



**T.C.**  
**TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**İŞLETME ANABİLİMDALI**  
**DOKTORA PROGRAMI**

**ÜRETİM MALİYETLERİNİN GRİ TAHMİN VE BULANIK  
MANTIK YÖNTEMLERİ İLE HESAPLANMASI: BİR TARIM  
İŞLETMESİ UYGULAMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**Reşid ÇİĞDEM**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa GÜL**

**TOKAT-2022**



T.C.  
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI

**ÜRETİM MALİYETLERİNİN GRİ TAHMİN VE BULANIK  
MANTIK YÖNTEMLERİ İLE HESAPLANMASI: BİR TARIM  
İŞLETMESİ UYGULAMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**Reşid ÇİĞDEM**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa GÜL**

**TOKAT-2022**

## BİLİMSEL ETİK SAYFASI

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa GÜL danışmanlığında hazırlamış olduğum " Üretim Maliyetlerinin Gri Tahmin Yöntemi Ve Bulanık Mantık Yöntemi İle Hesaplanması: Bir Tarım İşletmesi Uygulaması" adlı Doktora tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

... / ... / ...

Reşid ÇİĞDEM

İmza

## JÜRİ KABUL VE ONAY SAYFASI

**Reşid ÇİĞDEM** tarafından hazırlanan “**Üretim Maliyetlerinin Gri Tahmin Ve Bulanık Mantık Yöntemleri İle Hesaplanması: Bir Tarım İşletmesi Uygulaması**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 31/05/2022 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmzası

Üye (Başkan): .....

.....

Üye: .....

.....

Üye: .....

.....

Üye: .....

.....

Üye: .....

.....

ONAY

...../...../.....

Prof. Dr. Mehmet GÜNEŞ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bana yardımcı olan, desteğini ve yardımını esirgemeyen, motive ederek yol gösteren başta danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mustafa GÜL hocama, tez savunma jürimde yer alarak görüş ve önerileriyle tezime katkı sağlayan Prof. Dr. Mehmet DEMİR ve Dr. Öğr. Üyesi İsmail KABAN hocalarıma ve tez izleme jürimde yer alarak görüş ve önerileriyle yol gösterici olan ve manevi desteklerini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Yavuz ACUNGİL ve Dr. Öğr. Üyesi Atila KARKACIER hocalarıma en derin saygılarımı sunar ve teşekkür ederim.

Tezi gözden geçiren ve gerekli değişiklikler konusunda tavsiyede bulunan değerli arkadaşım Öğr. Gör. İbrahim ÇİDEM'e teşekkür ederim.

Son olarak doktora eğitimim boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli eşim Tuba ÇİĞDEM başta olmak üzere tüm aileme minnet ve sevgilerimi sunarım.

# ÜRETİM MALİYETLERİNİN GRİ TAHMİN VE BULANIK MANTIK YÖNTEMLERİ İLE HESAPLANMASI: BİR TARIM İŞLETMESİ UYGULAMASI

Reşid ÇİĞDEM<sup>1</sup>

---

## Özet

---

Dijitalleşmenin hızlı gelişimi, işletmelerin gelecek planlamalarında az ve sınırlı veriyle hızlı kararlar alabilmelerini mümkün kılmıştır. Etkili bir tahmin yöntemi kullanan işletmelerin, alacakları kararlar ile iş hedeflerine daha sağlıklı bir şekilde devam ulaşabilecekleri ve tahmin yöntemlerinin işletmeler için özel önem taşıdığı bilinmektedir.

Bulanık mantık, insan davranışına benzer mantıksal uygulamalara sahip bilgisayarlara yardımcı olan bir bilgisayar mantık sistemidir. Bulanık mantık yaklaşımı, makinelere insanların özel verilerini işleme ve onların deneyimlerinden ve sezgilerinden yararlanarak çalışma yeteneği verir. Bu yeteneği kazanırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanır. Gri tahmin, mevcut birkaç veriyi kullanarak gri model GM (1.1) yardımıyla gelecek hakkında tahminler yapmak için geliştirilmiştir. Gri tahminin, bir model oluşturmak için daha az veriye ihtiyaç duyulması, yüksek tahmin tutarlılığı gibi diğer tahmin tekniklerine kıyasla birçok avantajı vardır.

Bu çalışmada, gelecek dönemlere ait maliyet tahmininde bulunulan gri temelli maliyet yöntemi ve bulanık mantık yöntemi hakkında bilgiler sunulmuş ve bu yöntemlerin hayvancılık sektöründe faaliyet gösteren X süt üretim işletmesinde uygulanması amaçlanmıştır. Çalışmada uygulanan yöntemlerin başarısı ve elde edilen güvenilirlik oranı esas alınarak karar vericilerin gelecek dönemlerle ilgili maliyet tahminleri öngörülmeyle çalışılmıştır. Çalışmanın sonuç ve öneriler kısmında uygulanan adımlar sonucunda, analiz sonuçları detayları ile ele alınarak bir takım yorumlamalar ve önerilerde bulunulmuştur.

---

**Anahtar Kelimeler:** Maliyet, Maliyet Tahmini, Gri Tahmin, Bulanık Mantık

---

---

<sup>1</sup> Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme, Türkiye, resid.cigdem@gop.edu.tr

# CALCULATION OF PRODUCTION COSTS BY GRAY FORECAST AND FUZZY LOGIC METHODS: AN AGRICULTURAL ENTERPRISE APPLICATION

Reşid ÇİĞDEM<sup>2</sup>

---

## Abstract

The rapid development of digitalization has led businesses to make quick decisions using few and limited data for their future planning. It is known that businesses using an effective prediction method can maintain their business objectives in a healthier way with their future decisions, and therefore prediction methods are of particular importance for businesses.

Fuzzy logic is a computer logic system which helps them with logical administrations similar to human acts. The fuzzy logic approach gives machines the ability to process private data belonging to humans and to work by benefiting of their experiences and foresights. It uses symbolic expressions instead of numerical expressions while gaining this ability. The gray prediction has been developed to make predictions about the future with the help of the gray model GM (1.1) using the few available data. As compared to other prediction techniques, gray prediction has many advantages such as requirement of fewer numbers of data to establish a model and high prediction accuracy.

In this study, information about gray based costing and fuzzy logic methods which make cost predictions for future terms has been presented and these methods have been aimed to be applied in X dairy enterprise carrying on business in animal sector. By considering the success of the applied methods and the reliability rate, obtained, future cost predictions of the decision-makers have been tried to be foresighted. As a result of the steps performed in findings and suggestions, the analysis results have been considered in detail, the required interpretations and suggestions have been given.

---

**Keywords:** Cost, Cost Prediction, Gray Prediction, Fuzzy Logic

---

---

<sup>2</sup> Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme, Türkiye, resid.cigdem@gop.edu.tr

