.

Bu ekranda kullanacağımız alanlardan biri olan Workspace kısmında kullanıcın hazırlamış olduğu verileri buraya yükler ve işlem esnasından veriler buradan alınır. Command Window kısmı ise kullanıcının kodlamaları yazdığı alandır. MATLAB ile problemleri kodlama ile çözümlenebilmemizin yanı sıra içerisinde pek çok alanda kullanılabilir çeşitli uygulamalarda bulunmaktadır. Bu uygulamalara APPS kısmında ulaşabiliriz. Bu uygulamalardan biri olan ANFIS editörü (Neuro-Fuzzy Desing) ile ANFIS çözümlenmeleri yapılabilmektedir.

ANFIS editörünü APSS kısmındaki “Neuro-Fuzzy Desing” ile açma bilgimiz gibi komut ekranına ‘ANFISedit’ yazılarak da açılabilir. ANFIS editörünü giriş ekranı Şekil 2.21 deki gösterildiği gibidir.

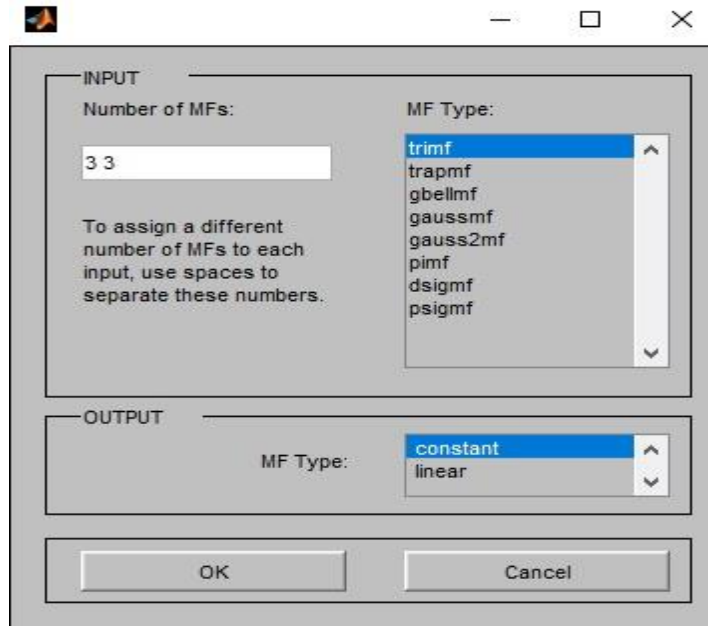


Şekil 2.21: ANFIS Editörü.

ANFIS editör ekranındaki ‘load data’ kısmından kullanılacak veri yüklemesi yapılmaktadır. Eğitim(training), test (testing), kontrol (checking) ve demo olmak üzere 4 veri giriş kısmı bulunmaktadır. Veri girişlerini ‘file’ kısmında direkt olarak bilgisayarınızdan kayıtlı olan .dat uzantılı dosyalarla yapabilir veya workspace kısmından oluşturduğumuz veri setlerinin ismini yazarak getirebilirsiniz.

Generate FIS kısmında ise kuracağımız modelin girdileri için üyelik fonksiyonu tipi, ve üyelik fonksiyon sayısı belirlenir. Çıktı için ise üyelik fonksiyonunu hangi tip Sugeno

modeli olacağına yani sabit mi doğrusal mı olacağına karar verilir. Üyelik fonksiyon seçimi Şekil 2.22 deki ekrandan yapılır.



Şekil 2.22: Üyelik Fonksiyon Seçim Ekranı.

Yukardaki şekilde gösterilen üyelik tipleri aşağıdaki tabloda açıklanmıştır.

Tablo 2.1: ANFIS Üyelik Tipleri.

Üyelik Fonksiyonun Kodu	Üyelik fonksiyonunu Adı
trimf	Üçgen Üyelik Fonksiyonu
trapmf	Yamuk Üyelik Fonksiyonu
gbellmf	Genelleştirilmiş Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu
gaussmf	Gauss Üyelik Fonksiyonu
gauss2mf	Gauss Kombinasyonu Üyelik Fonksiyonu
pimf	Π Şeklindeki Üyelik Fonksiyonu
dsigmf	İki Sigmoid Üyelik Fonksiyonunun Arasındaki Farktan Oluşan Üyelik Fonksiyonu
psigmf	İki Sigmoid Üyelik Fonksiyonunun Çarpımından Oluşan Üyelik Fonksiyonu

Üçüncü bölüm olan train FİS kısmında yüklediğimiz veri setinin öğrenme algoritması seçilir. Bu algoritmalar geriye yayılma yöntemi ve hybrid (en küçük kareler yöntemi ile

geriye yayılma yönteminin bir arada kullandığı yöntem). “Error tolerance” kısmına hata payı yazılır fakat veri hakkında yeterli bilgiye sahip olunmadığında “0” girilmesi önerilir.⁹⁸ “Epochs” kısmında ise kaç iterasyon eğitimin tekrarlanacağı yazılır.

Test FİS kısmında ise eğitim sonucunda elde tahminlerle gerçek verilerin ne kadar örtüştüğünü test etmemiz sağlıyor. “Structure” butonu ise kurulan modelin yapısını görmemizi sağlıyor

2.2 Regresyon Analizi

Değişken niceliklerin bulunduğu her türlü sistemde, bazı değişkenlerin diğer değişkenler üzerindeki etkilerini incelemek gerekmektedir. Değişkenler arasında basit veya karmaşık işlevsel ilişkiler olabilir. Böyle durumlarda bu tür işlevsel ilişkiler bazı matematiksel yöntemlerle elde edilebilir. Bu yöntemlerin başında Regresyon analizi gelmektedir.⁹⁹

Regresyon analizi, değişkenler arasındaki işlevsel ilişkilerin araştırılması için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir.¹⁰⁰ Regresyon analizi, herhangi bir değişkenin bir veya birden fazla değişkenle arasındaki ilişkiyi matematiksel bir fonksiyon şeklinde ifade edilmektedir. Elde edilen fonksiyona Regresyon denklemi adı verilmektedir. Regresyon analizi yardımıyla açıklayıcı değişkenlerin yani bağımsız değişkenlerin çeşitli değerlerine karşılık açıklanan değişkenin yani bağımlı değişkenin ulaşacağı değer tahmin edilir.¹⁰¹

Başka bir deyişle Regresyon analiz iki değişken arasında belirgin bir ilişki olduğunda, bu ilişki dağılım grafiğindeki noktalar arasından geçen uygun bir doğru ile tanımlanabilir. Bu doğruya regresyon doğrusu denir ve matematiksel olarak bir denklem ile gösterilebilir. Bu denkleme de regresyon denklemi veya eşitliği denir. Regresyon denklemi yardımı ile bağımsız değişkene verilen herhangi bir değere karşı bağımlı değişkenin alacağı değer hesaplanabilir.¹⁰² Bir bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon analizine basit

⁹⁸ Atakan Yücel, “Tedarikçi Seçimi Probleminde Bütünleşik Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı” (**Yayınlanmış Doktora Tezi**, Yıldız Teknik Üniversitesi FBE, 2010), s.69.

⁹⁹ Meriç Öztürkcan, **Regresyon Analizi**, 1.Basım, İstanbul: Maltepe Üni Yayınları, 2009, s.1.

¹⁰⁰ A.S.Had, **Regesion Anaysis by Example**, 9.Edition, John Wiley & Sons Inc, , 2012, s .1-2.

¹⁰¹ Neyran Orhunbilge, **Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon Analizi**, 2.Basım, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları, 2002, s.12.

¹⁰² Kadir Sümbüloğlu ve Beyza Akdağ, **Regresyon Yöntemleri ve Kolerasyon Analizi**, 1.Basım, Ankara: Hatipoğlu Yayınları, 2007, s.19.

doğrusal regresyon analizi ve iki ve ikiden fazla bağımsız değişkenin kullanıldığı regresyon analizlerine de çoklu doğrusal regresyon analizi denilmektedir. Regresyon analizi ekonomi, finans, endüstri ziraat tıp, biyoloji, psikoloji vb. gibi çok farklı bilim dallarında oldukça sık kullanılmaktadır.

2.2.1 Basit Doğrusal Regresyon

Basit doğrusal regresyon analizi, bağımlı değişken ile tek bir bağımsız değişken arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini ve bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkilerinin hesaplanmasında kullanılır. Basit doğrusal regresyon analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki aşağıdaki doğru denklemi ile ifade edilmektedir.

$$Y_i = \alpha + \beta X_i$$

Burada

Y: Bağımlı değişken

α : Regresyon doğrusunun kesişim değeri

β : Regresyon doğrusunun eğimi

X: Bağımsız değişken

Basit doğrusal regresyon analizinin uygulanabilmesi için bazı varsayımları yerine getirilmesi gerekiyor. Bu varsayımlar;

-Bağımlı değişken (Y) rastgele, bağımsız değişken(X) ise araştırmacı tarafından belirlenmiş ve kontrol edilebilen değerlerdir.

- Bağımlı ve bağımsız değişkenler hatasız ölçülmüştür.

-Her bağımlı(Y) değeri için mutlaka bir bağımsız(x) değeri vardır

-Bağımlı değişken(Y) değerleri birbirinden bağımsız ve ortalaması 0 ve varyansı σ^2 olan normal dağılım göstermelidir.

- Bağımlı değişken(Y) ile bağımsız değişken(x) arasındaki ilişki doğrusaldır.

2.2.1.1 Parametre Tahmini

Bilinmeyen parametreler olan α ve β tahmin etmek için pek çok yöntem vardır fakat yaygın olarak en küçük kareler yöntemi (EKK) kullanılmaktadır. Regresyon modellerinin ilk kurucuları arasında en tanınmış matematikçilerden biri olan Carl-Friedrich Gauss, gezegenlerin yörüngelerini tahmin edebilmek için astronomik gözlemlerden yararlanarak en küçük kareler yöntemini buldu. 1920'lerde Sir Ronald Fischer sayesinde en küçük kareler yöntemi daha da geliştirildi.¹⁰³ α ve β parametre değerlerini tahmin için kullanılan en küçük kareler(EKK) yönteminin temelinin, toplam sapmaların karelerinin toplamını en küçük yapacak değerlerin bulunması oluşturmaktadır. Hata terimlerini, gözlem Y_i değerleri ile beklenen \hat{Y}_i değerleri arasındaki farkla oluşturmaktadır.¹⁰⁴

$$\hat{\varepsilon} = Y_i - \hat{Y}_i$$

Hesaplanan hata değerlerin toplamı 0 olmalıdır.

$$\sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i) = 0$$

EKK yöntemi, α ve β parametrelerinin tahminleri olan $\hat{\alpha}$ ve $\hat{\beta}$ nın farkını en küçük yapacak biçimde aşağıdaki gibi hesaplar.

$$\sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - (a + \hat{\beta} X_i))^2 = \text{Minimum}$$

Yukarıdaki fonksiyonun minimum olabilmesi için α ve β parametrelerine göre birinci dereceden türevleri alınıp 0'a eşitlenir. Sonuçta α ve β parametrelerinin hesaplamak için aşağıdaki formülle elde edilir.

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$$\hat{\alpha} = \bar{Y} - \hat{\beta}_i \bar{X}$$

¹⁰³ L.Padyukow, **The Lins Of Genetic Code**, Elsevier Inc, 2014, s.3-23.

¹⁰⁴ Ö.G.Alma ve Ö.Vupa, "Regresyon Analizinde Kullanılan En Küçük Kareler ve En Küçük Medyan Kareler Yöntemlerinin Karşılaştırılması", **Sdü Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi**, Çilt.3, Sayı.2, (2008), s.221-222.

α Parametresi, doğrunun y eksenini kestiği nokta ve analitik yöntemde sabit hata ölçüsüdür. Buna karşılık β parametresi ise analitik yöntemde oransal hata ölçüsüdür. Bağımsız değişkendeki bir birimlik değişme meydana geldiğinde , bağımlı değişkende meydana gelecek ortalama değişim miktarını belirtir.¹⁰⁵

2.2.1.2 Determinasyon Katsayısı (R^2)

Determinasyon katsayısı R^2 bağımsız x-değişkenleri ile bağımlı y'deki yüzde varyasyonunu verir. R^2 0 ile 1 arasında bir değer alır (yani y'deki varyasyonun % 0 ile % 100'ü x-değişkenleri ile açıklanabilir. R^2 , Regresyon denklemi tarafından oluşturulan çizgiye elde edilen sonuçların ne kadar yakın olduğuna dair bir fikir verir. R^2 ne kadar yüksek olursa, tahmin sonuçları Regresyon çizgisi çizildiğinde çizgiye daha yakın noktalarda bulunurlar. Eğer katsayı 0.60 ise, tahmin sonuçlarının % 60'i regresyon hattında olduğunu gösterir. 1 veya 0 değerlerini aldığı anda ise regresyon çizgisinin sırasıyla verilerin tümünü veya hiçbirini temsil etmediğini gösterir.¹⁰⁶ R^2 değeri 1 ne kadar yakınsa yapılmış olan regresyon analizi o kadar anlamlıdır. Kısaca determinasyon katsayısını regresyonun başarı ölçütü olarak ele alabiliriz ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{RKT}{GKT}$$

2.2.2 Çok Değişkenli Regresyon

Günümüzde sosyal bilimlerde, sayısal bilimlerde ve sağlık bilimlerinde elde edilen sonuçları birden fazla bağımsız değişkenlerden etkilenmektedir. Birden fazla bağımsız değişkenden etkilenen bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi basit regresyon ile açıklamak mümkün değildir. Bu noktada yardımımıza çok değişkenli regresyon analizi yetişir. Çok değişkenli regresyon, birden fazla bağımsız değişkenlerin (x_1, x_2, x_3) bir sürekli bağımlı değişken(y) üzerindeki etkisini inceleyen yöntemdir. Bu yöntem, bağımlı değişkenin tüm bağımsız değişkenlerin doğrusal fonksiyonu olarak modellemektedir. Ayrıca

¹⁰⁵ Selim Kılıç, "Doğrusal Regresyon Analizi", **Journal of Mood Disorders** Volume.3, Number.2, (2013), s.90-91.

¹⁰⁶ S.G. Ducasse, "Coefficient of Determination (R Squared)", <http://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/coefficient-of-determination-r-squared/> (21.05.2018).

bu yöntem ile birden fazla bağımsız değişkenin tek bir bağımlı değişken üzerindeki etkilerini ayrı ayrı değerlendirmesine olanak sağlar.¹⁰⁷ Matematiksel denklemi aşağıdaki gibi gösterilir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Yukarıda denklemde yer Y, bağımlı değişkeni β_0 , sabit değeri, $X_{1..n}$ bağımsız değişkenleri, $\beta_{1..n}$ ise bağımsız değişkenlerin regresyon katsayılarını ve ε regresyon modelindeki hata katsayısını ifade etmektedir

Çok değişkenli regresyon modeli matris gösterimi ile de aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & \ddots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & \dots & X_{kn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Çok değişkenli regresyon analizinin uygulanabilmesi için bazı varsayımları yerine getirilmesi gerekiyor. Bu varsayımlar;

-Bağımlı değişken(Y) değerleri birbirinden bağımsız ve ortalaması 0 ve varyansı σ^2 olan normal dağılım göstermelidir.