## İÇİNDEKİLER

|                                                                            |                     |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Bilimsel Etik Sayfası</b>                                               | <b><u>Sayfa</u></b> |
| <b>Bilimsel Etik Sayfası</b>                                               | <b>i</b>            |
| <b>Teşekkür</b>                                                            | <b>iii</b>          |
| <b>Özet</b>                                                                | <b>iv</b>           |
| <b>Abstract</b>                                                            | <b>v</b>            |
| <b>İçindekiler</b>                                                         | <b>vi</b>           |
| <b>Tablolar Listesi</b>                                                    | <b>x</b>            |
| <b>Şekiller Listesi</b>                                                    | <b>xi</b>           |
| <b>Kısaltmalar</b>                                                         | <b>xiii</b>         |
| <b>GİRİŞ</b>                                                               | <b>1</b>            |
| <b>BÖLÜM 1: MALİYET İLE İLGİLİ KAVRAMLAR VE MALİYET YÖNETİM SİSTEMLERİ</b> | <b>4</b>            |
| 1.1. Maliyetle İlgili Temel Kavramlar                                      | 5                   |
| 1.1.1. Harcama Kavramı                                                     | 5                   |
| 1.1.2. Gider ve Giderlerin Sınıflandırılması                               | 5                   |
| 1.1.2.1. Çeşitlerine göre giderler.....                                    | 6                   |
| 1.1.2.2. İşletme fonksiyonlarına göre giderler .....                       | 6                   |
| 1.1.2.3. Mamullere yüklenmesine göre giderler .....                        | 6                   |
| 1.1.2.4. Faaliyet(iş) hacmiyle ilişkisine göre giderler.....               | 7                   |
| 1.1.2.5. Kontrol edilebilirlik özelliklerine göre giderler .....           | 7                   |
| 1.1.2.6. Fiili olup olmamasına göre giderler .....                         | 7                   |
| 1.1.3. Zarar Kavramı                                                       | 8                   |
| 1.1.4. Maliyet Kavramı                                                     | 8                   |
| 1.2. Harcama, Gider Ve Maliyet Kavramlarının Birbirleriyle İlişkisi        | 8                   |
| 1.2.1. Harcama ve Gider arasındaki İlişki                                  | 8                   |
| 1.2.2. Maliyet ve Gider Arasındaki İlişki                                  | 9                   |
| 1.3. Yönetim Kararlarında Kullanılan Diğer Maliyet Kavramları              | 9                   |
| 1.3.1. Geçerli Maliyetler                                                  | 9                   |
| 1.3.2. Ek Maliyet                                                          | 9                   |
| 1.3.3. Fırsat Maliyeti (Alternatif Maliyet)                                | 10                  |
| 1.3.4. Geçersiz Maliyet                                                    | 10                  |
| 1.3.5. Batık Maliyet                                                       | 10                  |
| 1.3.6. Kontrol Edilebilir Maliyet                                          | 10                  |
| 1.3.7. Kontrol Edilemeyen Maliyet                                          | 10                  |
| 1.4. Maliyet Unsurları                                                     | 10                  |
| 1.4.1. İlk Madde ve Malzeme Maliyetleri                                    | 11                  |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 1.4.1.1. Direkt İlk Madde ve Malzeme Maliyeti.....        | 11 |
| 1.4.1.2. Endirekt İlk Madde ve Malzeme Maliyeti .....     | 11 |
| 1.4.2. İşçilik Maliyetleri .....                          | 11 |
| 1.4.2.1. Direkt İşçilik Maliyetleri.....                  | 11 |
| 1.4.2.2. Endirekt İşçilik Maliyetleri .....               | 11 |
| 1.4.3. Genel Üretim Maliyetleri .....                     | 12 |
| 1.5. Maliyet Yöntemleri .....                             | 12 |
| 1.5.1. Kapsamına Göre Maliyet Yöntemleri .....            | 14 |
| 1.5.1.1. Tam Maliyet Yöntemi.....                         | 15 |
| 1.5.1.2. Değişken Maliyet Yöntemi .....                   | 15 |
| 1.5.1.3. Normal Maliyet Yöntemi.....                      | 15 |
| 1.5.1.4. Asal (Direkt) Maliyet Yöntemi .....              | 16 |
| 1.5.2. Saptanma Zamanına Göre Maliyet Yöntemleri .....    | 16 |
| 1.5.2.1. Fiili Maliyet Yöntemi(Tarihi Maliyet Yöntemi)... | 16 |
| 1.5.2.2. Tahmini Maliyet Yöntemi.....                     | 17 |
| 1.5.2.3. Standart Maliyet Yöntemi.....                    | 17 |
| 1.5.3. Üretim Biçimlerine Göre Maliyet Yöntemleri.....    | 17 |
| 1.5.3.1. Sipariş Maliyet Yöntemi .....                    | 18 |
| 1.5.3.2. Safha(Evre) Maliyet Yöntemi .....                | 18 |
| 1.6. Maliyet Yönetim Sistemleri .....                     | 18 |
| 1.6.1. Tam Zamanında Üretim Maliyetlemesi .....           | 18 |
| 1.6.2. Sorumluluk Muhasebesi Sistemi .....                | 19 |
| 1.6.3. Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (FTM) .....           | 20 |
| 1.6.4. Maliyet Hedefleme .....                            | 20 |
| 1.6.5. Kaizen Maliyetleme .....                           | 21 |
| 1.6.6. Kaynak Tüketim Muhasebesi (KTM) .....              | 21 |
| 1.6.7. Yaşam Seyri Maliyetlemesi (YSM) .....              | 22 |
| 1.6.8. Kalite Maliyetleri .....                           | 23 |
| 1.7. Maliyet Tahmin Yöntemleri .....                      | 23 |
| 1.7.1. Parametrik Yöntem .....                            | 26 |
| 1.7.2. Karar Destek Sistemleri (KDS) .....                | 26 |
| 1.7.2.1. Uzman sistemler.....                             | 27 |
| 1.7.2.2. Kural Tabanlı Sistemler .....                    | 27 |
| 1.7.2.3. Bulanık Mantık .....                             | 28 |
| 1.7.3. Geri Yayılımlı Sinir Ağı .....                     | 28 |
| 1.7.4. Operasyon Tabanlı Yaklaşım .....                   | 28 |
| 1.7.5. Arıza Yaklaşımı .....                              | 28 |
| 1.7.6. Toleransa Dayalı Maliyet Modelleri .....           | 28 |

## **BÖLÜM 2: GRİ TAHMİN VE BULANIK MANTIK YÖNTEMLERİ** \_\_\_\_\_ **29**

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Gri Sistem Teorisi Ve Gri Tahmin Yöntemi                    | 29 |
| 2.1.1. Birikim Oluşturma İşlemi (BOİ)                            | 31 |
| 2.1.2. Ters Birikim Oluşturma İşlemi (TBOİ)                      | 31 |
| 2.1.3. Gri Differansiyel Denklemler                              | 32 |
| 2.1.4. Gri Model (n,m) Modeli                                    | 32 |
| 2.1.5. Gri Model (1,1) Modeli                                    | 32 |
| 2.1.6. Gri Modelin Hata Analizi                                  | 34 |
| 2.2. Bulanık Mantık                                              | 35 |
| 2.2.1. Bulanık Mantık Kuramı                                     | 36 |
| 2.2.2. Bulanık Mantık Uygulama Alanları                          | 39 |
| 2.2.3. Bulanık Mantık Kullanımının Avantajları ve Dezavantajları | 40 |
| 2.2.4. Bulanık Küme Teorisi                                      | 40 |
| 2.2.5. Üyelik Derecesi                                           | 41 |
| 2.2.6. Üyelik Fonksiyonları                                      | 41 |
| 2.2.6.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu                                 | 42 |
| 2.2.6.2. Yamuk (Trapez) Üyelik Fonksiyonu                        | 42 |
| 2.2.6.3. Gaussian Üyelik Fonksiyonu                              | 43 |
| 2.2.7. Dilsel Değişkenler                                        | 44 |
| 2.2.8. Bulanık Mantığın Aşamaları                                | 44 |
| 2.2.8.1. Bulanıklaştırma                                         | 45 |
| 2.2.8.2. Bulanık Kural Tabanı                                    | 45 |
| 2.2.8.3. Bulanık Çıkarım Motoru                                  | 46 |
| 2.2.8.4. Durulaştırma                                            | 47 |
| 2.2.8.4.1. Maksimum Üyelik Yöntemi                               | 48 |
| 2.2.8.4.2. Ağırlık Merkezi Yöntemi (Sentroid Yöntemi)            | 48 |
| 2.2.8.4.3. Ağırlık Ortalama Yöntemi                              | 49 |
| 2.2.8.4.4. Maksimumların Ortalaması Yöntemi                      | 49 |

## **BÖLÜM 3: ÜRETİM MALİYETLERİNİN GRİ TAHMİN VE BULANIK MANTIK YÖNTEMLERİ İLE HESAPLANMASI: BİR TARIM İŞLETMESİ UYGULAMASI** \_\_\_\_\_ **51**

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Araştırmanın Konusu                                  | 51 |
| 3.2. Araştırmanın Amacı Ve Önemi                          | 51 |
| 3.3. Araştırmanın Kapsamı, Kısıtları Ve Yöntemi           | 52 |
| 3.4. Literatür Taraması                                   | 53 |
| 3.5. Bulgular                                             | 60 |
| 3.5.1. Gri Tahmin Yöntemine Göre Elde Edilen Bulgular     | 60 |
| 3.5.2. Bulanık Mantık Yöntemine Göre Elde Edilen Bulgular | 65 |

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.5.3. Gri Tahmin ve Bulanık Mantık Yöntemlerine Göre Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması | 91 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| <b>SONUÇ VE ÖNERİLER</b> | <b>93</b> |
|--------------------------|-----------|

|                 |           |
|-----------------|-----------|
| <b>KAYNAKÇA</b> | <b>96</b> |
|-----------------|-----------|

|                 |                                     |
|-----------------|-------------------------------------|
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b> | <b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b> |
|-----------------|-------------------------------------|



## TABLÖLER LİSTESİ

| Tablo No.....                                                                 | Sayfa |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tablo 1. 1: Maliyet, Gider ve Zarar Karşılaştırılması .....                   | 9     |
| Tablo 1. 2: Maliyet Muhasebesi Sistemleri.....                                | 14    |
| Tablo 3. 1: 2019 Yılı Maliyetler .....                                        | 60    |
| Tablo 3. 2: Hata Analizi .....                                                | 63    |
| Tablo 3. 3: Hata Sınıflandırması .....                                        | 64    |
| Tablo 3. 4: Tahmini Değerler.....                                             | 64    |
| Tablo 3. 5: Gerçek Değerler ile Tahmini Değerlerin Karşılaştırılması .....    | 65    |
| Tablo 3. 6: Giriş ve Çıkış Değişkenlerine Ait Dilsel Terimler .....           | 66    |
| Tablo 3. 7: Bulanık Kurallar .....                                            | 72    |
| Tablo 3. 8: Gri Tahmin ve Bulanık Mantık Bulgularının Karşılaştırılması ..... | 91    |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No..... Sayfa

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1. 1: Maliyet Sistemi Organizasyonu .....                             | 13 |
| Şekil 1. 2: Geleneksel Yaklaşım ve Maliyet Hedefleme Yaklaşımı.....         | 20 |
| Şekil 1. 3: Faaliyet Tabanlı Maliyetleme ve Kaynak Tüketim Muhasebesi ..... | 22 |
| Şekil 1. 4: Maliyet Tahmin Yöntemleri.....                                  | 26 |
| Şekil 2. 1: Bulanık Mantık Sistem Yapısı .....                              | 39 |
| Şekil 2. 2: Üçgen Üyelik Fonksiyonu.....                                    | 42 |
| Şekil 2. 3: Yamuk Üyelik Fonksiyonu.....                                    | 43 |
| Şekil 2. 4: Gaussian Üyelik Fonksiyonu.....                                 | 43 |
| Şekil 2. 5: Mamdani Çıkarım Yöntemi.....                                    | 47 |
| Şekil 2. 6: Takagi-Sugeno-Kang Çıkarım Yönteminin Yapısı.....               | 47 |
| Şekil 2. 7: Maksimum Üyelik Yöntemi ile Durulaştırma .....                  | 48 |
| Şekil 2. 8: Ağırlık Merkezi(Sentroid) Yöntemi İle Durulaştırma .....        | 49 |
| Şekil 2. 9: Ağırlıklı Ortalama Yöntemi İle Durulaştırma .....               | 49 |
| Şekil 2. 10: Maksimumların Ortalaması Yöntemi İle Durulaştırma .....        | 50 |
| Şekil 3. 1: Giriş ve Çıkış Değişkenlerinin Tanımlanması.....                | 67 |
| Şekil 3. 2: DİMMM Değişkenine Ait Üyelik Fonksiyonu.....                    | 68 |
| Şekil 3. 3: DİM Değişkenine Ait Üyelik Fonksiyonu .....                     | 69 |
| Şekil 3. 4: GÜM Değişkenine Ait Üyelik Fonksiyonu.....                      | 70 |
| Şekil 3. 5: ÜM Değişkenine Ait Üyelik Fonksiyonu.....                       | 71 |
| Şekil 3. 6: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (1-10) .....              | 75 |
| Şekil 3. 7: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (11-20) .....             | 76 |
| Şekil 3. 8: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (21-30) .....             | 77 |
| Şekil 3. 9: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (31-40) .....             | 78 |
| Şekil 3. 10: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (41-50) .....            | 79 |
| Şekil 3. 11: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (51-60) .....            | 80 |
| Şekil 3. 12: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (61-70) .....            | 81 |
| Şekil 3. 13: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (71-80) .....            | 82 |
| Şekil 3. 14: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (81-90) .....            | 83 |
| Şekil 3. 15: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (91-100) .....           | 84 |

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Şekil 3. 16: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (101-110) .....</b> | <b>85</b> |
| <b>Şekil 3. 17: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (110-120) .....</b> | <b>86</b> |
| <b>Şekil 3. 18: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (116-125) .....</b> | <b>87</b> |
| <b>Şekil 3. 19: Üretim Maliyetine Ait Çıkarım Sonucu.....</b>             | <b>88</b> |
| <b>Şekil 3. 20: DİMMM ve DİM Değişimin Maliyete Etkisi.....</b>           | <b>89</b> |
| <b>Şekil 3. 21: DİMMM ve GÜM Değişimin Maliyete Etkisi .....</b>          | <b>90</b> |
| <b>Şekil 3. 22: DİM ve GÜM Değişimin Maliyete Etkisi.....</b>             | <b>91</b> |



## KISALTMALAR

|          |                                        |
|----------|----------------------------------------|
| BOİ      | Birikim Oluşturma İşlemi               |
| BDP      | Bulanık Doğrusal Programlama           |
| BM       | Bulanık Mantık                         |
| ÇD       | Çok Düşük                              |
| ÇY       | Çok Yüksek                             |
| DİMMM    | Direkt İlk Madde ve Malzeme Gideri     |
| DİM      | Direkt İşçilik Gideri                  |
| DOGBM    | Doğrusal Olmayan Gri Bernoulli Modeli  |
| D        | Düşük                                  |
| FTM      | Faaliyet Tabanlı Maliyetleme           |
| GPFC     | Grey Prediction Fuzzy Controller       |
| GM (n,m) | Gri Model (n,m)                        |
| GM       | Gri Maliyetleme                        |
| GPRM     | Grey Prediction with Rolling Mechanism |
| GÜM      | Genel Üretim Gideri                    |
| HP       | Hedef Programlama                      |
| KDS      | Karar Destek Sistemleri                |
| KOH      | Kareler Ortalaması Hata                |
| KOKH     | Kareler Ortalamasının Karekökü Hata    |
| KTM      | Kaynak Tüketim Muhasebesi              |
| MHK      | Maliyet – Hacim - Kar                  |
| O        | Orta                                   |
| OMH      | Ortalama Mutlak Hata                   |
| OMYH     | Ortalama Mutlak Yüzde Hata             |
| OYH      | Ortalama Yüzde Hata                    |
| PAF      | Önleme-Değerlendirme-Başarısızlık      |
| TSK      | Takagi-Sugeno-Kang                     |
| TBOİ     | Ters Birikim Oluşturma İşlemi          |
| TFC      | Traditional Fuzzy Controller           |
| Y        | Yüksek                                 |
| YSM      | Yaşam Seyri Maliyetlemesi              |

## GİRİŞ

Günümüzde ekonomik, sosyal ve teknolojik ortamda yaşanan gelişmeler nedeniyle yoğun bir rekabet ortamı ortaya çıkmış ve firmalar ile rakipleri arasında rekabet kaçınılmaz hale gelmiştir. Firmaların en önemli varlık amaçlarından biri, artan rekabet ortamında faaliyetlerinin sürekliliğini sağlayarak sektörde arzu edilen pazar payını elde etmektir.

İşletmeler yoğun rekabet ortamında faaliyetleri devam ettirebilmek, hedefledikleri kârı tutturalabilmek ve sürekliliklerini sağlayabilmek için üretim faktörlerini bir araya getirerek toplumun ihtiyaçlarını karşılayabilecek mamul/hizmet üretimi gerçekleştirmek veya mal/hizmet satmak zorundadırlar. Bu üretim ve satış sürecinde katlandıkları doğrudan veya dolaylı her türlü mali nitelikteki fedakârlık maliyet kavramını oluşturmaktadır.

Bir işletmenin en önemli amaçlarından biri kâr elde etmektir. Bu amaca doğru ve şuurulu bir şekilde uyum sağlayabilmesi için öncelikle akılcı bir maliyet planlaması yapılmalıdır. Maliyet kontrolü, işletmeler için hayati öneme sahiptir. Çünkü aşırı maliyetler şirketin kârını azaltmakta ve kârı azalan bir işletme önemli bir rekabet avantajını kaybetme tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. İşletmelerin kârı, elde edilen gelir ve katlanılan maliyetlere göre değişmekte olup, şirketlerde elde edilen kârlılıktan işletmenin fonksiyonları sorumludur. Bir işletmede tüm gelir ve maliyet unsurlarının toplamı kârlılığı belirlediğinden, maliyet öğelerinin detaylı olarak kayıt altına alınması, izlenmesi ve kontrol edilmesi önemlidir.

Günümüz iş dünyasında yaşanan değişim ve gelişmeler ışığında işletmelerin maliyet bilgilerini hedefleri doğrultusunda derlemesi ve geleceğe dair alacağı kararlarında daha etkin kullanması kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu rekabet ortamında avantaj sağlamak isteyen işletmeler klasik maliyetleme sistemlerinin yerine iş süreçleri arasındaki neden-sonuç ilişkilerini en iyi şekilde gösteren, maliyetlerin daha iyi yönetilmesini sağlayan güncel maliyetleme sistemlerini kullanmaya başlamışlardır.

Bu güncel maliyetleme sistemleri içinde işletme yöneticilerinin veya karar vericilerinin geleceğe yönelik karar verebilmelerine yardımcı olabilecek araçlar içerisinde maliyet tahminleme önemli yer tutmaktadır. Yöneticiler veya karar vericiler başarısızlık riskini en aza indirmek ve bazı hedeflere ulaşmak için ihtiyaç duyduğu bilgiler neticesinde gelecek dönemleri planlamalı ve planlamayı gerçekleştirmek için bazı tahminlerde bulunmalıdır.

Tahminler, işletmelerin faaliyetlerini etkili bir şekilde sürdürmeleri için hayati bir rol oynar. Tahminler, işletmenin hedefleri açısından gelecek dönemlerin faaliyetlerine rehberlik eder ve yöneticilere veya karar vericilere ihtiyaç duyulan bilgi çıktılarını sağlar. Maliyet tahmini, bütçe oluşturma, maliyetleri kontrol etme, maliyetleri düşürme, iç motivasyon sağlama, maliyet farkındalığını artırma ve fiyatlandırma kararları gibi birçok konuda karar vericilere fayda sağlar.

Literatürde geliştirilen birçok tahmin tekniği vardır. Her birinin kendine özgü kullanımı vardır ve belirli bir uygulama için doğru tahmin tekniğini seçmek için özen gösterilmelidir. Doğru tahmin yöntemini seçmek, tahmin içeriği, geçmiş verilerin alaka düzeyi ve kullanılabilirliği, istenen doğruluk derecesi, tahminin değeri ve analiz etmek için yeterli zaman gibi birçok faktöre bağlıdır. Tahminin önemi birçok şekilde kanıtlanmıştır, ancak elbette, doğru bir tahmin en azından bize daha iyi bir gelecek için bir şans verebilir. İşletmelerin mevcut sınırlı miktarda veriyle gelecek kararlarını verebilmeleri için çok kısa sürede doğru ve net tahminler yapmaları kaçınılmazdır. Bu çalışmada az sayıda veri ile kısa sürede sonuç alınabilen tahmin yöntemlerinden gri tahmin yöntemi ve bulanık mantık yöntemi kullanılmıştır.

Deng tarafından 1986 yılında ortaya atılan gri sistem teorisi birçok alanda olduğu gibi tahmin ve karar verme işlemlerinde de kullanılmıştır. Gri sistem teorisinin unsurlarından biri olan gri tahmin dinamik bir tahminleme modelidir ve birçok alanda yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Gri tahmin, karmaşık ve belirsiz yapılara sahip sistemler için önerilen yöntemlerden biridir. Gri tahmin yöntemi, kısa sürede az sayıda veri kullanılarak yüksek tahmin tutarlılığı sağlaması gibi özellikleri ile diğer tahmin yöntemlerine nazaran öne çıkmaktadır. Gri sistem teorisini temel alarak oluşturulan gri model için asgari dört veri kümesi yeterli olabilmektedir. Ayrıca model istatistiksel yöntemlere dayanmadığı için orijinal veri seti için varsayımlardan kaçınır.

Bulanık mantık, Aristoteles'in dünyayı kesin kanılarla (siyah-beyaz gibi...) ikiye bölen mantığının aksine, kesin kanıların dışında geçiş hallerini temsil eden griler olduğu mantığından hareket etmektedir. 1965 yılında Zadeh tarafından geliştirilen bulanık mantık, bir olay ya da durum hakkında gerekli tüm bilgilere ulaşamadığı ya da karmaşık bir yapıya sahip olduğu problemlerin çözümünde insan düşünme mantığına en yakın sonuçları üretebilen bir yöntemdir. Bulanık mantık uzman deneyimlerinden oluşan sözlü ifadelerin hesaplamalara dâhil edilmesini sağlar. Bulanık Mantık daha çok mühendislik

alanında kullanılsa da son zamanlarda sosyal bilimler alanında da kullanılmaya başlamıştır.