-Bağımsız değişkenler $X_{1..n}$ ile bağımlı değişken Y arasındaki ilişkinin doğrusal olmalıdır.

- Tahmin hatalarının ε_i tesadüfi ve normal dağılım göstermelidir.

- Hatalar birbirinden bağımsızdır otokorelasyon yoktur.

-Her bağımsız değişkenin değerlerine ait olan bağımlı değişken değerlerinin alt setleri varyansları birbirine eşittir.

- Bağımsız değişkenler arasında basit doğrusal ilişki olmamalıdır.

¹⁰⁷ T.Beukelman, H. I. Brunner, **Textbook of Pediatric Rheumatology**, 7.Edition, Elsevier Inc, 2016, s.55-77.

2.2.2.1 Çok Değişkenli Regresyonda Parametre Tahmini

Çok değişkenli regresyon için regresyon katsayısı tahmini basit doğrusal regresyonda olduğu gibi en küçük kareler (EKK) yöntemi ile yapılır. Buradaki amaç tahminde ortaya çıkacak hataların karelerinin toplamını (AKT) minimize ederek β katsayılarını bulmaktır.

$$AKT = \sum \varepsilon_i^2 = \varepsilon' \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 & \varepsilon_2 & \dots & \varepsilon_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

AKT'yi her bir X_i 'e göre türevini alıp sıfıra eşitlediğimiz zaman aşağıdaki vektör elde edilir.

$$X^T X \hat{\beta} = X^T y \text{ buradan}$$

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y \text{ tahmin edicisi elde edilir.}$$

Çok değişkenli regresyonda bağımlı değişkendeki değişimin % kaçının bağımsız değişkenlerle açıklandığını gösteren determinasyon katsayısı R^2 aşağıdaki vektör ile hesaplanır.

$$R^2 = \frac{RKT}{AKT} = \frac{\hat{\beta}' X^T Y - n\bar{Y}^2}{Y^T Y - \hat{\beta}' X^T Y}$$

BÖLÜM 3

UYGULAMA

Bu çalışmada, ülkemizde ki Enflasyonun tahmin edilebilirliği geri dönük olarak ANFIS ve Regresyon analizi ile test edilmiştir. Enflasyonun tahmininde 2002 Ocak ayı ile 2015 Şubat ayı aralığında ki aylık döviz kuru(\$) ile Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankasının belirlemiş olduğu politika faizini etkileyen faktörler olarak el alınmıştır . Bu uygulamadaki asıl amaç geçmişteki verilerden yararlanarak tahmin etme yöntemlerinden olan Regresyon Analizi ile ANFIS’den hangisini daha iyi öngörülebilme sonuçlarını ortaya koyduğunu test etmektir.

Bu çalışmada kullanılan girdi değişkenlerinin (Politika faizi ve Döviz kuru(\$)) çıktı olarak alınan (Enflasyon)’nu direkt olarak etkilediği ön görülmüştür ve daha önce yapılmış çalışmalarda göz önünde tutulmuştur.

Bu çalışmada kullanılan verilerden Politika Faizi ve Döviz Kuru Merkez Bankası web sayfasında açıklanan 2002 Ocak ile 2015 Şubat ayları arasındaki 158 aylık döneme ait verilerden elde edilmiştir. Günlük olarak açıklanan döviz kurunu veri setine uygun hale getire bilmek için aylık ortalaması alınmıştır. Enflasyon veri seti ise TÜİK’in aylık olarak açıkladığı Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) olarak alınmıştır.

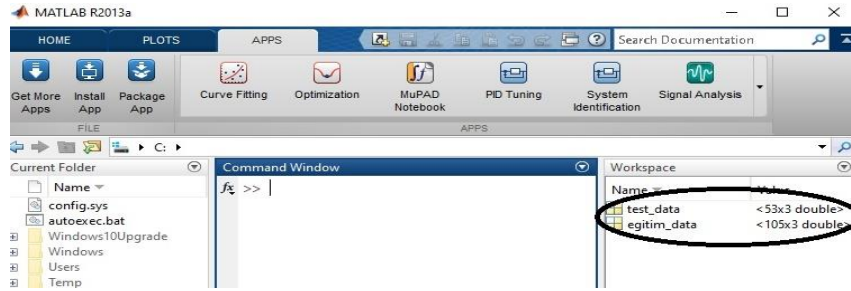
Literatürü incelediğimiz zaman benzer bir çalışma Yeşim OK ve arkadaşlarının İMKB 100 endeksini dolar kuru ve gecelik faiz oranı girdilerini kullanılarak Regresyon Analizi ve ANFIS yöntemi ile öngöründe bulunmuşlardır. Wayan Firduas Mahmudy ve arkadaşlarının “Journal of Next Generation Information Technology-January 2017” dergisinde yayınladığı araştırmada Zaman Serisi Analizi ile ANFIS kullanarak enflasyon öngörüsünde bulunmuşlardır. Başka bir çalışmada ise Berna BULGURCU, doktora tezinde YSA ve ANFIS kullanarak Türkiye’deki işsizlik oranını öngörüsünde bulunmuştur.

3.1 Analiz Yöntemleri

Tahmin edici olarak kullanacağımız analizlerden ANFIS’i, MATLAB ve Excel, Regresyon Analizini ise SPSS ve Excel programlarını kullanarak analizler yapılacaktır.

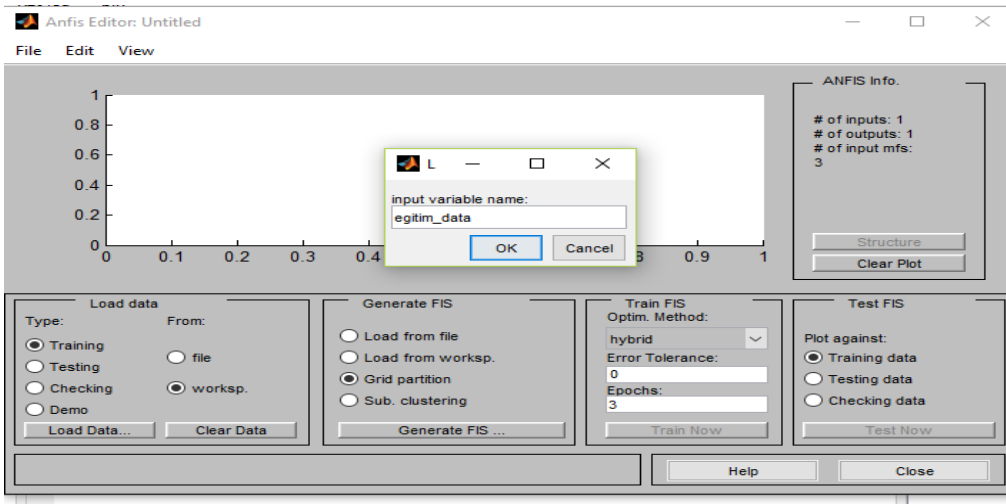
3.1.1 ANFIS ile Tahminde Bulunma

Elimizde bulunan 158X3 veri seti ilk olarak eğitim ve test verisi olarak 2 kısma ayrıldı. Ayırma işlemi SPSS programından yararlanılarak %70'i eğitim verisi (yani 105 tanesi), %30'unda test verisi (yani 53 tane veri) rasgele(random) bir şekilde belirlendi. Belirlenen eğitim ve test verilerimizi MATLAB'ta Workspace kısmında oluşturduğumuz eğitim_data ve test_data kısmına 105x3 eğitim verisi ve 53x3 test verisi olarak yüklendi.



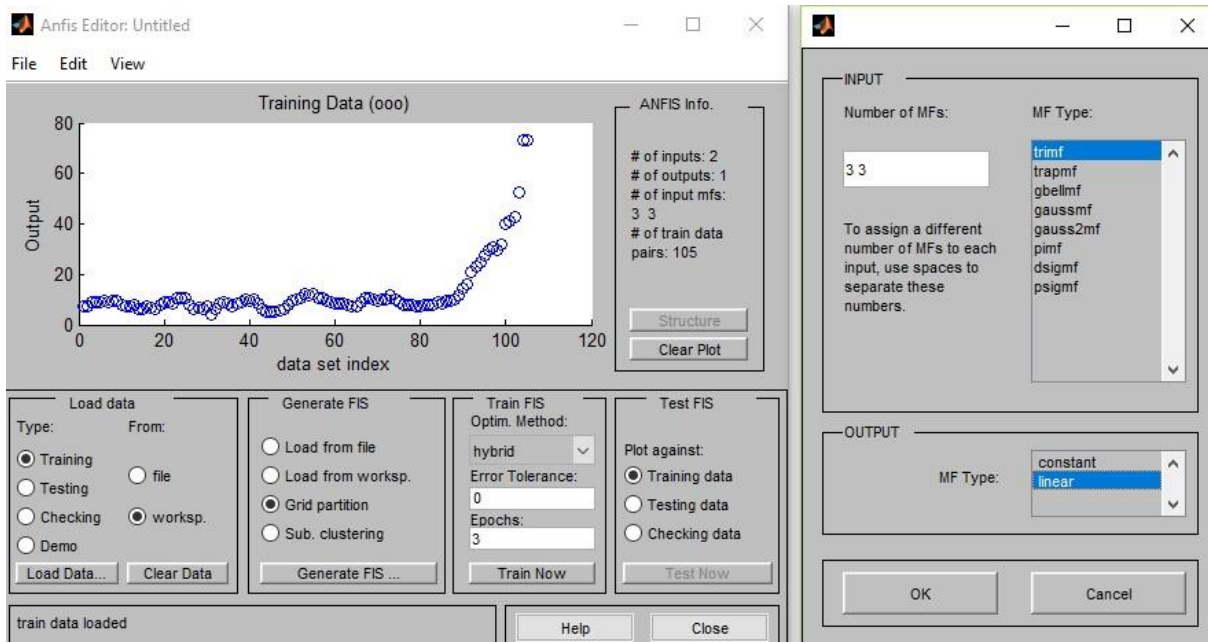
Şekil 3.1: ANFIS Workspace Alanı.

Bu aşamadan sonra MATLAB uygulamalar kısmından ANFIS Editör çalıştırıldı. Ekranı gelen ANFIS Editör'ün kullanıcı arayüzünün sol altında yer alan Load Data ve worksp. kısımları seçilir ardından Load Data butonuna basılıp ve ekrana gelen kutucuğa eğitim_data yazılarak eğitim verilerimiz çağrıldı.



Şekil 3.2: ANFIS Editör Uygulama Ekranı.

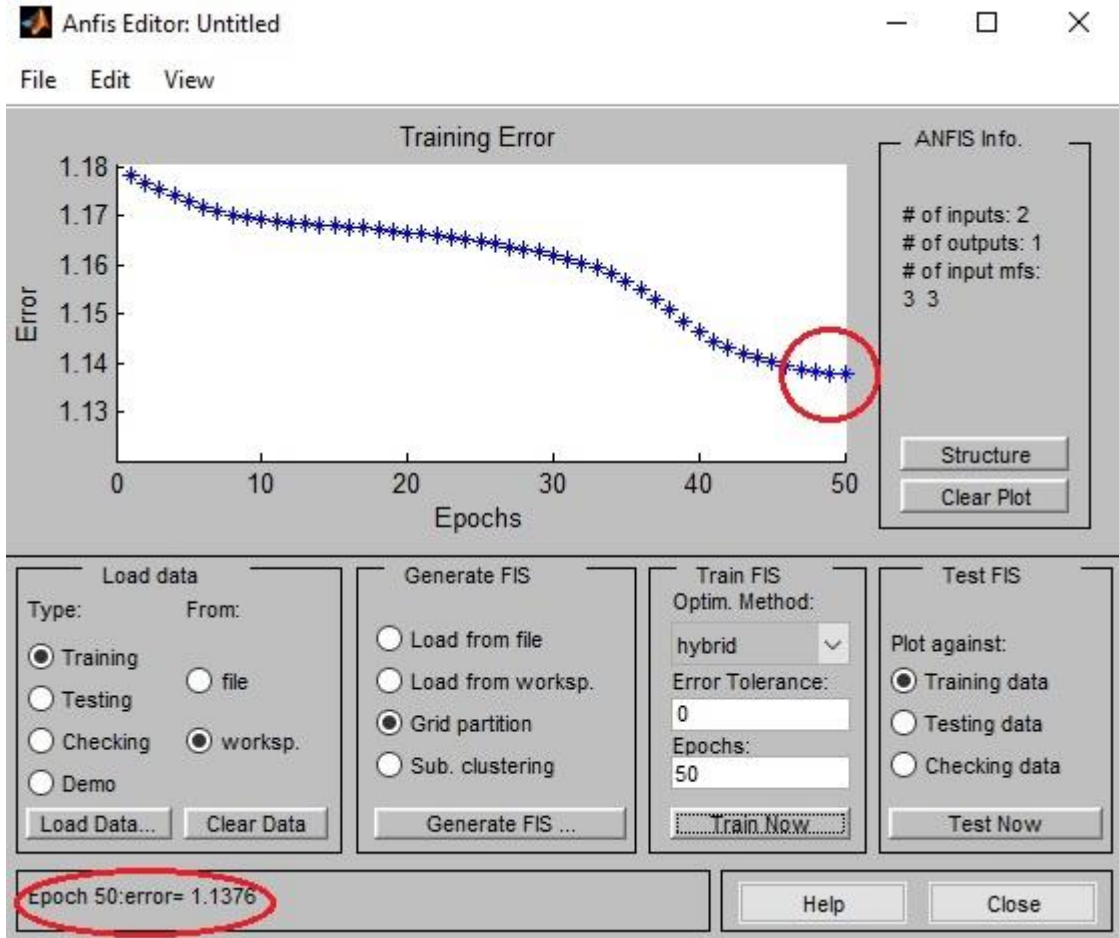
Eğitim verilerimizi çağırdıktan sonra Generate FİS kısmında Grid partiton kısmı seçilerek alttaki Generate FİS butonuna basılıp. Gelen ekranda girdiler için üyelik sayısı (number of MF) ve üyelik tipleri (MF Type) kararlaştırıldı. Üyelik fonksiyonu sayısı eğiteceğimiz verinin sayısına göre belirleniyor bu doğrultuda her bir değişkene 3 üyelik fonksiyonu tanımlanır. Üyelik fonksiyonu tipine karar verirken her biri ayrı ayrı seçilerek analiz yapılır ve elde edilen hata değerine göre en düşük hatalı olan tercih edilir. Bir sonraki aşamadan sonra çıktının (autput) tipinin belirlenmelidir. Tercihler arasındaki linear birinci dereceden Sugeno bulanık sistemini constant ise sıfırıncı dereceden Sugeno bulanık sistemini temsil ediyor. Uygulamamız birinci derece Sugeno sistemine daha uygun olduğundan linear seçilmiştir.



Şekil 3.3: ANFIS Veri Yüklenmiş Şekli ve Üyelik Fonksiyonları Seçim Ekranı.