Bu çalışmanın kapsamı, gri tahminin ve bulanık mantığın maliyet tahmini üzerinde uygulanmasıdır. Çalışmada gri tahmin ve bulanık mantık üzerinde durulduktan sonra sınırlı sayıdaki veri ile her iki yöntemle maliyet tahmini yapmak amaçlanmıştır.

Gri tahmin yöntemi ve bulanık mantık yönteminin uygulanma durumu incelenmek üzere firma tarafından isminin kullanılması istenmediği için (X) olarak ifade edilen Süt Üretim İşletmesi üzerinde yapılan çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde, maliyet ve maliyetle ilgili kavramlar açıklanmış, ardından maliyeti oluşturan unsurların sınıflandırılması ve çeşitli yönlerden maliyetlerin sınıflandırılması ve maliyetleme sistemleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır. İkinci bölümde gri sistem teorisi ve bulanık mantık teorisi tüm yönleriyle ele alınmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise (X) Süt Üretim İşletmesinden elde edilen 2019 yılı giderleri gri tahmin yöntemi ve bulanık mantık yöntemi kullanılarak gri tahmin modeli ve bulanık mantık modeli oluşturulmuş ve uygulanan model incelenmiştir.

Gri tahmin yöntemi ve bulanık mantık yöntemi ile oluşturulan model sonucunda tahmin edilen verilerin nispi hata payı hesaplanmış ve araştırmanın oldukça güvenilir olduğu görülmüştür. Çalışmanın güvenilirlik analizi sonucunda 2020 yılı için tahmini veriler elde edilmiş ve bir sonraki dönem için tahmin sunulmuştur. 2020 için tahmin sonucu gerçek verilerle karşılaştırıldığında, her iki yöntemin de öngörmede oldukça başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Uygulamalar sonucunda analiz sonuçları tablo yöntemi ile gösterilmiş ve gerekli görülen sonuçlar yorumlanmıştır. Son olarak, gri tahmin modeli ve bulanık mantık modeli yoluyla elde edilen analiz sonuçları değerlendirilerek gerekli öneriler yapılmıştır.

## BÖLÜM 1

### MALİYET İLE İLGİLİ KAVRAMLAR VE MALİYET YÖNETİM SİSTEMLERİ

İşletmeler, kar elde etmek amacıyla insan ihtiyaçlarını karşılamak için üretim faktörlerini bir araya getirerek elde ettiği mal ve hizmeti pazarlayan ekonomik, teknik, yasal ve sosyal birimlerdir. İşletmeler ekonomideki kıt kaynakların kullanımını gerçekleştiren en somut birim olarak karşımıza çıkmaktadır. İşletmelerin ekonomik faaliyetleri sırasında varlıklarında ve kaynaklarında değişme meydana gelmektedir. İşletmelerde parasal olarak meydana gelen değişimleri takip eden birim muhasebedir.

Muhasebe, işletmenin varlık, sermaye ve borç üzerinde değişme yaratan mali nitelikteki işletmelere ait verileri parasal tutarlar halinde toplayan, bu verileri kaydetmek, sınıflandırmak, analiz etmek yoluyla işleyen, elde ettiği sonuçları özetleyerek raporlar halinde ilgililere sunan bir bilim dalıdır (Savcı,2009: s.5).

Faaliyet açısından işletmeler hizmet işletmeleri, ticaret işletmeleri ve üretim işletmeleri olarak üç kısma ayrılır. Dolayısıyla bu üç kısım işletmenin tutacağı muhasebe de farklı olmaktadır. Hizmet işletmeleri, bir hizmetin yerine getirilmesi veya hizmetin üretilmesi işiyle uğraştıklarından hem mal alım-satım hem de üretim ile ilgili işlemlerin muhasebesini, ticaret işletmeleri sadece mal alış ve satışıyla ilgili işlemlerin muhasebesini tutarken, üretim işiyle uğraşan üretim işletmeleri de finansal muhasebe yanında üretilen mamulün birim maliyeti hesaplamaya yönelik kayıtları da tutmak zorundadır. Dolayısıyla, sanayi işletmeleri, alım-satım işlemlerinin izlendiği finansal muhasebe sisteminin yanında, ürettikleri ürünün maliyetini hesaplayacakları muhasebenin alt sistemi olan maliyet muhasebesine de ihtiyaç duymaktadırlar. (Ertaş, 2015: s.5).

Maliyet muhasebesi, bir işletmenin maliyet bilgilerini kaydeden, özetleyen ve raporlayan bir sistemdir. Maliyet muhasebesinin temel işlevi, firmanın maliyetlerini tespit etmek ve maliyet kontrolü işlevlerini yerine getirmekte ve hammadde girdisinden üretilen çıktıya kadar üretimdeki her birimin maliyetini izlemektir. Maliyet muhasebesi, satış fiyatının belirlenmesi, maliyetlerin kontrol edilmesi, verimlilik ölçümü ve iyileştirilmesi, planların projelendirilmesi, bütçelerin yapılması gibi önemli kararlarda yönetime

yardımcı olur. Ayrıca yararlı maliyet bilgileri sağlayarak finansal muhasebeye etkinlik katar.

Maliyet muhasebesinde hesaplamaları ve değerlemeleri doğru bir şekilde yapabilmek için maliyet muhasebesi ile ilgili bir harcama, gider, maliyet, zarar vb. kavramların anlamlarının ve bu kavramların birbirleriyle olan ilişkisinin, yönetim kararlarında kullanılan maliyet kavramlarının, maliyet yöntemlerinin ve maliyet yönetim sistemleri konularının yeterli düzeyde bilinmesi gerekmektedir.

### **1.1. MALİYETLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR**

Maliyetle ilgili temel kavramlar başlığı altında harcama, gider ve giderlerin sınıflandırılması, maliyet ve zarar kavramları açıklanmıştır.

#### **1.1.1. Harcama Kavramı**

Harcama kavramı çeşitli biçimlerde tanımlanmakla beraber genel anlamda, nakit veya benzeri araçlarla ödemede veya ödeme vaa dinde bulunmadır şeklinde tanımlanmaktadır. Harcama için ana unsur ödemedir. Ödeme nakit olarak veya çek ve senet ile yapılabilir. Mal, menfaat ve hizmetlerin sağ lanmasından kaynaklanan bir yükümlülük nedeniyle veya herhangi bir ifası olmaksızın yapılan ödemeler ve borçlanmalardır (Savcı, 2009: s.9).

#### **1.1.2. Gider ve Giderlerin Sınıflandırılması**

Dar anlamda gider işletmeye ekonomik bir fayda sağlamak üzere yapılan işletmenin özkaynaklarını azaltan bir harcama veya tüketim olarak tanımlanmaktadır (Büyükmirza, 2016: s.53). Geniş anlamda gider ise, bilanço yaklaşımı ve gelir yaklaşımı olmak üzere iki farklı açıdan ele alınmaktadır.

Bilanço yaklaşımı açısından gider, bir işletmenin sürekli ana iş konusu ile ilgili ürün teslimi veya üretimi, hizmet kullanımı veya diğer işlemlerinin bir sonucu olarak işletmenin varlıklarının azalması veya yükümlülüklerinin artmasıdır." (Abdioğlu, 2013: s.10).

Gelir yaklaşımı açısından gider, işletmenin faaliyetlerini ve varlıklarını devam ettirebilmesi ve ekonomik bir fayda (gelir) sağlamak için belirli bir dönemde kullanılan ve tüketilen girdilerinin hasılatından indirilen faydası tükenmiş maliyettir. Dolayısıyla gider, faydası tükenen hizmet maliyetleridir (Akdoğan, 2015: s.7). Yukarıdaki tanımdan da anlaşılacağı üzere giderden söz edebilmesi için;

- ✓ Faydası tükenen maliyetler işletme ile ilgili olmalıdır.
- ✓ Maliyetlerin faydasının belli bir dönemde tüketilmiş olması gereklidir.

Burada tükenmiş maliyet ve tükenmemiş maliyet kavramlarına değinmekte fayda vardır. *Tükenmemiş maliyet*, işletmenin gelecekte gelir yaratmasında faydalı olması için tüketilen varlıklardır. *Tükenmiş maliyet* ise, işletmenin varlığı olma ihtimalini kaybeden, gelecekte gelir yaratma ihtimali bulunmadığından cari dönem gelirinden düşülen tutarlardır.

Giderlerin sınıflandırılması yapılırken maliyet muhasebesinin amaçlarına hizmet etmesi beklenir. Yani giderler sınıflandırılırken aşağıdaki amaçlar göz önünde bulundurulmalıdır. Bunlar:

- ✓ Üretim maliyetini hesaplayarak faaliyet sonuçlarını belirlemek,
- ✓ Planlama ve kontrol yapmak,
- ✓ Başarı değerlemesi yaparak karar vermek biçiminde sıralanabilir.

Giderler, yukarıdaki amaçlar göz önünde bulundurularak altı farklı şekilde sınıflandırılırlar. Bunlar aşağıda açıklanmaktadır.

#### ***1.1.2.1. Çeşitlerine göre giderler***

Giderlerin gider kaynaklarında veya ortaya çıkış şekillerine göre bölümlenmesini hedef alan bu bölümlendirmede başlıca gider grupları, ilk madde ve malzeme giderleri, işçi, memur ücret ve giderleri, dışarıdan sağlanan fayda ve hizmetler, çeşitli giderler, vergi, resim ve harçlar, amortisman ve itfa payları, faiz, komisyon ve kur farklarıdır (Akdoğan, 2015: s.21).

#### ***1.1.2.2. İşletme fonksiyonlarına göre giderler***

Giderlerin ait oldukları işletme fonksiyonlarına göre bölümlenmesidir. Bu sınıflandırmaya göre karşımıza çıkan başlıca giderler, alış giderleri, üretim giderleri, faaliyet giderleri, finansman giderleri, çalışmayan kısım giderleri, önceki dönem gider ve zararları, arızı satış zararları ve diğer zararlarıdır (Büyükmirza, 2016: s.64).

#### ***1.1.2.3. Mamullere yüklenmesine göre giderler***

Giderler bu grupta direkt ve endirekt gider olmak üzere sınıflandırılır.

Direkt (doğrudan) giderler, üretilen mamul veya hizmetin bünyesine doğrudan yüklenebilen giderlerdir. Mamulün bünyesine ne kadar yüklendiğinin belirlenebildiği direkt ilk madde ve malzeme giderleri ve direkt işçilik giderleri bu türden giderlerdir.

Endirekt(dolaylı) giderler üretilen mamul veya hizmetin bünyesine doğrudan yüklenemeyen ve yüklenmesi için bir takım dağıtım ölçüleri kullanılması gereken giderlerdir.

#### ***1.1.2.4. Faaliyet(iş) hacmiyle ilişkisine göre giderler***

Giderler sabit, değişken, yarı sabit ve yarı değişken giderler olarak sınıflandırılmaktadır.

*Sabit giderler*, faaliyet hacmine bağlı olmayan (kısa dönemde) giderlerdir. Yapısal giderler ve planlanmış giderler olmak üzere ikiye ayrılır. Yapısal giderler, işletmenin mevcut yapısına sıkı sıkıya bağlı giderlerdir. Faaliyet için gerekli tesis, donanım ve temel örgüt yapısıyla ilgili (amortisman, kira, sigorta primleri, uzun vadeli borç faizleri vb.) giderleridir. Planlanmış giderler ise, önceden bütçelenebilen ve mevcut satışları koruyacak, yeni satışlar sağlayacak giderlerdir. (Örneğin reklam giderleri, Ar-Ge, hizmet içi eğitim, pazarlama araştırması). Planlanmış giderler dönem içinde değiştirilebilirken, yapısal giderler olağanüstü durumlarda bile değiştirilemez.

*Değişken giderler*, üretim seviyesi ile doğru orantılı olarak değişen giderlerdir.

*Yarı değişken giderler*, faaliyet hacmi sıfır olduğunda bile tamamen yok olmayan fakat faaliyet hacmindeki değişmeye paralel olarak artan giderlerdir.

*Yarı sabit giderler*, belli faaliyet aralıklarında sabit kalır, aralıklar dışına çıktığında sıçramalar yapar. Grafik üzerinde merdiven basamakları şeklinde görünmesinden dolayı ‘basamaklı gider’ de denir. Ustabaşı gideri, kalite kontrol eleman gideri bunlara örnek olabilir.

#### ***1.1.2.5. Kontrol edilebilirlik özelliklerine göre giderler***

Giderler kontrol edilebilir ve kontrol edilemeyen giderler olarak sınıflandırılır. Gider, yöneticilerin kararlarından etkileniyorsa kontrol edilebilen, yöneticilerin kararlarından etkilenmiyor ise kontrol edilemeyen giderler olarak tanımlanabilir.

#### ***1.1.2.6. Fiili olup olmamasına göre giderler***

Giderler fiili (gerçek) ve standart olarak ikiye ayrılır. Fiili giderler tahakkuk ettirilir (gerçekleşen) giderlerdir. Standart giderler, faaliyet gerçekleştirilmeden önce bilimsel yöntemlere göre hesaplanan giderlerdir.

### **1.1.3. Zarar Kavramı**

Belli bir dönemde işletme faaliyetlerinin devam ettirilmesi ve gelir elde edilmesi ile ilgisi olmayan veya gereğinden fazla yapılan harcama veya tüketimler zarardır. Başka bir ifadeyle, ekonomik bir fayda oluşturmeyen, amaçsız, gereksiz ve verimsiz tüketilen varlıkların maliyetidir. Örneğin, doğal afetler veya hırsızlık gibi olaylarla varlığın ortadan kalkması zarardır (Büyükmirza, 2016: s.54).

### **1.1.4. Maliyet Kavramı**

Maliyet, en geniş anlamıyla, bir nesneye sahip olmak, bir amaca ulaşmak amacıyla katlanılan fedakarlıkların tümüdür. Yani, hedeflenen bir sonuca ulaşmak için katlanılan fedakârlıkların parasal tutarıdır (Akdoğan, 2015: s.11).

Maliyet, herhangi bir mal veya hizmeti elde etmek için doğrudan veya dolaylı harcamaların toplamıdır. İşletmeler için maliyet, nakit veya nakit benzeri olarak bugün veya gelecekte fayda sağlaması beklenen ürün ve hizmetler için katlanılan kesintilerin ifadesidir (Abdioğlu, 2013: s.9).

Maliyet ile ilgili doğru hesaplamalar yapabilmek için maliyet kavramını ve maliyet hesaplamalarının amacını anlamak önemlidir. Çünkü farklı amaçlar, aynı şeyin maliyetinin farklı şekillerde belirlenmesini gerektirebilir. Çünkü belli bir amaç için tespit edilmiş bir maliyetin farklı bir amaç için kullanılması yönetimin yanlış kararlar vermesini tetikleyerek telafisi olmayan kayıplara yol açmaktadırlar (Büyükmirza, 2016: s.45).

## **1.2. HARCAMA, GİDER VE MALİYET KAVRAMLARININ BİRBİRLERİYLE İLİŞKİSİ**

Harcama, gider ve maliyet kavramlarının birbirleriyle ilişkisi başlığı altında daha önce kavramsal olarak açıklanmış harcama, gider ve maliyet kavramlarının aralarındaki ilişki ve farklılıklar ele alınmıştır.

### **1.2.1. Harcama ve Gider arasındaki İlişki**

Bir ödeme veya ödeme vaadi olan harcama, bir borcu ödemek, bir varlık satın almak veya bir hizmeti kullanmak için yapılan ödemeler ve kredilerdir. Harcamanın gider haline gelebilmesi için, harcama karşılığında elde edilen faydanın aynı zaman diliminde tüketilmesi gerekir. (Yükçü, 2015: s.50). Eğer aynı dönemde tüketilmeyip, gelecek dönemde tüketilecekse harcama maliyete dönüşmektedir. Her harcama gider olmadığı gibi, her gider de harcama sayılmaz.

### 1.2.2. Maliyet ve Gider Arasındaki İlişki

Gider ve maliyet arasında yakın bir ilişki vardır. Gider tanımında kullanım dışı kalan maliyetlerden bahsedilmektedir. Yani maliyetin gidere dönüşebilmesi için faydanın belli bir süre içerisinde tüketilmesi gerekir. Burada önemli olan maliyetlerin faydalarının ne zaman tükendiğini belirlemektir. Maliyet-fayda tükenmesi birkaç yolla belirlenebilir (Akdoğan, 2015: s.12). Bunlar aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

- ✓ Dönem hasılatıyla doğrudan ilgili olmalıdır.
- ✓ Giderler gelir tablosu dönemiyle ilgili bulunmalıdır.
- ✓ Varlıklarının maliyetinin faydaları ölçülebilir bir şekilde tükenmiş olmalıdır.

Maliyet, gider ve zarar kavramları arasındaki fark aşağıdaki tablo yoluyla daha iyi anlaşılacaktır (Abdioğlu, 2013: s.8).

**Tablo 1. 1: Maliyet, Gider ve Zarar Karşılaştırılması**

| İşlem           | Kullanım Şekli               | Sonuç          |
|-----------------|------------------------------|----------------|
| Varlık Azalması | Başka bir varlık edinme      | Maliyet        |
| Varlık Azalması | Gelir sağlama amacıyla satış | Gider          |
| Varlık Azalması | Üretimde kullanma            | Maliyet gideri |
| Varlık Azalması | Amaçsız kullanım             | Zarar          |

### 1.3. YÖNETİM KARARLARINDA KULLANILAN DİĞER MALİYET KAVRAMLARI

Maliyet kavramları değişik açılardan ele alınabilir. Muhasebe açısından ele alındığında, belirli bir hedefe ulaşmak için katlanılan esirgemezliklerin(fedakarlıkların) parasal olarak ölçülebilen değeridir. Karar verme geleceğe yönelik bir işlemdir. Bundan dolayı karar verirken yöneticilere ışık tutacak bazı maliyet kavramlarını da incelemek yararlı olacaktır (Akdoğan, 2015: s.15).

#### 1.3.1. Geçerli Maliyetler

Gelecekte ortaya çıkması beklenen ve karar seçeneğine bağlı olarak değişen maliyetlerdir. Geçerli maliyetten bahsedebilmemiz için gelecekle ilgili olması ve karar seçenekleri arasında fark göstermesi gibi iki önemli özellik olması gerekir.

#### 1.3.2. Ek Maliyet

Kapasite artırma, yenileme veya değiştirme sonucu üretimde meydana gelen değişikliğin toplam maliyet üzerinde ortaya çıkan etkisidir. Alternatif seçenekler arasında

bir seçeneğin diğerine tercih edilmesi nedeniyle toplam maliyetin artmasıdır. Bir işletmede ek maliyet kapsamına hangi maliyetlerin gireceği, alınacak kararın konusuna ve koşullarına bağlıdır (Büyükmirza, 2016: s.568).

### **1.3.3. Fırsat Maliyeti (Alternatif Maliyet)**

Fırsat maliyeti, geri çekilme maliyeti olarak da adlandırılır. Bir alternatifin seçimi nedeniyle vazgeçilen diğer alternatiflere göre potansiyel olarak en yüksek alternatif getiriyi sağlayan alternatifin vazgeçilen getirisi (Büyükmirza, 2016: s.571). Yani eğer belli bir seçeneğin tercih edilmesi başka bir seçenekten vazgeçilmesini gerektiriyorsa, vazgeçilen seçenekten elde edilecek kazanç, yapılan işin alternatif maliyetini oluşturur.

### **1.3.4. Geçersiz Maliyet**

Farklı alternatifler arasında karar verme sürecinden etkilenmeyecek olan maliyetler, ilgili karar açısından geçersiz maliyettir.