Bu aşamadan sonra artık verimiz eğitilme durumuna gelmiştir. Train FİS kısmında ilk olarak öğrenme algoritmasını (optim.Method) belirlemeliyiz. Bu arada iki seçeneğimiz mevcuttur geriye yayılma yöntemi (Backpropa) ve geriye yayılma yöntemi ile en küçük kareler yöntemini bir arada kullanıldığı karma yöntem (hybrid). ANFIS'in belirgin özelliklerinden olan karma yöntem(hybrid) seçilir. Error Tolarance kısmını ise veri hakkında yeterince bilgiye sahip olmadığımız ve genel geçer olarak da '0' verilmesi uygun görüldüğü

için '0' olarak tercih edildi. İterasyon sayısı (Epochs) kısmını ise eğitimin kaç defa tekrar edeceği seçilir. Bu uygulamada '50' defa eğitimin tekrarlanması yeterli olmuştur. Son olarak da Train Now butonuna basıldığı zaman ANFIS verilere göre öğrenme işlemine başlamaktadır.



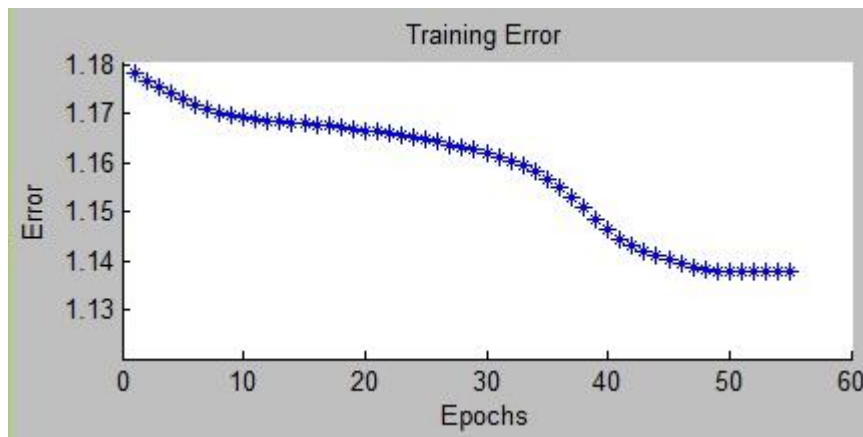
Şekil 3.4: ANFIS Training Error Ekranı.

ANFIS Training Error ekranını incelersek yaklaşık olarak 48. iterasyondan sonra hata değeri değişmemektedir ve tekrar etmektedir. İterasyon sayısı seçtiğimiz üyelik fonksiyonu sayısı ve üyelik fonksiyonu tipine göre değişiklik gösterebilir. Sol alt köşede yer alan Epoch 50 :error=1.1376 değeri ise 50 iterasyon karma öğrenme algoritmasıyla ile girdiler için seçilen 3'er üyelik fonksiyonu sayısı ve Gauss üyelik fonksiyonu tipine ve çıktı için seçilen linear fonksiyon tipine göre 1.1376 hata payı ile çıktı değerlerini doğru tahmin etmiştir. Burada Gauss üyelik fonksiyonu için yapılan işlemler her bir üyelik fonksiyonu için ayrı ayrı yaptığımızda Tablo3.1'deki hata değerlerini elde edilir.

Tablo 3.1: Üyelik Fonksiyonları Hata Değerleri.

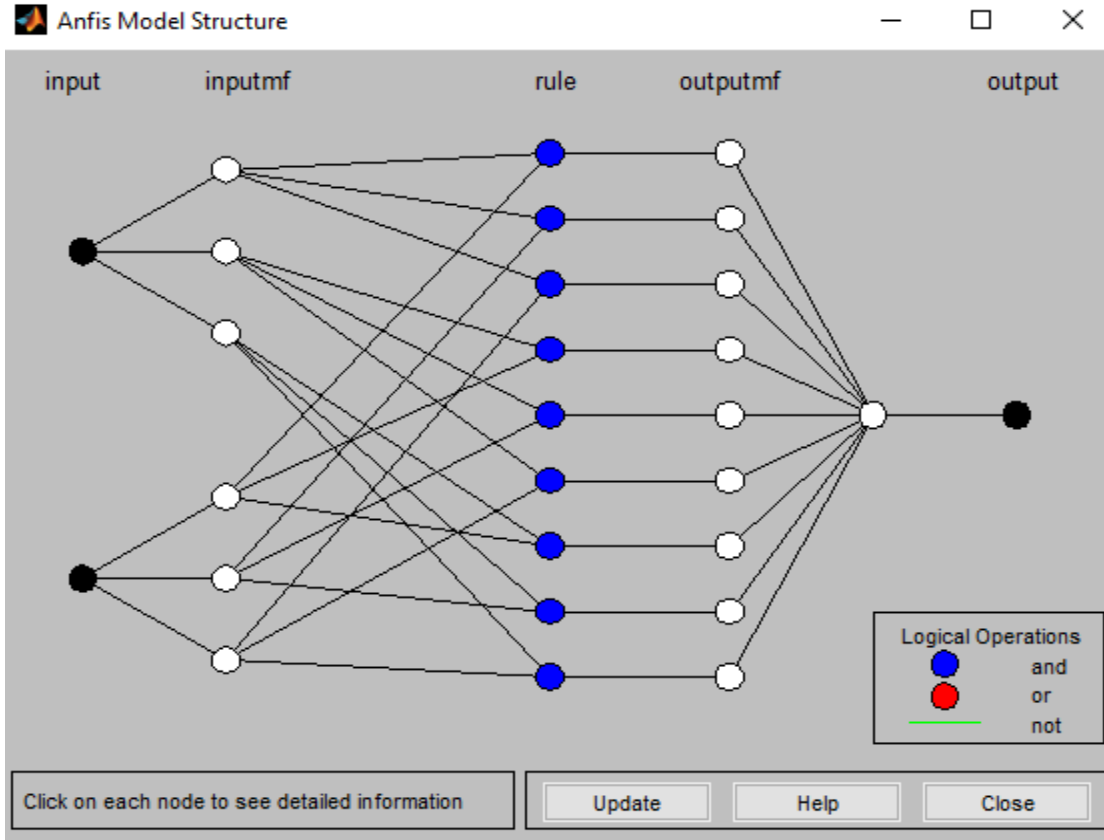
Üyelik Fonksiyonun Tipi	50 İterasyon Hata Değeri
Üçgen Üyelik Fonksiyonu (trimf)	1,2823
Yamuk Üyelik Fonksiyonu (trapmf)	1,2418
Genelleştirilmiş Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu (gbellmf)	1,1742
Gauss Üyelik Fonksiyonu (gaussmf)	1,1376
Gauss Kombinasyonu Üyelik Fonksiyonu (gauss2mf)	1,2006
Π Şeklindeki Üyelik Fonksiyonu (pimf)	1,2814
İki Sigmoid Üyelik Fonksiyonunun Arasındaki Farktan Oluşan Üyelik Fonksiyonu (dsigmf)	1,1723
İki Sigmoid Üyelik Fonksiyonunun Çarpımından Oluşan Üyelik Fonksiyonu (psigmf)	1,172

Tablo 3.1’yi incelersek en düşük hata değerine sahip olan 1,1376 değeriyle gauss üyelik fonksiyonunu uygulamamızın üyelik fonksiyonu tipi olarak belirlenmiştir. Şekil 3.5 te görülebileceği gibi hata değeri her iterasyondan sonra düşmektedir buda sistemin öğrenme becerisini gösteriyor ve yaklaşık olarak 47. iterasyondan sonra öğrenme işlemini tamamlamıştır.

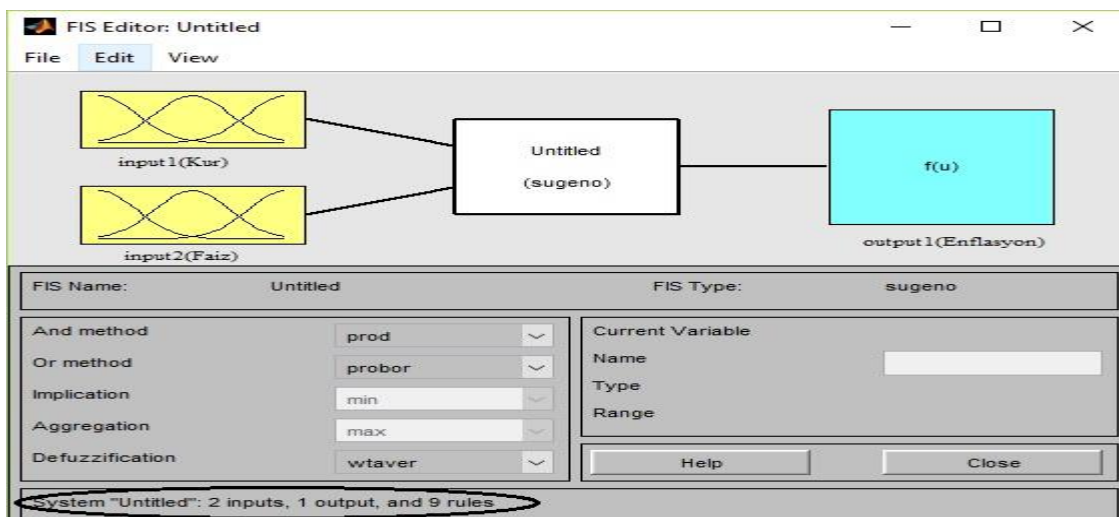


Şekil 3.5: Gauss Üyelik Fonksiyonu Hata Ekranı.

Oluşturduğumuz ANFIS modelinin mimari yapısı şekil 3.6’da gösterildiği gibidir. Mimari yapıda görüldüğü gibi 2 girdili ve 3 üyelik fonksiyonu atadığımız modelde 9 tane kural ve 9 tane çıktı üyelik fonksiyonunu sistem oluşturuyor.

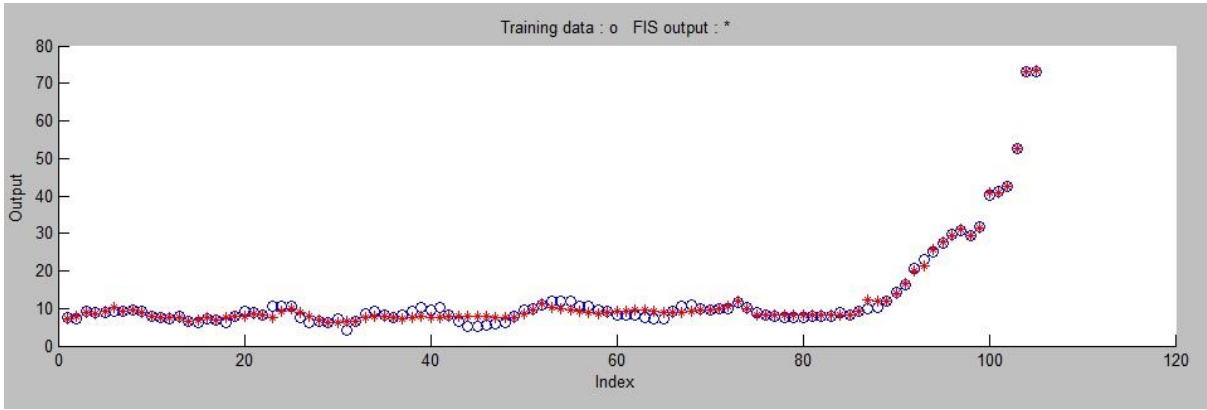


Şekil 3.6: ANFIS Model Mimari Yapısı.



Şekil 3.7: Bulanık Mantık Modeli.

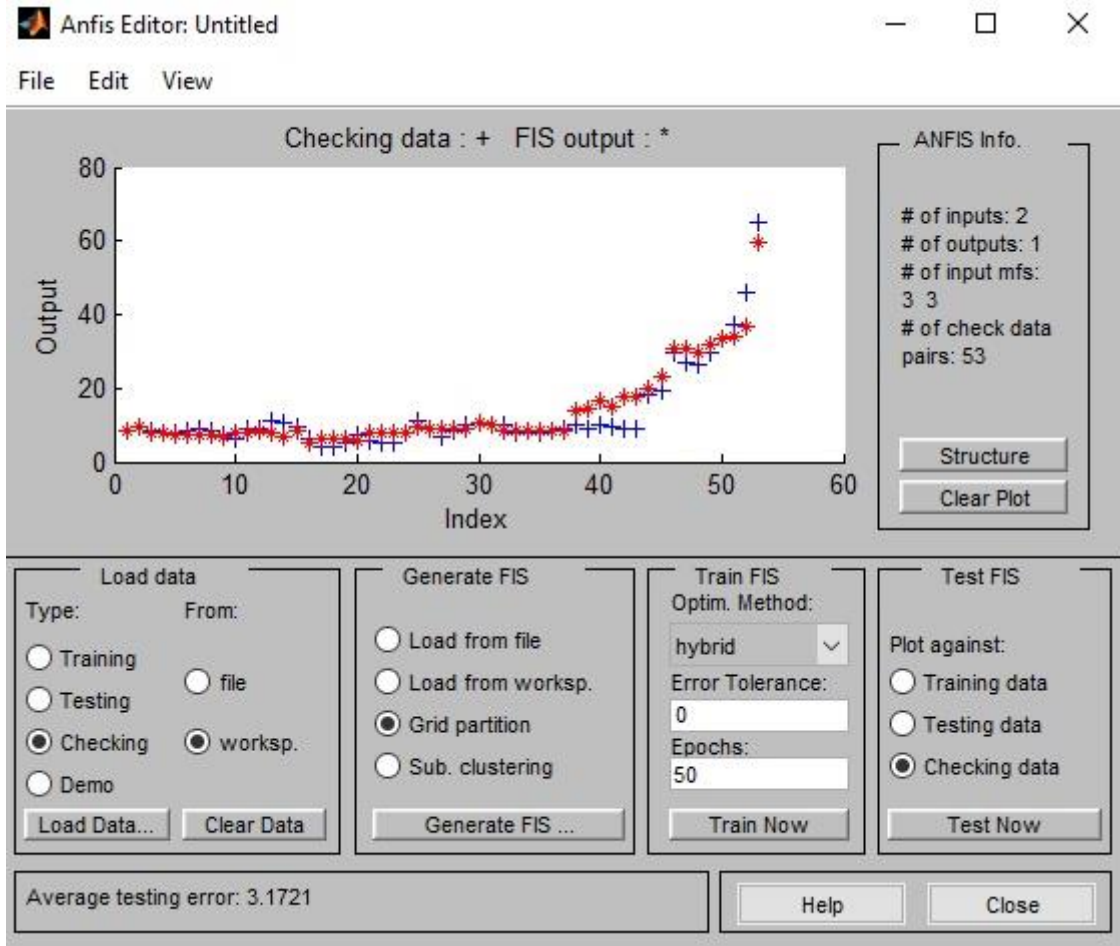
En uygun üyelik fonksiyonu tipini ve sayısını belirleyerek oluşturduğumuz modelimizi eğitim verileriyle eğitildi. Bu noktadan sonra artık modelimizin performansını ölçmek ve ne kadar doğru tahminde bulunduğunu irdelemek gerekmektedir. Modelimizi oluşturduğumuz eğitim ve test verileriyle, modelin oluşturduğu çıktı verileriyle grafiksel kıyaslama ile karşılaştıracğız. İlk olarak daha önce sisteme yüklediğimiz eğitim verisini kullanarak ANFIS editörün sol kısmında bulunan Test FİS kısmında Training data seçeneğı seçilir, Test Now butonuna basılır ve şekil 3.8'deki grafiksel gösterim elde edilir. Grafikteki gösterilen mavi yuvarlaklar gerçek değerleri temsil ediyor kırmızı yıldızlar ise modelimizin eğitim sonrası oluşturduğu çıktı değerlerini temsil ediyor.



Şekil 3.8: Eğitim Verisi ile Gerçek Değerle Tahmin Değerleri Karşılaştırılması.

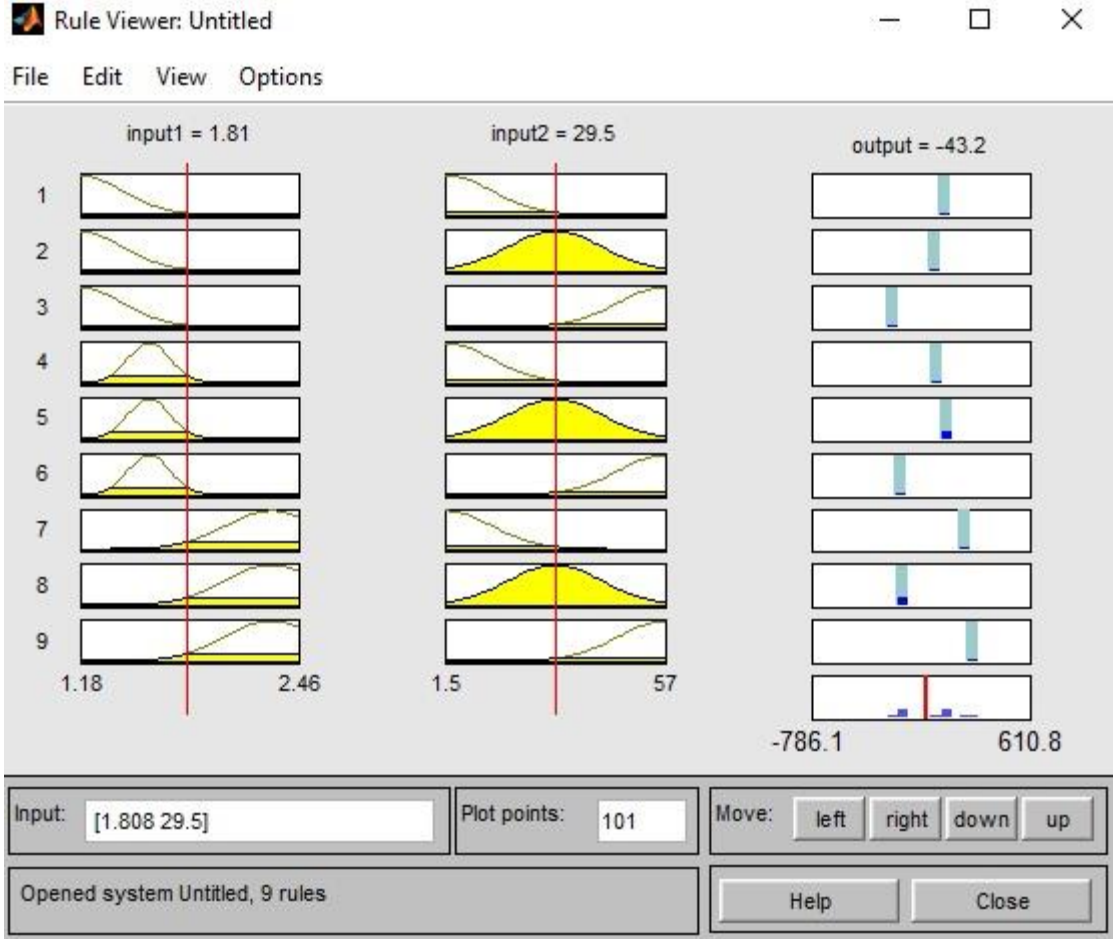
Grafikte mavi yuvarlaklarla kırmızı yıldızların kesişmesi modelin ne kadar iyi tahminde bulunduğunun göstergesidir. Aynı işlemi test verisi için yaparken ise ilk olarak load data kısmında Checkink ve worksp seçilerek Loada Data butonuna basılır ve gelen ekrana daha önce oluşturduğumuz test_data yazılır ve son olarak Test FİS kısmında Checking data seçeneğı seçilir, Test Now butonuna basılır ve Şekil 3.9'daki grafiksel gösterim elde edilir. Sol alt kısımda yer alan Everage testing error=3,1721 değeri RMSE değerini göstermektedir. RMSE değerini hesaplariken eğitim ve test değerlerini beraber değerlendirilmektedir.¹⁰⁸ Bu doğrultuda toplam verimizi 3.1721 hata ile öngörü yapmaktadır.

¹⁰⁸ Atakan YÜCEL, "Tedarikçi Seçimi Probleminde Bütünleşik Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı" (Yayınlanmış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi FBE, 2010), s.93.



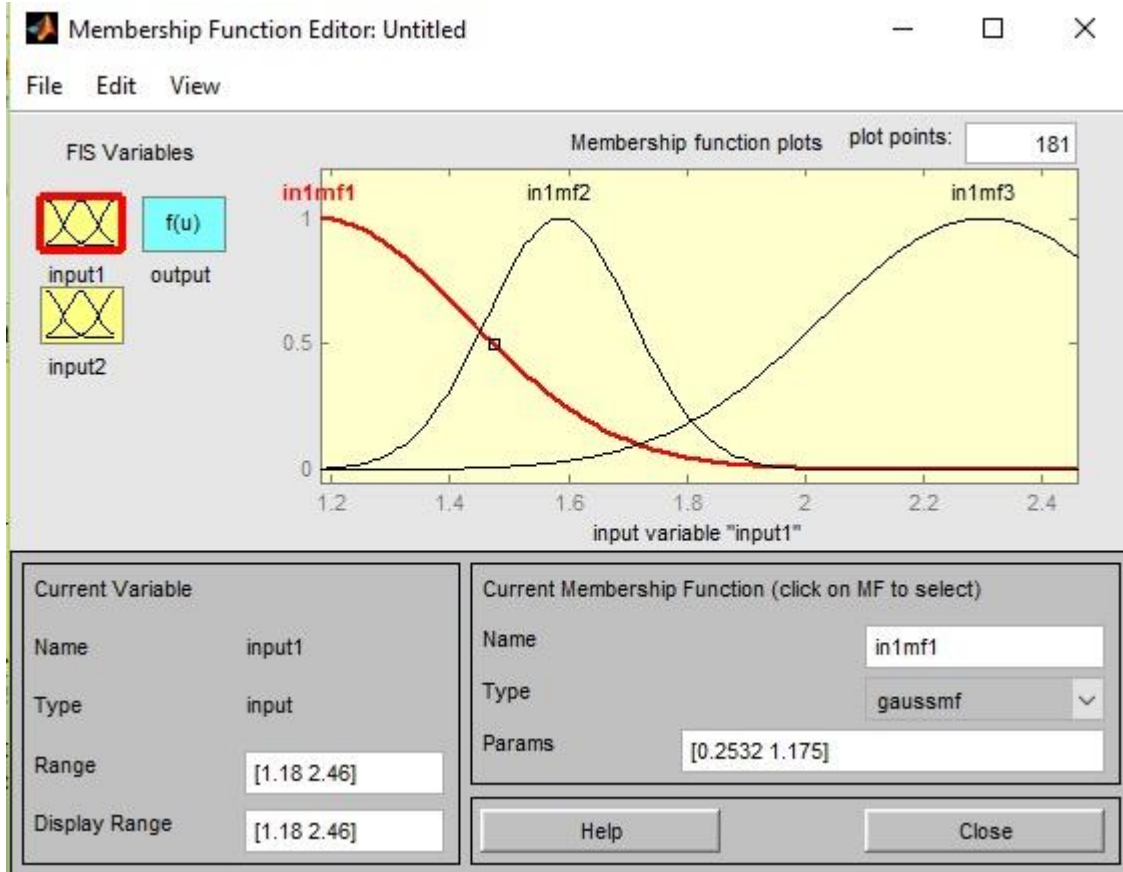
Şekil 3.9: Test Verisi ile Gerçek Değerle Tahmin Değerleri Karşılaştırılması.

Eğitim ve test aşamalarını yaptıktan sonra ANFIS editörün view sekmesinin altında rules'a tıkladığımız zaman Şekil 3.10'nu elde ederiz. Görüleceği gibi $3^2=9$ tane kural (3 üyelik fonksiyonu sayısı ve 2 ise girdi sayısıdır) ANFIS tarafından otomatik olarak oluşturulmuştur. Sol taraftaki iki sütun girdileri ve sağ taraftaki sütun ise çıktıyı temsil etmektedir. Sütunlar üzerindeki kırmızı çizgiyi sağa sola hareket ettirerek girdilerin değerlerini değiştirebiliriz bu doğrultuda eğittiğimiz modele göre çıktı değeri tekrardan hesaplanır.



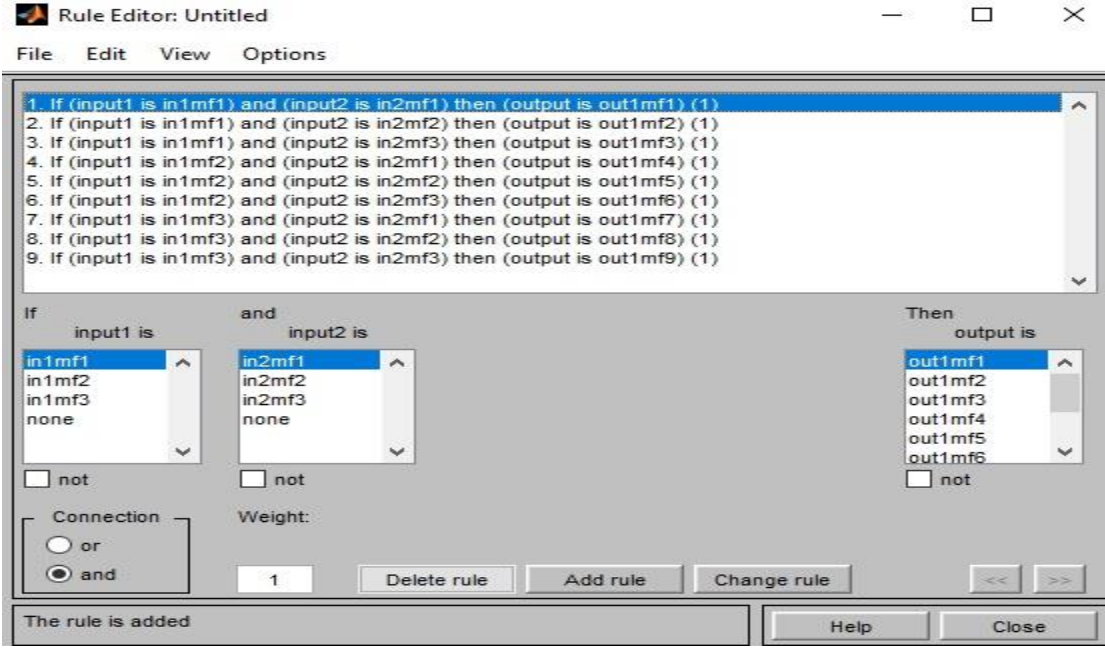
Şekil 3.10: ANFIS Modeli Kural Yapısı.

ANFIS editör ekranının sol üst köşesindeki Edit alt menüsünün altında yer alan Membership Functions seçeneği ile her bir girdi ve çıktı için ayrı ayrı yeni üyelik fonksiyonları oluşturulabilir. Şekil 3.11'deki ekranın Edit alt menüsünden Add MF seçeneği seçilerek yeni bir üyelik fonksiyonu oluşturulur. Oluşturulan üyelik fonksiyonunun Şekil 3.11 ekranın sağ alt köşesindeki name kısmına oluşturacağımız sözel değişkeni yazarız ve tipini belirleriz. Tanımlanan sözel ifadeler karşılık gelen değer veya değer aralığını params kısmında belirtilir. Oluşturulan üyelik fonksiyonları ve değer aralıkları alanında uzman kişiler tarafından belirlenir.



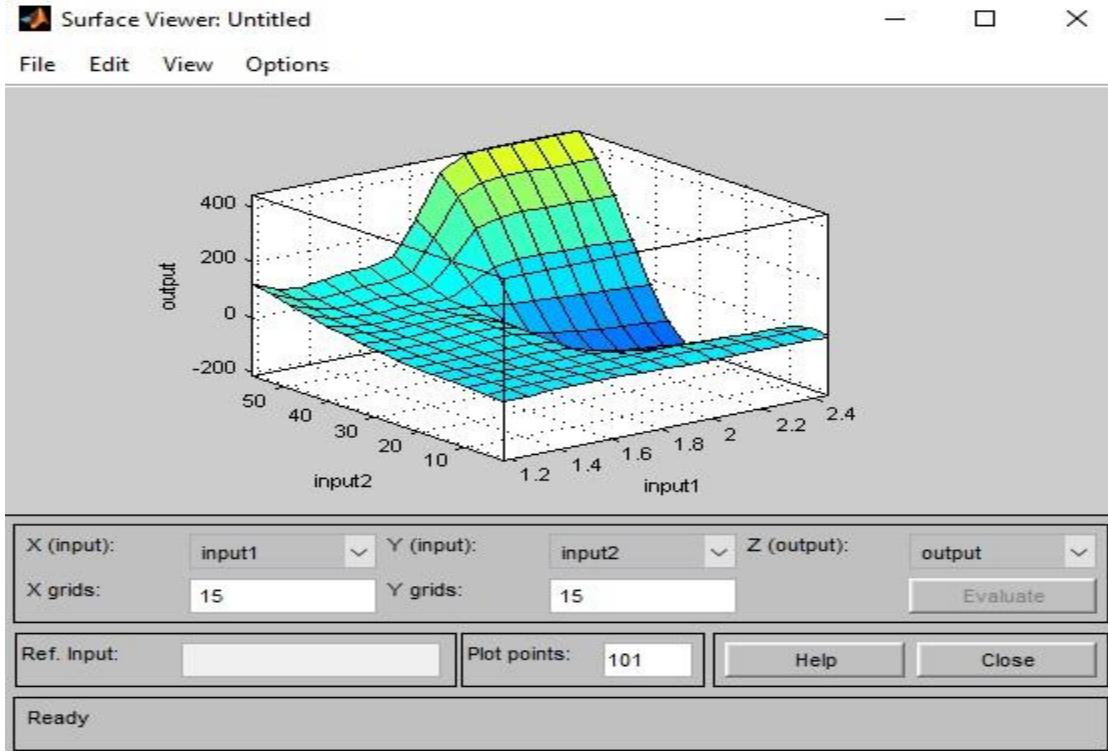
Şekil 3.11: Üyelik Fonksiyonu Ekranı.