### **1.3.5. Batık Maliyet**

Karar verme sürecinde etkili olmayan, geçmişte katlanılmış ve geri alınma olanağı olmayan maliyetlerdir (Ertaş, 2015: s.33). Geleceğe yönelik alınacak kararlara etkisi olmayan maliyetlerdir. Batmış maliyetler geçmişte verilen karara ilişkin maliyetler olduğu için bugünkü kararlarda bir etkisi olmayacaktır (Akdoğan, 2015: s.15).

### **1.3.6. Kontrol Edilebilir Maliyet**

Maliyetlerin önceden belirlenmiş bütçe, standart veya hedef maliyet tutarları ile uyumlu olmasıdır.

### **1.3.7. Kontrol Edilemeyen Maliyet**

Maliyetlerin önceden belirlenmiş bütçe, standart veya hedef maliyet tutarları ile uyumlu olmamasıdır.

## **1.4. MALİYET UNSURLARI**

İşletmeler faaliyette bulunduğu sektöre, ürünün özellikleri vb. değişkenlere göre farklı maliyetlere katlanmaktadır. Maliyet, ilk madde ve malzeme, işçilik ve genel üretim giderleri olmak üzere üç ana unsurdan oluşmaktadır.

#### **1.4.1. İlk Madde ve Malzeme Maliyetleri**

İşletmenin çeşitli faaliyetlerini sürdürebilmesi, üretilen mamul ve sunulan hizmetlerin devamlılığının sağlanabilmesi için tüketmiş olduğu her türlü ilk madde ve malzemelere ilişkin ortaya çıkan giderlerin izlendiği hesaptır. İlk madde ve malzeme giderleri, üretim maliyetlerini oluşturan üç ana fonksiyonel gider unsurlarının başında gelmektedir (Saban ve Erdoğan, 2014: s.88).

##### ***1.4.1.1. Direkt İlk Madde ve Malzeme Maliyeti***

Mamulün yapısının temelini oluşturan, ürünün içine girebilmesi herhangi bir dağıtım anahtarına ihtiyaç duymayan ve ürünün içine ne miktarda girdiği tespit edilebilen giderlerdir (Gençoğlu, 2008: s.63).

##### ***1.4.1.2. Endirekt İlk Madde ve Malzeme Maliyeti***

Bu grupta yer alan ilk madde ve malzeme giderleri, yardımcı madde giderleri ve işletme malzemesi giderlerinden oluşur. Yardımcı madde, mamulün bünyesinde olup, mamulün unsuru olmayan giderlerdir. İşletme malzemesi ise, mamulün bünyesinde olmayan ama o olmadan da mamulün üretimi tamamlanmayan giderlerdir. Bunların hangi mamul veya mamul grubu için ne miktarda kullanıldığının tespit edilmesi zor olduğundan, bu giderlerin mamullere yüklenmesinde bir takım dağıtım anahtarları kullanılmaktadır (Akdoğan, 2015: s.208).

#### **1.4.2. İşçilik Maliyetleri**

Direkt ve endirekt olarak iki gruba ayrılan işçilik giderleri, işletmenin çeşitli faaliyetlerinin yürütülmesi, mamul ve hizmetlerin üretiminin yapılması amacıyla çalıştırılmakta olunan işçiler için tahakkuk ettirilen her türlü tutardır (Akdoğan, 2015: s.282).

##### ***1.4.2.1. Direkt İşçilik Maliyetleri***

Ürünün fiilen iş konusu olduğu ana (esas) üretim gider yerlerinde çalışanların işçilik maliyetleridir (Yükücü, 2014: s.185).

##### ***1.4.2.2. Endirekt İşçilik Maliyetleri***

Direkt işçilik giderleri dışında kalan, üretimle ilgili yardımcı ve destek faaliyetlerinde bulunan tüm işçilik maliyetleridir (Ertaş, 2015: s.154).

### 1.4.3. Genel Üretim Maliyetleri

En geniş anlamıyla, direkt hammadde ve malzeme ve direkt işçilik dışında üretimle ilgili tüm maliyet giderleridir. Genel üretim maliyetleri, ısıtma, aydınlatma, dolaylı malzemeler, dolaylı hammaddeler, amortisman, emlak vergisi, onarım, bakım ve üretimle ilgili ekipmanın sigortasını içerir (Abdioğlu, 2013: s.251). Bu giderler mamulün maliyetine birtakım dağıtım ölçüleri yardımıyla dağıtılarak eklenmektedir.

### 1.5. MALİYET YÖNTEMLERİ

Üretilen mal ve hizmetlerin değerinin ölçülmesi, işletmenin benimsediği maliyet sistemine göre yapılır. Bir maliyetleme sistemi, maliyetlendirmenin miktarı, niteliği ve yöntemi ile ilgili bir dizi maliyetleme yönteminin kullanılmasından oluşur. Başka bir deyişle, maliyetleme sistemleri, farklı maliyetleme yöntemlerinin bir kombinasyonundan ortaya çıkar (Akdoğan, 2009: s.38).

Maliyet sistemi, yöneticilere gerekli bilgileri sağlamak için bilgilerin sınıflandırılması, gruplandırılması, kontrol edilmesi ve belirli faaliyet birimlerine atanması işlemlerini içerir. Şirkette tanımlanan maliyet sistemi dahilinde üretilen ürünlerin maliyetleri hesap dönemlerinden hesaplanır, maliyet giderleri izlenir, harcama ve maliyetler kontrol edilir (Abdioğlu, 2013: s.20).

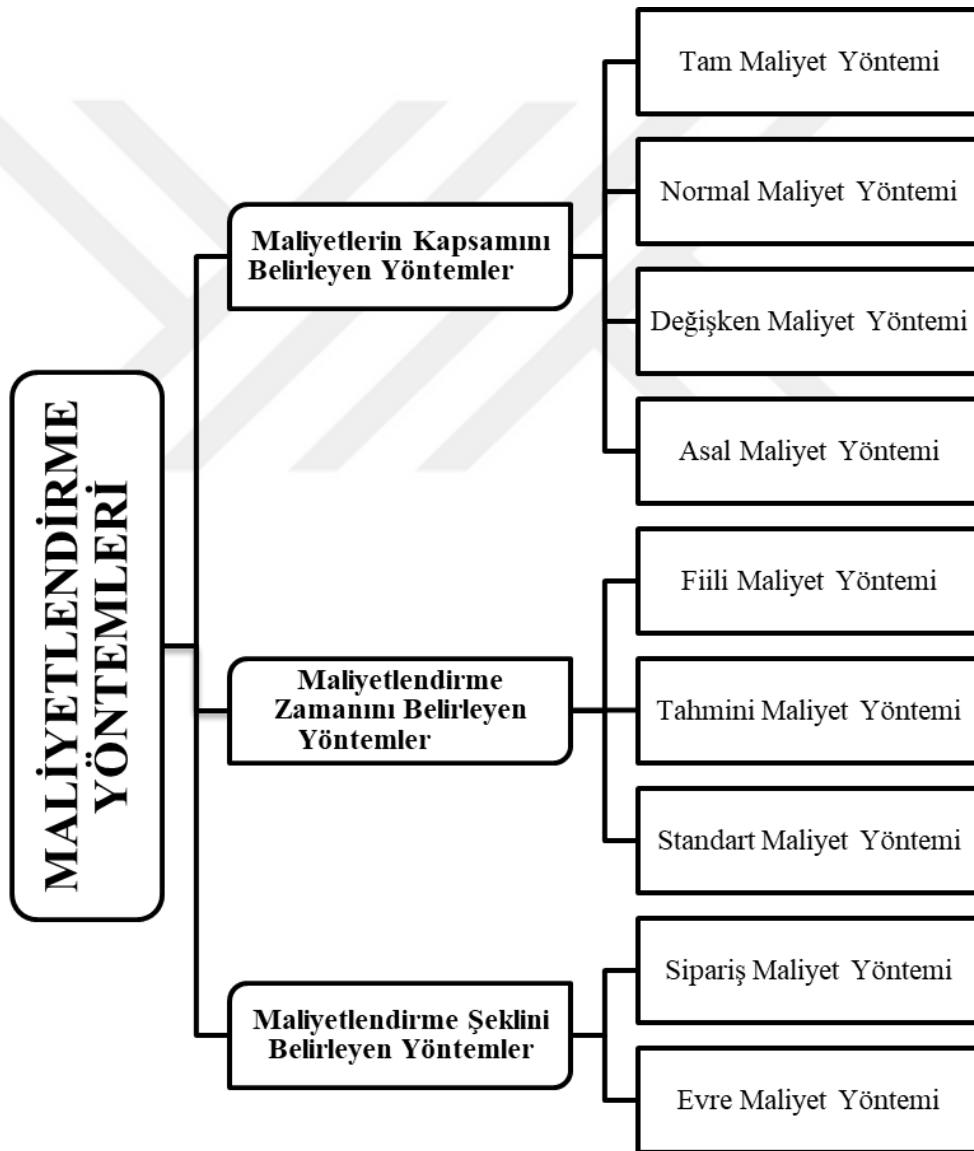
İşletmelerde maliyet sistemi teknoloji, üretim politikası ve işletmenin büyüklüğü gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bu faktörlerden ilki, işletmenin faaliyet alanında kullandığı teknolojidir. Tek tip üretim yapan bir sanayi şirketinin maliyet sistemi ile çeşitli yedek parça üreten bir sanayi şirketinin maliyet sistemi arasında büyük fark vardır. Maliyet sistemini etkileyen ikinci faktör ise üretim politikasıdır. Bir yedek parça firması bu parçaları sipariş üzerine veya seri olarak yapabilir. Dolayısıyla kullanılacak maliyet sistemi de farklı olacaktır. Maliyet sistemini etkileyen üçüncü faktör ise şirketin büyüklüğüdür. Sofistike ve ayrıntılı bir maliyet sistemi ile yöneticiler, kararlarında etkin bir kontrol planlama aracı olarak maliyet muhasebesini kullanmak isteyebilirler (Savcı, 2009: s.56).