Oluşturulan her bir üyelik fonksiyon Rule editör kısmında and (ve), or (veya) bağlaçları kullanılarak uzman kişi denetiminde yeni kurallar eklenebilir. Mevcut olan kurallar değiştirilebilir veya silinebilir. Şekil 3.12’de görüldüğü gibi girdiler için 3’er üyelik fonksiyonu ve çıktı için ise 9 üyelik fonksiyonu mevcuttur. Bu üyelik fonksiyonlarından yararlanılarak sistem bu problem için 9 tane kural oluşturmuştur. Kullanıcıya bağlı olarak oluşturulacak yeni üyelik fonksiyonları ile oluşturulan sözel denetçiler kullanarak kural sayısını artırabiliriz fakat bu uygulamada herhangi bir sözel denetçi kullanılmadı.



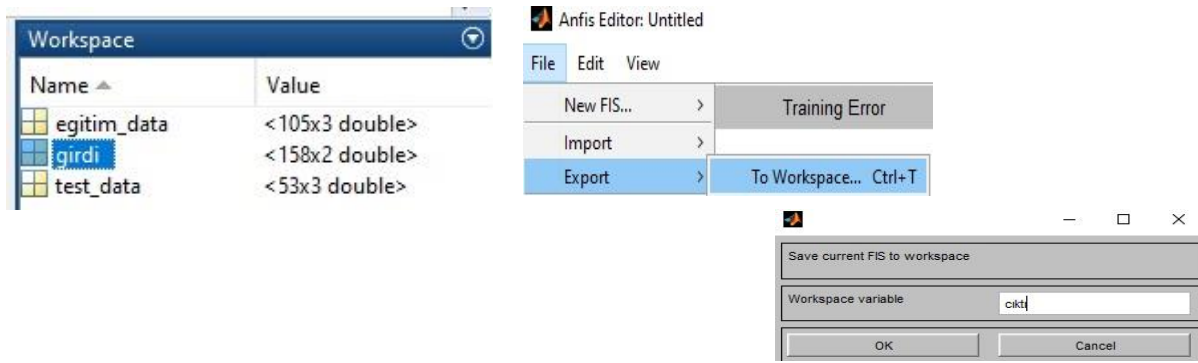
Şekil 3.12: Rule Editör Ekranı.

Bu uygulama için 3 boyutlu grafiksel gösterimi Şekil 3.13'deki gibidir.



Şekil 3.13: 3 Boyutlu Grafiksel Gösterim.

Tüm bu işlemlerden elde ettiğimiz çıktıları kod ekranında ‘evalfis’ komutu ile listeleyebiliriz. İlk olarak MATLAB ana ekranda verilerimizi yüklediğimiz workspace alanında ‘girdi’ adında yeni veri seti alanı oluşturulur. Oluşturulan ‘girdi’ alana girdilerin yani sadece kur ve faizin eğitim ve test verisine ayrılmadan önceki hali yüklenir ve 158x2 bir alan oluşur. İkinci aşamada ise ANFIS Editör ana ekranında File menüsü altı menüsünde yer alan ‘Export’ seçeneğinin altında yer alan ‘To Workspace’ seçilir ve gelen ekrana ‘cikti’ yazılır. ‘Workspace’ kısmında ‘cikti’ isminde yeni bir alan oluşmaktadır.



Şekil 3.14: ANFIS Çıktı Dosyası Oluşturma.

Kod ekranına;

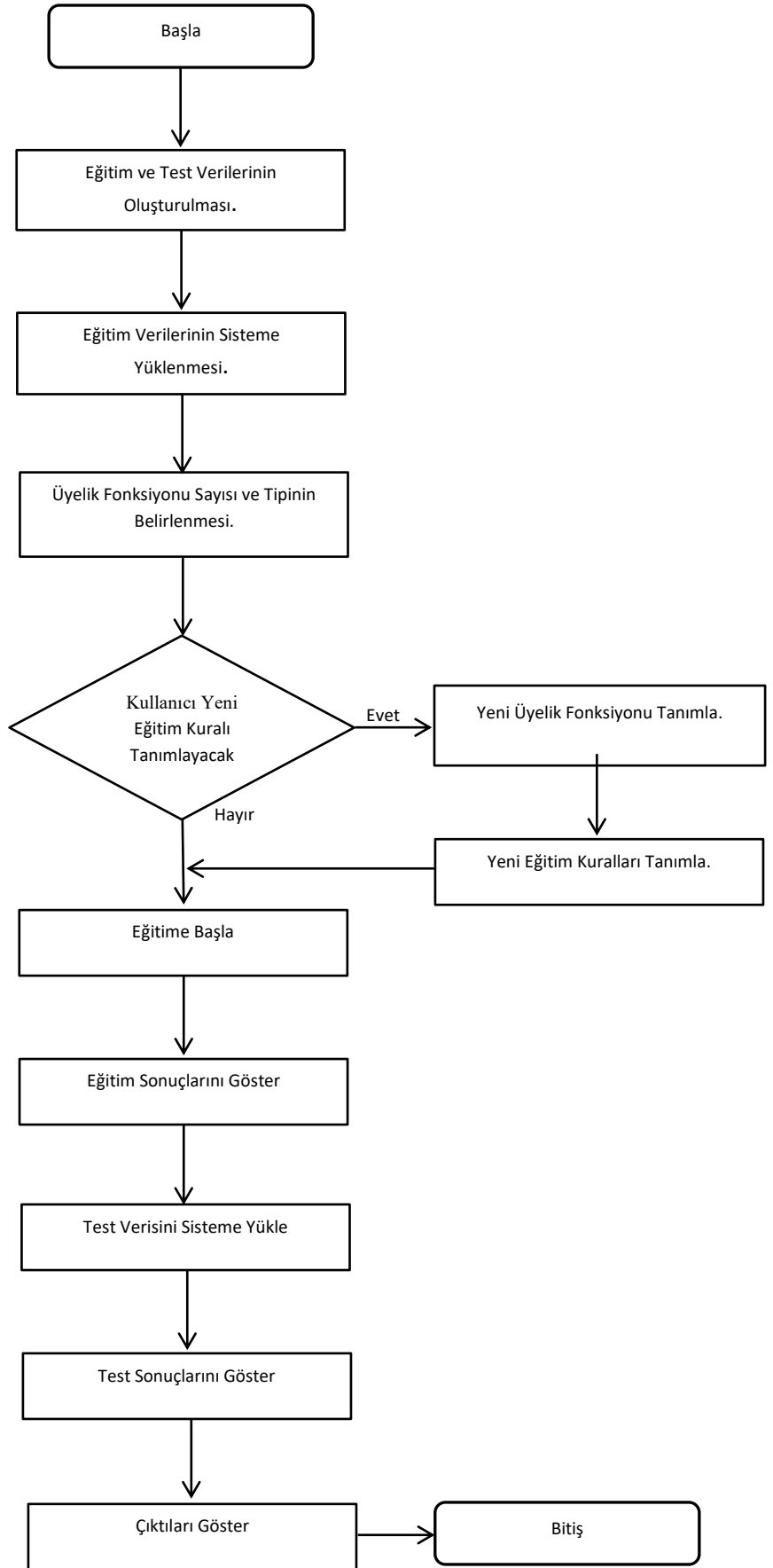
Evalfis (girdi, cikti)

Yazıldığında çıktılar sıralı olarak kod ekranda ve workspace kısmında çıktı değerlerini içeren ‘ans’ adında otomatik olarak bir alan oluşturulmaktadır.



Şekil 3.15: ANFIS Çıktı Ekranı.

Yapılan ANFIS modellemesinin algoritması aşağıdaki gibidir.



3.1.2 Regresyon Analizi ile Tahminde Bulunma.

ANFIS ile elde ettiğimiz sonuçları kıyaslayabilmek için aynı veri seti grubunu kullanarak klasik istatistiksel yöntemlerden olan Regresyon Analizi ile Enflasyon tahminde bulunacağız.

Hesaplamayı SPSS programından yararlanarak ANFIS’de kullandığımız eğitim veri setini kullanarak analiz yapılarak tahmin sonuçları ile Regresyon denklemini bulacağız. Test verilerini kullanarak ise Regresyon Modelimizin ne kadar tutarlı tahminde bulunduğunu test edilecektir.

Eğitim verilerini kullanarak oluşturduğumuz Regresyon modelimizin bağımlı değişkeni enflasyon ve bağımsız değişkenleri ise döviz kuru ile faizdir. SPSS ile yapılan Regresyon analizde modelin denklemi;

Tablo 3.2: Regresyon Modeli Katsayıları.

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-13,957	3,163		-4,413	,000
	kur	8,149	1,804	,196	4,517	,000
	faiz	,916	,041	,968	22,243	,000

a. Dependent Variable: enflasyon

$$y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2$$

Enflasyon = -13,957 + 8,149*kur + 0,916*faiz denklemini elde ederiz.

Elde edilen regresyon denklemi kullanılarak eğitim ve test veri seti için tahmin değerleri elde edilmiştir. Regresyon ve ANFIS ile elde ettiğimiz eğitim ve test tahmin değerleri ek 4 ve ek 5’te verilmiştir.

3.2 Tahmin Sonuçlarını Kıyaslaması

Elde ettiğimiz sonuçları kıyaslaya bilmemiz için istatistiksel değerlendirme kriterleri olan RMSE (hata kareler ortalamasının karekökü) ve MAPE (ortalama mutlak yüzde hatası)'sını kullanacağız.

Yapay sinir ağları (YSA) ve ANFIS gibi sinirsel ağların performansını değerlendirmede kullanılan en önemli kriterlerden biri olan RMSE aşağıdaki formül ile hesaplanır.¹⁰⁹ Burada 'n' gözlem sayısını, 'A_t' t'ninci gözlemin gerçek değerini ve F_t ise t'ninci tahmin değerinin göstermektedir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}$$

Diğer bir kıyaslama yöntemimiz olan MAPE tahmin ile gerçek değer farkının mutlak değerinin ortalamasının yüzde olarak hesaplanmasıdır. Aşağıdaki formül ile hesaplanır. Burada 'n' gözlem sayısını, 'A_t' t'ninci gözlemin gerçek değerini ve F_t ise t'ninci tahmin değerinin göstermektedir.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right|$$

Elde edilen tahmin değerleri ile gerçek değerleri kullanarak MAPE ve RMSE excel'den yararlanarak hesaplandı.

¹⁰⁹ Jequirim, S., Diğerleri, "The use of Fuzzy Logic and Neural Networks Models for Sensory Properties Prediction from Process and Structure Parameters of Knitted Fabrics", **Journal of Intelligent Manufacturing**, 2009.

3.3 Karşılaştırma Sonuçları

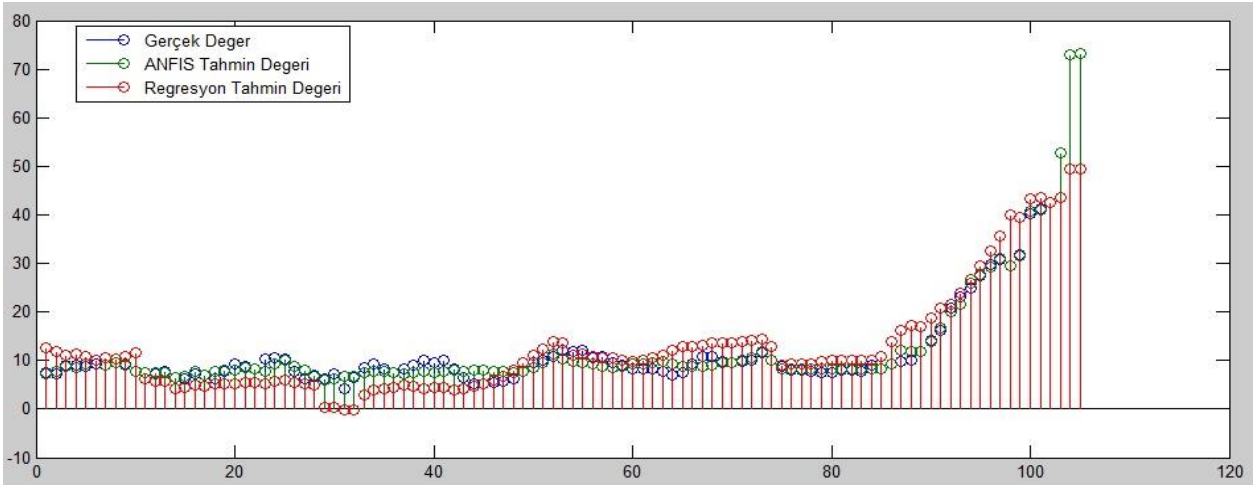
ANFIS ve Regresyon analizini kullanarak elde ettiğimiz Enflasyon tahminlerinden hangisinin daha iyi tahminde bulunduğu karar vermek için kullandığımız RMSE ve MAPE değerleri Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3: RMSE ve MAPE Karşılaştırması.

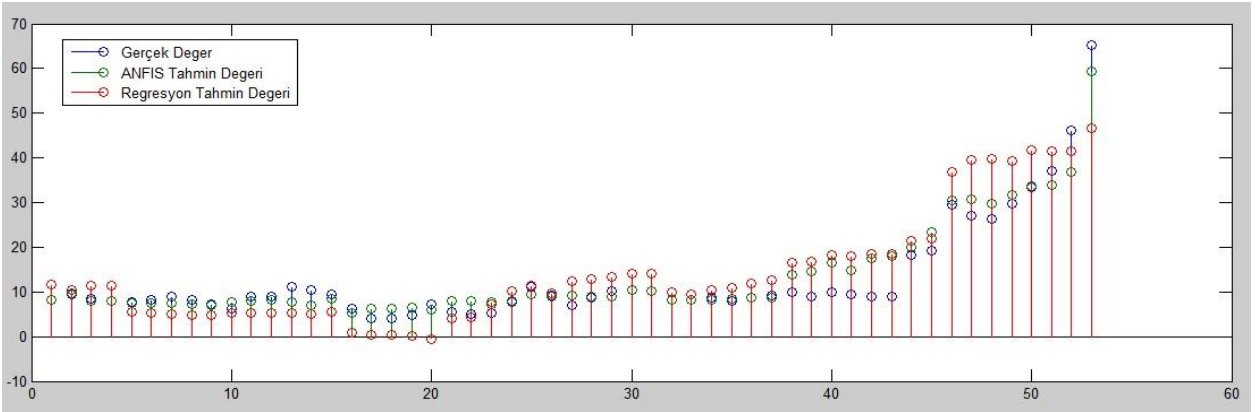
	Eğitim Verisi		Test Verisi	
	ANFIS	Regresyon	ANFIS	Regresyon
RMSE	1,1375	4,8716	3,1720	5,9168
MAPE	0,1004	0,3169	0,2101	0,4423
1-MAPE	0,8996	0,6831	0,7899	0,5577

Tablo 3.3'ü incelersek eğitim verisi için ANFIS MAPE değeri 0,1004 olarak hesaplanmış yani yaklaşık %10 hata payı ile doğru tahminde bulunduğunu gösteriyor bir başka deyişle yaklaşık %90 oranında doğru tahminde bulunduğunu söyleyebiliriz. Test verisi için ise ANFIS'in %21 oranında hata payı ile tahmininde bulunduğunu görmekteyiz. Regresyon Analizini incelediğimiz zaman eğitim verisi için MAPE değeri 0,3169 olarak hesaplanmıştır yani yaklaşık olarak %31 oranında hata payı ile tahminde bulunduğunu gösteriyor. Test verisi için MAPE değeri ise 0,4423 yani yaklaşık olarak %44 oranında hata payı ile doğru tahminde bulunmuştur. MAPE değerlendirme kriterine göre ANFIS Regresyon Analizine göre çok daha iyi bir tahmin performansı gösterdiğini söyleyebiliriz.

Gerçek değer ile tahmin edilen değeri farkının ortalamasını karekökü olan RMSE değerlerine bakıldığında ; eğitim verisi için ANFIS 1,1375 olarak ve Regresyon Analizi ise 4,8716 olarak hesaplanmıştır. Test verisi için bakıldığında ANFIS 3,1720 değeri ve Regresyon Analizi için ise 5,9168 değeri hesaplanmıştır. RMSE değeri 0 yaklaştıkça daha iyi tahmin sonuçları elde edilir. Bu doğrultuda hem eğitim verisi için hem de test verisi için ANFIS daha tutarlı tahminde bulunduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 3.16: Eğitim Veri İçin Gerçek Değerle Tahmin Değerleri Karşılaştırması.



Şekil 3.17: Test Veri İçin Gerçek Değerle Tahmin Değerleri Karşılaştırması.

Şekil 3.16 ve Şekil 3.17 incelerseniz gerçek değerlere en yakın ANFIS tahminleri olduğu ve ANFIS metodunun Regresyona Analizine göre daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüz dünyasında her geçen gün değişen problemler ve belirsizlik altında karar vermek oldukça zorlu bir süreç haline gelmektedir. Karar alma süreçleri ülke ekonomileri için hassas bir yapıya sahiptir. Ülke ekonomilerinde karar alıcıların ilgilendiği en önemli makro ekonomik problemlerden biri enflasyondur. Ülke ekonomilerinin güçlü bir yapıda olabilmesi için enflasyon oldukça fazla önem arz etmektedir. Pek çok ülke kısa ve uzun vadeli makro ekonomik planlama yapabilmesi ve gelecekteki riskleri minimize edebilmesi için enflasyon öngörüsüne ihtiyaç duymaktadır. Bu noktada enflasyonu öngörebilmek için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada klasik istatistiksel analiz yöntemlerinden olan Regresyon Analizi ile her geçen gün gelişmekte olan Bulanık Mantık çıkarım yöntemlerinden olan ANFIS'i kullanarak öngörüler elde edilmiş ve hangi yöntemin daha iyi sonuçlar elde ettiği test edilmiştir.

Pek çok alanda geriye dönük veriler kullanılarak tahminde bulunmak ve tahminler doğrultusunda optimum karar vermek değişen ve gelişen şartlar altında daha önemli bir konuma gelmektedir. Bu doğrultuda hem klasik istatistiksel yöntemlerle hem de gelişen teknoloji ile birlikte veriler arasındaki ilişkilerden yararlanılarak ve öğrenme algoritmaları kullanılarak makinelerin öğrenmesi sağlanıp tahminde bulunabilmekte ve gelişen tahmin etme yöntemleriyle teknolojinin birleşmesi ile birlikte daha tutarlı tahminler elde edilmeye çalışılmaktadır.

Modern çıkarım yöntemleri arasında yer alan ANFIS öngörü noktasında başarılı sonuçlar veren, mevcut problemlere uyum sağlayabilen bir yapıya sahiptir. Öğrenme işlemi sırasında eldeki verilerden yararlanarak sistemin kendi oluşturduğu kurallar çerçevesinde öğrenebildiği gibi uzman kişiler tarafında eğer-ise dilsel ifadeleri kullanılarak kural tabanına yeni kurallar eklenebilir. Böylece sistem açık bir yapıya sahip olduğundan dışarıdan müdahale edilmesine imkan sağlamaktadır. ANFIS'in, hem öğrenebilme yetisi hem de dışarıda müdahaleye açık bir yapıda olması diğer klasik yöntemlerden ayıran belirgin özelliklerindedir.

Enflasyon tahmin edilebilirliği önemli bir iktisadi problemdir. Enflasyonu etkileyen ana nedenlerden olan faiz ve kur(\$) parametreleri ile enflasyon arasındaki sebep sonuç ilişkisinden yararlanarak Regresyon Analizi ve ANFIS kullanılarak tahminler elde

edilmiştir. Elde edilen tahminlerin bir biriyle karşılaştırıp hangisinin daha tutarlı sonuçlar verdiğini MAPE ve RMSE hata istatistikleri kullanılarak karar verilmiştir.

2002 Ocak ve 2015 Şubat tarihleri arasındaki enflasyon, kur ve faiz veri setini kullanarak elde edilen tahminler sonucunda hesaplanan MAPE ve RMSE hata ölçütlerine göre ANFIS'in Regresyon Analizine göre daha gerçeğe yakın enflasyon tahminlerinde bulunduğu görülmüştür.

Enflasyonun oluşmasına sebebiyet verdiği varsayılan faiz ve kur verilerinden yararlanılarak elde ettiğimiz tahmin sonuçlarını Ek-4 (Eğitim verisi tahmin değerleri), Ek-5 (Test verisi tahmin değerleri) incelersek ve Tablo:3.3'deki RMSE ile MAPE test istatistikleri baz alındığında, ANFIS ile başarılı sayılacak tahmin sonuçlar elde edildiği söylenebilir. Bu noktada ANFIS kullanılarak gelecekte oluşabilecek enflasyon hakkında bir öngörüde bulunulabilir. Literatürü incelediğimi zaman, enflasyon öngörüsünde hangi yöntemi kullanırsak kullanalım yüksek oranda başarı yakalamak oldukça zordur ve asıl olarak yapılması gereken hata payını minimize etmektir.

Literatüre ve yaptığımız çalışmaya göre ANFIS sebep sonuç analizlerinde etkili bir çıkarım sistemi olduğunu söyleyebiliriz. Bununla beraber ANFIS kullanarak birden fazla bağımsız değişken ile yapılan analizlerde hangi değişkenin sonuca daha fazla etki ettiğini de test edilebiliriz. Bu doğrultuda özellikle son zamanlarda ülkemizde, enflasyon oluşmasında faizde ki değişim mi ya da kurlarda ki hareketlilik mi daha etkili olduğu tartışılmaktadır. Bu kapsamda faiz ve kurun enflasyon üzerindeki etkisini ANFIS kullanılarak yapılacak analizlerle test edebiliriz.

Karar vericiler eldeki verilerden yararlanarak optimum karar vererek en iyi sonuca ulaşmak ister. Bu doğrultuda ANFIS ve Regresyon Analizini karşılaştırdığımız zaman yapılan bu çalışmada ve literatürdeki diğer çalışmalarda da ANFIS'in öngörü noktasında daha başarılı sonuçlar elde ettiği söylenilebilir. Belirsizlik altında karar vermede etkin bir

şekilde Bulanık Mantık Yöntemlerinden biri olan ANFIS'i kullanmak daha doğru karar almamızı katkıda bulunabilir.

ANFIS uygulamasında üyelik sayısı artırıldığı zaman hata oranı daha düşük sonuçlar elde ediliyordu fakat üyelik sayısını belirleme noktasında literatürde kesin bir ifade bulunamadı. Bu çalışmada üyelik sayısı deneme yanılma yöntemiyle artırıldığı zaman MATLAB uygulaması bir noktadan sonra işlemi sonlandırmakta ve kendini kapatmaktadır. Bu doğrultuda en iyi üyelik sayısını belirlemek için çalışmalar yapılabilir.

Bu çalışmada enflasyon tahmini yapılırken MATLAB'ın otomatik olarak oluşturduğu kural tabanı kullanıldı. İleriki çalışmalarda dilsel ifadeler olan eğer-ise ile ve-veya kural tabanı da kullanılarak enflasyon tahminde bulunulabilir. Bu noktada dilsel ifadeler kullanılarak kural tabanları oluşturulurken bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişki doğrultusunda karar verilmelidir.

EKLER

Ek-1 Veri Seti

VERİ SETİ			
Dönem	Döviz Kuru TL /\$	Politika Faizi	Tüfe Yıllık Değişim
Şubat 15	2,4597	7,25	7,55
Ocak 15	2,3369	7,5	7,24
Aralık 14	2,2969	7,5	8,17
Kasım 14	2,238	7,5	9,15
Ekim 14	2,2587	7,5	8,96
Eylül 14	2,213	7,5	8,86
Ağustos 14	2,1634	7,5	9,54
Temmuz 14	2,123	7,5	9,32
Haziran 14	2,121	8	9,16
Mayıs 14	2,0934	8	9,66
Nisan 14	2,1294	8	9,38
Mart 14	2,2191	8	8,39
Şubat 14	2,2139	8	7,89
Ocak 14	2,2272	8	7,75
Aralık 13	2,0667	3,5	7,4
Kasım 13	2,0267	3,5	7,32
Ekim 13	1,9913	3,5	7,71
Eylül 13	2,021	3,5	7,88
Ağustos 13	1,9635	3,5	8,17
Temmuz 13	1,9342	3,5	8,88
Haziran 13	1,8999	3,5	8,3
Mayıs 13	1,8301	3,5	6,51
Nisan 13	1,7991	4	6,13
Mart 13	1,8111	4,5	7,29
Şubat 13	1,7778	4,5	7,03
Ocak 13	1,7713	4,75	7,31
Aralık 12	1,7877	5	6,16
Kasım 12	1,7937	5	6,37
Ekim 12	1,8028	5	7,8
Eylül 12	1,803	5	9,19
Ağustos 12	1,7957	5	8,88
Temmuz 12	1,8127	5	9,07
Haziran 12	1,8232	5	8,87
Mayıs 12	1,8098	5	8,28
Nisan 12	1,7872	5	11,14

Mart 12	1,7895	5	10,43
Şubat 12	1,7583	5	10,43
Ocak 12	1,8413	5	10,61
Aralık 11	1,87	5	10,45
Kasım 11	1,8175	5	9,48
Ekim 11	1,8309	5	7,66
Eylül 11	1,8002	5	6,15
Ağustos 11	1,7561	5	6,65
Temmuz 11	1,6574	1,5	6,31
Haziran 11	1,6031	1,5	6,24
Mayıs 11	1,5751	1,5	7,17
Nisan 11	1,5219	1,5	4,26
Mart 11	1,5798	1,5	3,99
Şubat 11	1,5902	1,5	4,16
Ocak 11	1,5643	1,5	4,9
Aralık 10	1,5221	1,5	6,4
Kasım 10	1,4403	1,75	7,29
Ekim 10	1,4246	5,75	8,62
Eylül 10	1,4922	6,25	9,24
Ağustos 10	1,5097	6,5	8,33
Temmuz 10	1,5406	6,5	7,58
Haziran 10	1,5782	6,5	8,37
Mayıs 10	1,5469	6,5	9,1
Nisan 10	1,493	6,5	10,19
Mart 10	1,5335	6,5	9,56
Şubat 10	1,5155	6,5	10,13
Ocak 10	1,4732	6,5	8,19
Aralık 09	1,507	6,5	6,53
Kasım 09	1,4872	6,5	5,53
Ekim 09	1,4694	6,75	5,08
Eylül 09	1,4915	7,25	5,27
Ağustos 09	1,4869	7,75	5,33
Temmuz 09	1,5186	8,25	5,39
Haziran 09	1,5461	8,75	5,73
Mayıs 09	1,5569	9,25	5,24
Nisan 09	1,6076	9,75	6,13
Mart 09	1,7119	10,5	7,89
Şubat 09	1,663	11,5	7,73
Ocak 09	1,6021	13	9,5
Aralık 08	1,5441	15	10,06
Kasım 08	1,5956	16,25	10,76
Ekim 08	1,4969	16,75	11,99

Eylül 08	1,2383	16,75	11,13
Ağustos 08	1,1792	16,75	11,77
Temmuz 08	1,2131	16,75	12,06
Haziran 08	1,2343	16,25	10,61
Mayıs 08	1,2493	15,75	10,74
Nisan 08	1,3019	15,25	9,66
Mart 08	1,2439	15,25	9,15
Şubat 08	1,195	15,25	9,1
Ocak 08	1,1765	15,5	8,17
Aralık 07	1,178	15,75	8,39
Kasım 07	1,1905	16,25	8,4
Ekim 07	1,2008	16,75	7,7
Eylül 07	1,263	17,25	7,12
Ağustos 07	1,3154	17,5	7,39
Temmuz 07	1,2808	17,5	6,9
Haziran 07	1,321	17,5	8,6
Mayıs 07	1,3364	17,5	9,23
Nisan 07	1,3608	17,5	10,72
Mart 07	1,4081	17,5	10,86
Şubat 07	1,3969	17,5	10,16
Ocak 07	1,4271	17,5	9,93
Aralık 06	1,4316	17,5	9,65
Kasım 06	1,4577	17,5	9,86
Ekim 06	1,4811	17,5	9,98
Eylül 06	1,4816	17,5	10,55
Ağustos 06	1,4677	17,5	10,26
Temmuz 06	1,554	17,25	11,69
Haziran 06	1,601	15	10,12
Mayıs 06	1,4318	13,25	9,86
Nisan 06	1,336	13,25	8,83
Mart 06	1,3367	13,5	8,16
Şubat 06	1,3258	13,5	8,15
Ocak 06	1,333	13,5	7,93
Aralık 05	1,3518	13,5	7,72
Kasım 05	1,3606	13,75	7,61
Ekim 05	1,3577	14	7,52
Eylül 05	1,3404	14,25	7,99
Ağustos 05	1,3443	14,25	7,91
Temmuz 05	1,3386	14,25	7,82
Haziran 05	1,3602	14,25	8,95
Mayıs 05	1,3702	14,5	8,7
Nisan 05	1,3618	15	8,18

Mart 05	1,3142	15,5	7,94
Şubat 05	1,3139	16,5	8,69
Ocak 05	1,3559	17	9,24
Aralık 04	1,401	18	9,32
Kasım 04	1,4502	20	9,79
Ekim 04	1,4906	20	9,86
Eylül 04	1,5054	20	9
Ağustos 04	1,4763	22	10,04
Temmuz 04	1,4544	22	9,57
Haziran 04	1,4954	22	8,93
Mayıs 04	1,5123	22	8,88
Nisan 04	1,363	22	10,18
Mart 04	1,3217	22	11,83
Şubat 04	1,3293	24	14,28
Ocak 04	1,3472	26	16,22
Aralık 03	1,4333	26	18,36
Kasım 03	1,4782	26	19,25
Ekim 03	1,4324	26	20,78
Eylül 03	1,3786	29	23
Ağustos 03	1,4029	32	24,91
Temmuz 03	1,404	35	27,44
Haziran 03	1,4254	38	29,76
Mayıs 03	1,4905	41	30,74
Nisan 03	1,6287	41	29,45
Mart 03	1,6687	44	29,41
Şubat 03	1,6278	44	27,01
Ocak 03	1,6636	44	26,38
Aralık 02	1,5965	44	29,75
Kasım 02	1,6055	44	31,77
Ekim 02	1,6554	46	33,45
Eylül 02	1,6523	46	37,05
Ağustos 02	1,6402	48	40,24
Temmuz 02	1,6623	48	41,28
Haziran 02	1,5342	48	42,6
Mayıs 02	1,3975	48	46,22
Nisan 02	1,3206	51	52,72
Mart 02	1,3579	54	65,11
Şubat 02	1,3577	57	73,08
Ocak 02	1,366	57	73,16