Bir işletmede yukarıdaki faktörler göz önünde bulundurularak sağlıklı bir şekilde kurulan maliyet sisteminin yararları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Ertaş, 2015: s.243):

- ✓ Kar veya zararın tespitini ve stokların değerlendirilmesini sağlar,
- ✓ Stokları kontrol eder,
- ✓ Bütçeleme araçlarıyla faaliyetlerin planlanmasına yardımcı olur,

- ✓ Maliyetlerin kontrolünü sağlar,
- ✓ Ürünlerin fiyatlandırılmasına yardımcı olur,
- ✓ Ürünlerin üretim maliyetlerinin belirlenmesini sağlar.

Maliyetlendirme yöntemleri, ürünlere “hangi giderler”, “ne zaman” ve “nasıl yansıtılacaktır” sorularını yanıtlayan üç grupta incelenmektedir. Uygulanan maliyetleme sisteminde her gruptaki yöntemlerden en az biri bulunmalıdır. Maliyet sisteminin farklı bir yönünü karakterize eden bu maliyetleme yöntemleri, şekil 1.1’de gösterildiği gibi üç grupta toplanabilir (Büyükmirza, 2016: s.238).



**Şekil 1. 1:** Maliyet Sistemi Organizasyonu

Kaynak: Büyükmirza, 2016:238

Bir maliyet sisteminde, her grupta en az bir yöntem uygulandığı görülür. İşletmelerde kullanılacak maliyet muhasebesi sistemleri Tablo 1.2’de gösterilen 24 alternatiften birisinin seçilmesi ile oluşturulacaktır.

Tablo 1. 2: Maliyet Muhasebesi Sistemleri

|    | <b>Maliyetlerin İlgili Olduğu<br/>Zamana Göre Ayrımı</b> | <b>Maliyetlerin Kapsamına<br/>Göre Ayrımı</b> | <b>Maliyetlerin Üretim Faaliyetlerinin<br/>Niteliğine Göre Ayrımı</b> |
|----|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 1  | Fiili Maliyet Yöntemi                                    | Tam Maliyet Yöntemi                           | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 2  | Fiili Maliyet Yöntemi                                    | Normal Maliyet Yöntemi                        | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 3  | Fiili Maliyet Yöntemi                                    | Değişken Maliyet Yöntemi                      | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 4  | Fiili Maliyet Yöntemi                                    | Direkt(Asal) Maliyet Yöntemi                  | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 5  | Tahmini Maliyet Yöntemi                                  | Tam Maliyet Yöntemi                           | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 6  | Tahmini Maliyet Yöntemi                                  | Normal Maliyet Yöntemi                        | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 7  | Tahmini Maliyet Yöntemi                                  | Değişken Maliyet Yöntemi                      | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 8  | Tahmini Maliyet Yöntemi                                  | Direkt (Asal) Maliyet Yöntemi                 | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 9  | Standart Maliyet Yöntemi                                 | Tam Maliyet Yöntemi                           | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 10 | Standart Maliyet Yöntemi                                 | Normal Maliyet Yöntemi                        | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 11 | Standart Maliyet Yöntemi                                 | Değişken Maliyet Yöntemi                      | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 12 | Standart Maliyet Yöntemi                                 | Direkt (Asal) Maliyet Yöntemi                 | Sipariş Maliyet Yöntemi                                               |
| 13 | Fiili Maliyet Yöntemi                                    | Tam Maliyet Yöntemi                           | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |
| 14 | Fiili Maliyet Yöntemi                                    | Normal Maliyet Yöntemi                        | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |
| 15 | Fiili Maliyet Yöntemi                                    | Değişken Maliyet Yöntemi                      | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |
| 16 | Fiili Maliyet Yöntemi                                    | Direkt(Asal) Maliyet Yöntemi                  | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |
| 17 | Tahmini Maliyet Yöntemi                                  | Tam Maliyet Yöntemi                           | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |
| 18 | Tahmini Maliyet Yöntemi                                  | Normal Maliyet Yöntemi                        | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |
| 19 | Tahmini Maliyet Yöntemi                                  | Değişken Maliyet Yöntemi                      | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |
| 20 | Tahmini Maliyet Yöntemi                                  | Direkt(Asal) Maliyet Yöntemi                  | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |
| 21 | Standart Maliyet Yöntemi                                 | Tam Maliyet Yöntemi                           | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |
| 22 | Standart Maliyet Yöntemi                                 | Normal Maliyet Yöntemi                        | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |
| 23 | Standart Maliyet Yöntemi                                 | Değişken Maliyet Yöntemi                      | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |
| 24 | Standart Maliyet Yöntemi                                 | Direkt (Asal) Maliyet Yöntemi                 | Safha Maliyet Yöntemi                                                 |

### 1.5.1. Kapsamına Göre Maliyet Yöntemleri

Maliyetler hesaplanırken hangi giderlerin maliyet kapsamına girip hangilerinin maliyet kapsamına girmediği çok önemlidir. Bu yöntemlere geçmeden önce üretim maliyetlerini iki grupta özetlemek gerekir (Büyükmirza, 2016: s.238):

*Değişken üretim maliyetleri:* Üretim hacmine bağlı olarak değişen ve üretimin tamamlanmaması durumunda oluşmayan üretim maliyetleridir. Doğrudan hammadde ve malzemeler, çoğunlukla doğrudan işçilik ve bazı genel üretim giderleri bu türdendir.

*Sabit üretim maliyeti:* Üretim hacminden etkilenmeyen üretim maliyetidir. Birçok genel üretim maliyeti kalemi ve bazen doğrudan işçilik bu türdendir.

Kullanılan yöntem ne olursa olsun, sabit üretim maliyetini hesaplamak için dört farklı yöntem varken, değişken üretim maliyeti ürünün maliyetinden mahsup edilmelidir.

#### ***1.5.1.1. Tam Maliyet Yöntemi***

Tam maliyet sisteminde, ürünün içerdiği tüm direkt(doğrudan) hammadde ve malzemeler, direkt işçilik ve genel üretim maliyetleri maliyet hesabına dahil edilir ve bu maliyetler ile ürünler arasında ilişki kurulmaya çalışılır (Yükçü, 2015:353). Tam maliyet yöntemi ile önce maliyetleri hesaplanacak olan birime doğrudan maliyetler, ardından belirli ölçülere göre dolaylı maliyetler atanır (Akdoğan, 2015: s.40).

Bu yöntem, satışlardan elde edilen kârın hesaplanmasını kolaylaştırır ve sabit maliyetler ile üretim hacmi arasında bir ilişkinin olmaması, bu maliyetlerin oranının, üretimin arttığı dönemlerde küçük, düşük üretim dönemlerinde ise yüksek olduğu anlamına gelir. Bu, birim maliyetlerin dönemler arasında büyük ölçüde dalgalandığı anlamına gelir. Bu yaklaşımın ana dezavantajı, dolaylı harcamaları maliyetlerle eşleştirirken bazı dağıtım ölçütlerinin kullanılmasının zorunlu olması ve bu dağıtım ölçülerinin bazen öznel olabilmesidir (Savcı, 2009: s.65).

#### ***1.5.1.2. Değişken Maliyet Yöntemi***

Yalnızca değişken maliyetlere dayalı maliyetleri hesaplama yöntemidir. Bu yöntemde maliyetler değişken ve sabit maliyet olarak ayrılmakta ve maliyeti bulunan birimlere sadece değişken maliyetler yansıtılmaktadır. Bu yönteme göre maliyet, doğrudan hammadde ve malzemelerin değişken kısmı, doğrudan işçilik maliyeti ve genel üretim maliyetinden oluşur (Akdoğan, 2015: s.42).

Değişken maliyet yöntemi, kısa vadeli yönetim kararlarının alınmasında ve kâr geçiş noktasının belirlenmesinde etkili bir yöntemdir. Değişken maliyet yöntemi ile sabit üretim maliyetleri, üretim maliyeti olarak değil, dönemin gideri olarak görülür. Bu yöntemle sabit üretim maliyetleri oluştukları dönemde gider olarak muhasebeleştirilir (Yükçü, 2015: s.354).

#### ***1.5.1.3. Normal Maliyet Yöntemi***

Bu yöntem, tüm değişken üretim maliyetlerinin ve sabit üretim maliyetlerinin kullanım derecesine göre mahsup edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu yöntem,

maliyetleri hesaplarken, doğrudan hammadde ve malzeme maliyetlerini, doğrudan işçilik maliyetlerini ve tüm değişken genel üretim maliyetlerini ve ayrıca sabit genel üretim maliyetlerinin dönem boyunca kullanılan kapasiteyle ilişkili kısmını kullanır. Boş kapasitelere atfedilebilen sabit genel üretim giderleri nihai faturaya dahil edilir (Akdoğan, 2015: s.42). Kapasite kullanım oranı fiili kapasitenin normal kapasiteye bölünmesi ile bulunur.

#### ***1.5.1.4. Asal (Direkt) Maliyet Yöntemi***

Bu yöntem, ürün maliyetlerine yansıtılması muhtemel doğrudan ve dolaylı maliyet kalemlerinin ayrılmasına dayanmaktadır. Doğrudan maliyetler ürün maliyetlerine mahsup edilirken, dolaylı maliyetler dönem için gider olarak kabul edilir ve gelir tablosunda gösterilir (Yükçü, 2015: s.355). Diğer bir deyişle, üretilen birimlerin üretim maliyetine sadece direkt hammadde maliyeti ve direkt işçilik maliyeti yansıtılmakta ve tüm genel üretim maliyetleri maliyetten çıkarılmaktadır (Akdoğan, 2015: s.44).

Günümüzde otomasyona gidilmesinden dolayı maliyet unsurları içinde en önemli pay genel üretim giderlerine ait olduğundan yöntemin uygulanması imkansızdır (Savcı, 2009: s.66).