Ek-2 Eğitim Veri Seti

EĞİTİM VERİSİ			
Dönem	Döviz Kuru TL /\$	Politika Faizi	Tüfe Yıllık Değişim
Şubat 15	2,46	7,25	7,55
Ocak 15	2,34	7,5	7,24
Kasım 14	2,24	7,5	9,15
Ekim 14	2,26	7,5	8,96
Eylül 14	2,21	7,5	8,86
Temmuz 14	2,12	7,5	9,32
Haziran 14	2,12	8	9,16
Mayıs 14	2,09	8	9,66
Nisan 14	2,13	8	9,38
Ocak 14	2,23	8	7,75
Aralık 13	2,07	3,5	7,4
Kasım 13	2,03	3,5	7,32
Eylül 13	2,02	3,5	7,88
Mayıs 13	1,83	3,5	6,51
Nisan 13	1,8	4	6,13
Mart 13	1,81	4,5	7,29
Şubat 13	1,78	4,5	7,03
Aralık 12	1,79	5	6,16
Ekim 12	1,8	5	7,8
Eylül 12	1,8	5	9,19
Haziran 12	1,82	5	8,87
Mayıs 12	1,81	5	8,28
Mart 12	1,79	5	10,43
Ocak 12	1,84	5	10,61
Aralık 11	1,87	5	10,45
Ekim 11	1,83	5	7,66
Eylül 11	1,8	5	6,15
Ağustos 11	1,76	5	6,65
Haziran 11	1,6	1,5	6,24
Mayıs 11	1,58	1,5	7,17
Nisan 11	1,52	1,5	4,26
Aralık 10	1,52	1,5	6,4
Ekim 10	1,42	5,75	8,62
Eylül 10	1,49	6,25	9,24
Ağustos 10	1,51	6,5	8,33
Temmuz 10	1,54	6,5	7,58
Haziran 10	1,58	6,5	8,37

Mayıs 10	1,55	6,5	9,1
Nisan 10	1,49	6,5	10,19
Mart 10	1,53	6,5	9,56
Şubat 10	1,52	6,5	10,13
Ocak 10	1,47	6,5	8,19
Aralık 09	1,51	6,5	6,53
Eylül 09	1,49	7,25	5,27
Ağustos 09	1,49	7,75	5,33
Temmuz 09	1,52	8,25	5,39
Haziran 09	1,55	8,75	5,73
Nisan 09	1,61	9,75	6,13
Mart 09	1,71	10,5	7,89
Ocak 09	1,6	13	9,5
Aralık 08	1,54	15	10,06
Kasım 08	1,6	16,25	10,76
Ekim 08	1,5	16,75	11,99
Ağustos 08	1,18	16,75	11,77
Temmuz 08	1,21	16,75	12,06
Haziran 08	1,23	16,25	10,61
Mayıs 08	1,25	15,75	10,74
Nisan 08	1,3	15,25	9,66
Mart 08	1,24	15,25	9,15
Ocak 08	1,18	15,5	8,17
Aralık 07	1,18	15,75	8,39
Kasım 07	1,19	16,25	8,4
Ekim 07	1,2	16,75	7,7
Eylül 07	1,26	17,25	7,12
Ağustos 07	1,32	17,5	7,39
Mayıs 07	1,34	17,5	9,23
Nisan 07	1,36	17,5	10,72
Mart 07	1,41	17,5	10,86
Ocak 07	1,43	17,5	9,93
Aralık 06	1,43	17,5	9,65
Kasım 06	1,46	17,5	9,86
Ekim 06	1,48	17,5	9,98
Temmuz 06	1,55	17,25	11,69
Haziran 06	1,6	15	10,12
Nisan 06	1,34	13,25	8,83
Şubat 06	1,33	13,5	8,15
Ocak 06	1,33	13,5	7,93
Aralık 05	1,35	13,5	7,72
Kasım 05	1,36	13,75	7,61

Ekim 05	1,36	14	7,52
Eylül 05	1,34	14,25	7,99
Ağustos 05	1,34	14,25	7,91
Temmuz 05	1,34	14,25	7,82
Haziran 05	1,36	14,25	8,95
Nisan 05	1,36	15	8,18
Aralık 04	1,4	18	9,32
Kasım 04	1,45	20	9,79
Nisan 04	1,36	22	10,18
Mart 04	1,32	22	11,83
Şubat 04	1,33	24	14,28
Ocak 04	1,35	26	16,22
Ekim 03	1,43	26	20,78
Eylül 03	1,38	29	23
Ağustos 03	1,4	32	24,91
Temmuz 03	1,4	35	27,44
Haziran 03	1,43	38	29,76
Mayıs 03	1,49	41	30,74
Mart 03	1,67	44	29,41
Kasım 02	1,61	44	31,77
Ağustos 02	1,64	48	40,24
Temmuz 02	1,66	48	41,28
Haziran 02	1,53	48	42,6
Nisan 02	1,32	51	52,72
Şubat 02	1,36	57	73,08
Ocak 02	1,37	57	73,16

Ek-3 Test Veri Seti

TEST VERİSİ			
Dönem	Döviz Kuru TL /\$	Politika Faizi	Tüfe Yıllık Değişim
Aralık 14	2,3	7,5	8,17
Ağustos 14	2,16	7,5	9,54
Mart 14	2,22	8	8,39
Şubat 14	2,21	8	7,89
Ekim 13	1,99	3,5	7,71
Ağustos 13	1,96	3,5	8,17
Temmuz 13	1,93	3,5	8,88
Haziran 13	1,9	3,5	8,3
Ocak 13	1,77	4,75	7,31
Kasım 12	1,79	5	6,37
Ağustos 12	1,8	5	8,88
Temmuz 12	1,81	5	9,07
Nisan 12	1,79	5	11,14
Şubat 12	1,76	5	10,43
Kasım 11	1,82	5	9,48
Temmuz 11	1,66	1,5	6,31
Mart 11	1,58	1,5	3,99
Şubat 11	1,59	1,5	4,16
Ocak 11	1,56	1,5	4,9
Kasım 10	1,44	1,75	7,29
Kasım 09	1,49	6,5	5,53
Ekim 09	1,47	6,75	5,08
Mayıs 09	1,56	9,25	5,24
Şubat 09	1,66	11,5	7,73
Eylül 08	1,24	16,75	11,13
Şubat 08	1,2	15,25	9,1
Temmuz 07	1,28	17,5	6,9
Haziran 07	1,32	17,5	8,6
Şubat 07	1,4	17,5	10,16
Eylül 06	1,48	17,5	10,55
Ağustos 06	1,47	17,5	10,26
Mayıs 06	1,43	13,25	9,86
Mart 06	1,34	13,5	8,16
Mayıs 05	1,37	14,5	8,7
Mart 05	1,31	15,5	7,94
Şubat 05	1,31	16,5	8,69
Ocak 05	1,36	17	9,24

Ekim 04	1,49	20	9,86
Eylül 04	1,51	20	9
Ağustos 04	1,48	22	10,04
Temmuz 04	1,45	22	9,57
Haziran 04	1,5	22	8,93
Mayıs 04	1,51	22	8,88
Aralık 03	1,43	26	18,36
Kasım 03	1,48	26	19,25
Nisan 03	1,63	41	29,45
Şubat 03	1,63	44	27,01
Ocak 03	1,66	44	26,38
Aralık 02	1,6	44	29,75
Ekim 02	1,66	46	33,45
Eylül 02	1,65	46	37,05
Mayıs 02	1,4	48	46,22
Mart 02	1,36	54	65,11

Ek-4 Eğitim Verisi Tahmin Değerleri

EĞİTİM VERİSİ TAHMİN DEĞERLERİ			
Dönem	Gerçek Enflasyon Değeri	ANFIS Tahmin Değeri	Regresyon Tahmin Değeri
Şubat 15	7,550	7,185	12,730
Ocak 15	7,240	7,799	11,981
Kasım 14	9,150	8,871	11,166
Ekim 14	8,960	8,657	11,329
Eylül 14	8,860	9,194	10,921
Temmuz 14	9,320	10,166	10,188
Haziran 14	9,160	9,126	10,646
Mayıs 14	9,660	9,506	10,401
Nisan 14	9,380	9,000	10,727
Ocak 14	7,750	7,746	11,542
Aralık 13	7,400	7,508	6,117
Kasım 13	7,320	7,540	5,791
Eylül 13	7,880	7,548	5,709
Mayıs 13	6,510	6,494	4,161
Nisan 13	6,130	6,794	4,374
Mart 13	7,290	7,678	4,914
Şubat 13	7,030	6,984	4,669
Aralık 12	6,160	7,694	5,209
Ekim 12	7,800	7,974	5,290
Eylül 12	9,190	7,974	5,290
Haziran 12	8,870	8,589	5,453
Mayıs 12	8,280	8,274	5,372
Mart 12	10,430	7,694	5,209
Ocak 12	10,610	9,225	5,616
Aralık 11	10,450	10,062	5,861
Ekim 11	7,660	8,909	5,535
Eylül 11	6,150	7,974	5,290
Ağustos 11	6,650	7,029	4,964
Haziran 11	6,240	6,090	0,455
Mayıs 11	7,170	6,295	0,292
Nisan 11	4,260	6,622	-0,197
Aralık 10	6,400	6,622	-0,197
Ekim 10	8,620	7,602	2,881
Eylül 10	9,240	7,837	3,909
Ağustos 10	8,330	7,764	4,301
Temmuz 10	7,580	7,567	4,546
Haziran 10	8,370	7,285	4,872
Mayıs 10	9,100	7,497	4,627
Nisan 10	10,190	7,866	4,138

Mart 10	9,560	7,636	4,464
Şubat 10	10,130	7,702	4,383
Ocak 10	8,190	7,930	3,975
Aralık 09	6,530	7,764	4,301
Eylül 09	5,270	7,934	4,825
Ağustos 09	5,330	7,964	5,283
Temmuz 09	5,390	7,807	5,986
Haziran 09	5,730	7,656	6,688
Nisan 09	6,130	7,562	8,093
Mart 09	7,890	7,677	9,595
Ocak 09	9,500	8,608	10,988
Aralık 08	10,060	9,509	12,331
Kasım 08	10,760	11,235	13,965
Ekim 08	11,990	10,308	13,608
Ağustos 08	11,770	9,896	11,001
Temmuz 08	12,060	9,621	11,245
Haziran 08	10,610	9,229	10,950
Mayıs 08	10,740	8,918	10,655
Nisan 08	9,660	8,534	10,605
Mart 08	9,150	8,825	10,116
Ocak 08	8,170	9,210	9,856
Aralık 07	8,390	9,338	10,085
Kasım 07	8,400	9,533	10,624
Ekim 07	7,700	9,714	11,164
Eylül 07	7,120	9,341	12,111
Ağustos 07	7,390	8,872	12,828
Mayıs 07	9,230	8,770	12,991
Nisan 07	10,720	8,745	13,154
Mart 07	10,860	9,114	13,562
Ocak 07	9,930	9,437	13,725
Aralık 06	9,650	9,437	13,725
Kasım 06	9,860	10,062	13,969
Ekim 06	9,980	10,536	14,132
Temmuz 06	11,690	11,832	14,474
Haziran 06	10,120	9,983	12,820
Nisan 06	8,830	8,314	9,099
Şubat 06	8,150	8,329	9,246
Ocak 06	7,930	8,329	9,246
Aralık 05	7,720	8,301	9,409
Kasım 05	7,610	8,282	9,720
Ekim 05	7,520	8,280	9,949
Eylül 05	7,990	8,323	10,015
Ağustos 05	7,910	8,323	10,015
Temmuz 05	7,820	8,323	10,015

Haziran 05	8,950	8,280	10,178
Nisan 05	8,180	8,301	10,865
Aralık 04	9,320	9,238	13,938
Kasım 04	9,790	12,238	16,178
Nisan 04	10,180	11,845	17,276
Mart 04	11,830	11,782	16,950
Şubat 04	14,280	13,959	18,864
Ocak 04	16,220	16,662	20,859
Ekim 03	20,780	19,929	21,510
Eylül 03	23,000	21,511	23,851
Ağustos 03	24,910	25,828	26,762
Temmuz 03	27,440	27,770	29,510
Haziran 03	29,760	29,280	32,502
Mayıs 03	30,740	31,137	35,739
Mart 03	29,410	29,508	39,953
Kasım 02	31,770	31,487	39,464
Ağustos 02	40,240	40,761	43,373
Temmuz 02	41,280	40,920	43,536
Haziran 02	42,600	42,427	42,476
Nisan 02	52,720	52,697	43,513
Şubat 02	73,080	72,973	49,335
Ocak 02	73,160	73,299	49,416

Ek-5 Test Verisi Tahmin Değerleri

TEST VERİSİ TAHMİN DEĞERLERİ			
Dönem	Gerçek Enflasyon Değeri	ANFIS Tahmin Değeri	Regresyon Tahmin Değeri
Aralık 14	8,170	8,228	11,660
Ağustos 14	9,540	9,733	10,510
Mart 14	8,390	7,871	11,460
Şubat 14	7,890	7,996	11,380
Ekim 13	7,710	7,564	5,470
Ağustos 13	8,170	7,559	5,220
Temmuz 13	8,880	7,500	4,980
Haziran 13	8,300	7,344	4,730
Ocak 13	7,310	7,019	4,820
Kasım 12	6,370	7,694	5,210
Ağustos 12	8,880	7,974	5,290
Temmuz 12	9,070	8,274	5,370
Nisan 12	11,140	7,694	5,210
Şubat 12	10,430	7,029	4,970
Kasım 11	9,480	8,589	5,450
Temmuz 11	6,310	5,304	0,940
Mart 11	3,990	6,295	0,290
Şubat 11	4,160	6,197	0,370
Ocak 11	4,900	6,460	0,130
Kasım 10	7,290	5,975	-0,620
Kasım 09	5,530	7,866	4,140
Ekim 09	5,080	7,963	4,210
Mayıs 09	5,240	7,647	7,230
Şubat 09	7,730	7,956	10,100
Eylül 08	11,130	9,342	11,490
Şubat 08	9,100	9,003	9,790
Temmuz 07	6,900	9,226	12,500
Haziran 07	8,600	8,872	12,830
Şubat 07	10,160	8,988	13,480
Eylül 06	10,550	10,536	14,130
Ağustos 06	10,260	10,296	14,050
Mayıs 06	9,860	8,229	9,830
Mart 06	8,160	8,316	9,330
Mayıs 05	8,700	8,268	10,490
Mart 05	7,940	8,516	10,920
Şubat 05	8,690	8,681	11,830
Ocak 05	9,240	8,596	12,700
Ekim 04	9,860	13,811	16,510
Eylül 04	9,000	14,583	16,670

Ağustos 04	10,040	16,449	18,260
Temmuz 04	9,570	14,904	18,010
Haziran 04	8,930	17,464	18,420
Mayıs 04	8,880	17,949	18,500
Aralık 03	18,360	19,929	21,510
Kasım 03	19,250	23,398	21,920
Nisan 03	29,450	30,572	36,880
Şubat 03	27,010	30,773	39,630
Ocak 03	26,380	29,764	39,870
Aralık 02	29,750	31,818	39,390
Ekim 02	33,450	33,724	41,710
Eylül 02	37,050	33,798	41,620
Mayıs 02	46,220	36,837	41,420
Mart 02	65,110	59,330	46,590

KAYNAKÇA

- Acar, M., Işık, N., & Işık, B. (2004). Enflasyon ve Döviz Kuru İlişkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İ.B.F Dergisi*, 326.
- Advard, J. (Tarih Yok). *What-is-the-relationship-between-interest-rates-inflation-and-exchange-rates-in-an-economy*.
Www.Quaro.Com: <https://www.quora.com/What-is-the-relationship-between-interest-rates-inflation-and-exchange-rates-in-an-economy>
- Akdağ, M. (2015). Box-Jenkins ve Yapay Sinir Ağı Modelleri ile Enflasyon Tahmini. *Yükseklisans Tezi*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi FBE.
- Aksöyek, İ., & Yalçiner, K. (2011). Çözüm Problemleriyle Finansal Yönetim. *Bilgi Üniversitesi Yayınları*, 2.
- Aksöyek, İ., & Yalçiner, K. (2011). Çözüm Problemleriyle Finansal Yönetim. *Bilgi Üniversitesi Yayınları*, 9.
- Alacahan, N. (2011). Enflasyon Döviz Kuru İlişkisi ve Yansıma. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 50.
- Alper, E., & Uçer, M. (1998). Some Observations On Turkish Inflation: A "Random Walk" Down The Past Decade. *Stabilization In An Emerging Market: Case Of Turkey Conference, Bogazici University*, 9.
- Ataseven, B. (2013). Yapay Sinir Ağlarında Öngörü Modelleme. *Öneri*, 101.
- Ayçın, E., & Özveri, O. (2015). Bulanık Modelleme ile Tedarik Zinciri Performansının Değerlendirilmesi ve İmalat Sektöründe Bir Uygulama. *AKÜ İİBF Dergisi*, 53.
- Aydın, N. (2009). *Finans Matematiği*. Ankara: Deta Yayıncılık.
- Aydoğan, E. (2004). 1980 Den Günümüze Türkiye de Enflasyon Serüveni. *Yönetim ve Ekonomi Cilt 11 Sayı 1*, 93.
- Bell, J. (2015). *Machine Learning Hands-On For Developers And Technical Professionals*. Wiley Inc.

- Beukelman, T., & Brunner, H. (2016). *Textbook Of Pediatric Rheumatology*. Elsevier Inc.
- Bulut, E. & Demirel, B. (2012). *Uluslar Arası Para Sistemlerini Evrimi*,. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Çayıroğlu, İ. (Tarih Yok). *İleri Algoritma Analizi*. www.ibrahimcayiroglu.com:
<http://www.ibrahimcayiroglu.com/dokumanlar/ilerialgoritmaanalizi/ilerialgoritmaanalizi-5.hafta-yapaysiniraglari.pdf> .
- Dawson, G. (1992). *Inflation And Unemployment: Causes, Consequences and Cures*. England: Edward Elgar Puplishing.
- Demirgil, B., & Türkay, H. (2017). Türkiye'de Faiz Oranlarını Etkileyen Faktörler: Bir ARDL/Sınır Testi Uygulaması. *Gazi Üniversitesi İBF Dergisi*, 910.
- Doğan, S. (Tarih Yok). Türkiye'nin Makro Ekonomik Performansı ;Ocak Mayıs 2000. *Çimento İşveren Dergisi*, 3.
- Ducasse, S. (2018). *Coefficient Of Determination (R Squared)*. Www.Statisticshowto.Com:
<http://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/coefficient-of-determination-r-squared/>
- Eğilmez, M. (2007). *Kur Rejimleri ve Türkiye Uygulaması*. www.mahfiegilmez.com:
<http://www.mahfiegilmez.com/2012/10/kur-rejimleri-ve-turkiye-uygulamas>.
- Eğilmez, M. (2012, 09). *Kendime Yazılar*. www.mahfiegilmez.com:
<http://www.mahfiegilmez.com/2012/09/enflasyon.html>
- Eğilmez, M. (2013). *Merkez Bankası Faizleri ve Faiz Politikası*. www.mahfiegilmez.com:
<http://www.mahfiegilmez.com/2013/12/merkez-bankas-faizleri-ve-faiz-politikas.html>
- Eğilmez, M. (2015). *Talep Enflasyonu Mu Var Maliyet Enflasyonu Mu?*
www.mahfiegilmez..com: <http://www.mahfiegilmez.com/2015/01/talep-enflasyonu-mu-var-maliyet.html>
- Elmas, Ç. (2010). *Yapay Zeka Uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayınları.
- Erçevik, B. (2011). Döviz Kuru ve Faiz Oranının Dış Ticaret Üzerine Etkisi: Türkiye Uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Üniversitesi SBE.

- Erilli, N. A. (2012). Bulanık Sayıların Bulanık Kümeleme Analizinde Kullanımı ve Satranç Oyuncularının Sınıflandırılması. *Doktora Tezi*. Samsun: 19 Mayıs FBE.
- Ertuğrul, İ. (2006). Akademik Performans Değerlendirmede Bulanık Mantık Yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 155.
- Fırat, M. (2007). Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Havza Modellemesi. *Doktora Tezi*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi SBE.
- Girginer, N., & Yenilmez, F. (2005). Türkiyede Enflasyonun Ekonometrik Olarak İncelenmesi (1982-2002). *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Cilt: 6 Sayı:1*, 104.
- Gül, E., & Ekinci, A. (2006). Türkiye'de Enflasyon ve Döviz Kuru Arasındaki nedensellik ilişkisi: 1984 – 2003. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 92.
- Güner, N., & Çomak, E. (2014). Lise Öğrencilerinin Matematik Dersine Yönelik Tutumlarının Bulanık Mantık Yöntemi ile İncelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 190.
- Güneş, M., & İncekırık, A. (2016). Ege Bölgesinde Faaliyet Gösteren KOSGEB Kapsamındaki Farklı Ölçeklerdeki Şirketlerin (KOBİ) Bulanık Kümeleme Analizi ile Gruplandırılması. *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 22(4), 317.
- Gürünlü, Ö., & Vupa, Ö. (2008). Regresyon Analizinde Kullanılan En Küçük Kareler ve En Küçük Medyan Kareler Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Sdü Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 221-222.
- Hacımurtazaoğlu, M. (2013). Bulanık Mantık İle Manyetik Kilit Uygulaması. *XV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri Cilt 2,, (S. 684)*. Antalya.
- Had, A. (2012). *Regression Analysis By Example*. John Wiley & Sons Inc.
- Jang, R. (1993). Adaptive Network-Based Fuzzy Interference System. *IEEE*, 665-685.
- Jequirim, S., Dhouib, A., Sahnoun, M., Cheikhrouhou, M., Schacher, L., & Adolphe, D. (2009). The Use Of Fuzzy Logic And Neural Networks Models For Sensory Properties Prediction From Process And Structure Parameters Of Knitted Fabrics. *Journal Of Intelligent Manufacturing*.

- Kahvecioğlu, A., & Kıyak, E. (2003). Bulanık Mantık Ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 67.
- Karaali, F. Ç., & Ülengin, F. (2008). Yapay Sinir Ağları ve Bilinçsel Haritalar Kullanılarak İşsizlik Oranı Öngörü Çalışması. *İtüdergisi/D Mühendislik Cilt:7, Sayı:3,*, 19-20.
- Karan, M. B. (2013). *Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Kenderli, S., & Çankaya, M. (2016). Döviz Kuru ve Enflasyonun Bist Banka Endeksi Üzerindeki Etkisi. *Manas Sosyal Araştırma Dergisi*, 216.
- Khouldy, S., & Sohrabian, A. (1990). Exchange Rates And Prices: Evidence From Granger Causality Test. *Journal Of Post Keynesian Economics*, 71-78.
- Kılıç, S. (2013). Doğrusal Regresyon Analizi. *Journal of Mood Disorders Volume: 3*, 90-91.
- Koç, S., & Ulucan, S. (2016). Finansal Bağırsızlıkların Tespitinde Kullanılan Altman Z Yöntemin Bulanık Mantık (ANFIS)Yöntemi İle Test Edilmesi. *Maliye Finans Yazıları*, 151.
- Köse, Z. (2016). Türkiye Ekonomisinde 2003-2014 Döneminde Ekonomik Büyüme İşsizlik ve Enflasyon İlişkisi. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi /Journal of Turkish Social Sciences Research Nisan Cilt: 1 Sayı: 1*, 65.
- Mathworks. (Tarih Yok). *What Is Mamdani Type Fuzzy*. mattwork.com: <https://uk.mathworks.com/help/fuzzy/what-is-mamdani-type-fuzzy-inference>.
- Narendra, K., & Parthasarathy, K. (1990). Identification And Control of Dynamical Systems Using Neural Networks. *IEEE Trans. On Neural Networks*, 14-27.
- Ok, Y., Atak, M., & Akçayol, M. (2011). Yalın Sinirsel Bulanık Bir Model ile İmkb 100 Endeksi Tahmini. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der Cilt 26 No 4*, 899-900.
- Orhan, O. & Erdoğan, S. (2015). *Para Poolitikası*. Kocaeli: Umuttepe.
- Orhunbilge, N. (2002). *Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon Analizi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Özçalık, H. R., Gani, A., Açıkgöz, H., & Keçecioğlu, F. (2014). Sürekli Miknatıslı Doğru Akım Motorunun Hız Denetiminde P1-Bulanık Mantık Tipi Denetim Yönteminin Başarımının İncelenmesi. *ISITES*, 364.

Öztürkcan, M. (2009). *Regresyon Analizi*. İstanbul: Maltepe Üniversitesi Yayınları.

Padyukow, L. (2014). *The Lins Of Genetic Code*. Elsvier İnc.

Pala, O. (2013). Bulanık Mantık ve Çok Kriterli Karar Verme Uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*. Dokuz Eylül Üniversitesi SBE.

Parasız, İ. (2009). *Para Banka ve Finansal Piyasalar*. Bursa: Ezgi Kitabevi.

Parasız, İ. (2012). *Para Teorisi ve Politikası*. İstanbul: Ezgi Kitabevi.

Paya, M. (2007). *Para Teorisi ve Para Politikası*. İstanbul: Filiz Kitabevi.

Paya, M. (2013). *Para Teorisi ve Para Politikası*. İstanbul: Filiz Kitabevi.

Sayılgan, G. (2011). *Soru ve Yanıtlarıyla İşletme Finansmanı*. Ankara: Turhan Kitabevi.

Seyidoğlu, H. (2002). *Ekonomik Terimler*. İstanbul: Güzem Can Yayınları.

Seyidoğlu, H. (2007). *Uluslararası İktisat*. İstanbul: Güzem Can Yayınları.

Sümbüloğlu, K., & Akdağ, B. (2007). *Regresyon Yöntemleri ve Kolerasyon Analizi*. Ankara: Hatipoğlu Yayınları.

Şen, Z. (2009). *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme*. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.

TCMB. (2010, 09 28). *Enflasyon 2004*. [www.tcmb.gov.tr:
http://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/b62e1fb7-ebc1-4922-99dc-
b3ba23320b9f/enflasyon.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-
B62e1fb7-Ebc1-4922-99dc-B3ba23320b9f-M5lk-1M](http://www.tcmb.gov.tr:www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/b62e1fb7-ebc1-4922-99dc-b3ba23320b9f/enflasyon.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-B62e1fb7-Ebc1-4922-99dc-B3ba23320b9f-M5lk-1M)

TCMB. (2012). *Bülten*. Ankara.

TCMB. (2013). *Enflasyon ve Fiyat İstikrarı*. [www.tcbm.gov.tr:
http://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/22dbefd0-b9db-48ff-9f9f-
68835b673f8a/enflasyon_fiyatistikrari.pdf?MOD=AJPERES](http://www.tcmb.gov.tr:www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/22dbefd0-b9db-48ff-9f9f-68835b673f8a/enflasyon_fiyatistikrari.pdf?MOD=AJPERES)

- TÜİK. (2016). *Tüketici Fiyat Endeksi*. www.tuik.gov.tr:
http://www.tuik.gov.tr/Pretablo.do?alt_id=1014
- TÜİK. (2016, 12 14). *Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi (Yİ-ÜFE)*. www.tuik.gov.tr:
http://www.tuik.gov.tr/Pretablo.do?alt_id=107
- Uysal, Y. (2007). Türkiye’de Enflasyon: Sektörel Kaynakları ve İç Ticaret Hadleri’. *Finans Politik& Ekonomik Yorumlar Cilt: 44 Sayı:508, 24*.
- Ünsal, E. (2003). *Makro İktisat*. Ankara: Turhan Kitabevi.
- Ünsal, S., & Alışkan, İ. (2016). Madani ve Takagi-Sugeno Çıkarım Yöntemlerine Sahip Bulanık Mantık Denetçilerinin Özgün Yazılım ve Araç Kutusu Performans Analizi. *Elektrik Elektronik Biyomedikal Mühendisliği (ELECO) Ulusal Konferansı*, (S. 237). Bursa.
- Wolf, A., & Tayur, S. (1998). Reducing International Risk Through Quantity. *GSIA, Carnegie Mel Lon University Pittsburgh, PA 15213-3890, USA.*, 511-530.
- Yener, F. (2014). Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Nakliye Maliyetlerinin Hesaplanması. *ISITES*, 1459.
- Yıldırım, Y. (2014). Enflasyon ve Faiz Oran İlişkisi: Türkiye’de Fisher Etkisinin Gerçekliği” (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi SBE.
- Yıldız, Ş., & Kişoğlu, S. (2011). Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Hazır Giyimde Beden Numarası Belirleme. *E-Journal of New World Sciences Academy*.
- Yılmaz, M., & Arslan, E. (2005). Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması. *2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu Bildirisi*, (S. 515). İstanbul.
- Yılmaz, S. (2007). *Bulanık Mantık ve Mühendislik Uygulamaları*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Yayınları.
- Yılmaz, S. (2012). *Makroekonomik Teoride Yatırım Büyüme ve Enflasyon*. İstanbul: Beşir Kitabevi.
- Yücel, A. (2010). Tedarikçi Seçimi Probleminde Bütünleşik Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı. *Doktora Tezi*. Yıldız Teknik Üniversitesi FBE.

Yükseler, Z. (2004). *Türkiye'de Enflasyonist Süreç ve Etkileyen Faktörlere İlişkin Bir Değerlendirme*.

www.researchgate.com: <https://www.researchgate.net/publication/279884746>