#### **1.5.2. Saptanma Zamanına Göre Maliyet Yöntemleri**

Maliyet sisteminin özelliklerini belirleyen bir diğer yöntem de maliyetlerin saptanma zamanıdır. Bu yöntemde göre maliyet üç farklı şekilde hesaplanır.

##### ***1.5.2.1. Fiili Maliyet Yöntemi(Tarihi Maliyet Yöntemi)***

Faaliyet yapıldıktan sonra yapılan harcamaların fiili tutarına göre maliyetlerin hesaplandığı yöntemdir. Maliyetlerin hesaplanması gerçek yöntemlerle yapılır (Akdoğan, 2015: s.45). Bazen geçmiş maliyet (geriye dönük maliyet) bazen de fiili maliyet (gerçekleşen maliyet) yöntemi olarak adlandırılan bu yöntem, uygulamada en çok kullanılan yöntemdir.

Fiili maliyet yönteminde üretim maliyetinin saptanmasında iki temel ilkeye uyulur. Bunlar (Yükçü, 2015: s.351);

- ✓ Üretim faktörleri, ya harcama yaklaşımına göre katılan maliyetlere ya da fiilen ödenen tutarlara dayanmaktadır.
- ✓ Faaliyetin maliyetlemesi, üretim veya hizmet tamamlandıktan sonra yapılır.

Bu yöntemle hesaplama üretim süreci tamamlandıktan sonra yapıldığından düzeltici önlem alınması mümkün değildir. Bu yöntem, diğer yöntemlerin doğruluğunu ölçmek için belirli bir süre sonunda uygulanan bir sistemdir. Bu yöntem tek başına kullanıldığında şirketin sadece muhasebe kayıtları üretmesine yardımcı olur (Ertaş, 2015: s.246).

#### ***1.5.2.2. Tahmini Maliyet Yöntemi***

Geçmiş tecrübeler ve cari girdi fiyatları kullanılarak maliyetlerin tahmin edilmesine ve bu maliyetlerin kayıt altına alınmasına dayanan bir yöntemdir (Akdoğan, 2015: s.45). Maliyetler, geçmiş dönemlerin sonuçlarına ve gelecekteki olası gelişmelere dayalı olarak, sadece bazı istatistiksel veriler kullanılarak dönem sonunda oluşan maliyetlerin tahmin edilmesiyle belirlenir. Başka bir deyişle, bu yöntem, bilimsel olmayan bir şekilde maliyetleri tahmin etmek için geçmiş verileri kullanır (Ertaş, 2015: s.246).

#### ***1.5.2.3. Standart Maliyet Yöntemi***

Bu yöntem, ürün maliyetlerinin bilimsel hesaplamalara dayalı olarak istenilen düzeyde önceden planlanması ve fiili rakamlar yerine maliyet hesaplamalarında kullanılması şeklinde yürütülen bir yöntemdir (Yükçü, 2015:353). Standart maliyet yöntemi kullanılarak belirlenen maliyetler, fonksiyonların, departmanların veya ilgili ürünlerin operasyonlarının gerçek maliyetlerinin ne olması gerektiğini gösterir. Bu yöntemin özelliği, maliyetleri oluşturan kalemlerin istenilen düzeyde belirlenmesi, fiili sonuçlar beklenmeden hesaplamaların yapılması ve maliyet kontrolüne olanak sağlamasıdır. (Ertaş, 2015: s.247).

Bu yöntem etkin maliyet kontrolü sunar. Çünkü bu yöntemle gerçekleşen maliyetler ile standart maliyetler karşılaştırılır. Gerçekleşen maliyetler ile standart maliyetler arasındaki farklar analiz edilir, sapmaların nedenleri bulunur ve düzeltici önlemler başlatılır. Özellikle sanayileşmiş ülkelerde kullanılan yöntem, kurumsal yönetim için etkin bir planlama ve kontrol aracıdır (Savcı, 2009: s.70).

#### ***1.5.3. Üretim Biçimlerine Göre Maliyet Yöntemleri***

İşletmelerde birim maliyetlerin hesaplanmasını etkileyen bir diğer faktör de o firmadaki üretim şartlarıdır. Her işletmenin üretim verimliliğine bağlı olarak maliyetler, sipariş maliyeti yöntemi veya safha (evre) maliyet yöntemi kullanılarak hesaplanır.

### ***1.5.3.1 Sipariş Maliyet Yöntemi***

Özellikle çok farklı tip veya kalitelere ürün üreten firmalarda ve özellikle her ürünü ayrı bir üretim partisi olarak alıp bitiren firmalarda parti bazında maliyetlerin belirlenmesi için geliştirilmiş bir yöntemdir (Büyükmirza, 2016: s.241).

### ***1.5.3.2. Safha(Evre) Maliyet Yöntemi***

Safha maliyeti yöntemi, sürekli ve seri olarak seri üretim yapan firmalarda birbirini takip eden ve birbirine bağlı aşamalarda kullanılmaktadır. Bu yöntem ile aşamalarla ilişkili maliyetlerin ölçülmesi önemlidir (Akdoğan, 2015: s.48).

Bu yöntemle ürün, tam bir ürün haline gelene kadar farklı maliyet merkezlerinde işlenir. Ürünün işlendiği bu tür masraf yerlerinin her biri bir katman olarak kabul edilir. Birim maliyet, her bir düzeyin tüm maliyetleri toplanarak ve o düzeyden geçen ürün birimlerinin sayısına bölünerek hesaplanır. Bu yöntemde ürün miktarı, eşdeğer ürün miktarı olarak tanımlanır (Savcı, 2009: s.73).

## **1.6. MALİYET YÖNETİM SİSTEMLERİ**

Küresel rekabet ortamı ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle üretim sistemlerinde görülen değişiklikler, geleneksel maliyetleme yöntem ve yaklaşımlarının eksikliklerinden dolayı yöntemlerle ilgili yeni yaklaşımların geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu yaklaşımlar çerçevesinde geliştirilen yöntemlerden bazıları şunlardır:

- ✓ Tam zamanında üretim maliyetlemesi
- ✓ Sorumluk muhasebesi sistemi
- ✓ Faaliyet tabanlı maliyetleme
- ✓ Maliyet Hedefleme
- ✓ Kazien maliyetleme
- ✓ Kaynak Tüketim Muhasebesi
- ✓ Yaşam Seyri Maliyetlemesi
- ✓ Kalite Maliyetleri

### **1.6.1. Tam Zamanında Üretim Maliyetlemesi**

Tam zamanında üretim maliyetleri, maliyetlerin minimize edilmesini, kıt kaynakların etkin ve verimli kullanılmasını, değer katan ve değer katmayan faaliyetlerin izlenmesini sağlayan bir sistem olarak tanımlanabilir. Sistemin temel özellikleri, geçiş süresinin hesaplanması, süreç verimliliğinin izlenmesi, pratik kapasite, ürün maliyet

ilişkileri, performans ölçüm kriterleri ve muhasebe kayıtları olarak sınıflandırılmaktadır (Duman vd, 2014: s.16).

Tam zamanında üretim maliyetlemesinin maliyetleme sistemine getirdiği değişiklikler şunlardır (Yükçü, 2015: s.350):

- ✓ Doğrudan maliyetlerin sayısında artış olmuştur,
- ✓ İşgücü maliyetleri yerini büyük ölçüde otomasyona bırakmıştır ve maliyet merkezleri otomasyona bağlı olarak belirlenmektedir,
- ✓ Genel üretim gideri yükleme oranında direkt işçilik saati yerine makine saatinin ağırlığı artmıştır,
- ✓ Stok ve satılan malın maliyeti ayrımının önemi kalmamış, yarı mamullerin eşdeğer mamul birimleri önemini yitirmiştir.

#### **1.6.2. Sorumluluk Muhasebesi Sistemi**

Sorumluluk Muhasebesi, kurumsal sorumluluk alanlarını ve buna karşılık gelen yönetsel başarı ölçümünü dikkate alarak muhasebe verilerinin ve bilgilerinin toplanmasına, işlenmesine ve raporlanmasına dayanan bir muhasebe sistemidir; Maliyetler/giderler, gelirler, varlıklar ve karlar sorumlu yöneticiler tarafından izlenmekte ve kontrol edilmektedir (Özkan,2013: s.157).

Maliyetleri kontrol etmek için sorumluluğun çeşitli düzeylerde devredilmesine ve sabitlenmesine odaklanır. Bu maliyetlerin belirlenmesi, maliyetlerin raporlanması ve maliyetin kontrol edilmesi sorumluluk muhasebesi altında üç temel faaliyet olan bir karar verme ve performans analiz sistemi olup, herhangi bir organizasyonda düzeltilmiş bilgilerin bir kişiden diğerine iletilmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır.

Sorumluluk muhasebesi, planlama ve kontrol teknikleri ile üretim, pazarlama, yönetimden mali işlere kadar herhangi bir organizasyonun genel yönlerini tek bir çatı altında kapsar. Entegre bir sistem olması, âdemi merkeziyetçilik ve bölümlendirme gibi özellikleri organizasyon yönetimini kolaylaştırır, her bir kilit çalışma alanının izlenmesine ve işletilmesine yardımcı olur. Sorumluluk muhasebesi, planlama ve kontrol teknikleri ile üretimden pazarlamaya, yönetimden mali işlere kadar herhangi bir organizasyonun genel yönlerini tek bir çatı altında kapsar (Khurana, 2020: s.24).

### 1.6.3. Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (FTM)

FTM, genel üretim maliyetlerini ürünlere ayırmanın zorluğunu ortadan kaldırmak ve bunları faaliyet merkezleri bazında ücretlendirmek için birden fazla ürün türü ile çalışan firmalar için matematiksel-teknik bir yöntemdir (Yükçü, 2015: s.357).

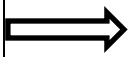
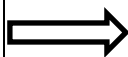
FTM, daha doğru ürün maliyeti bilgisi sağlayan, yöneticilerin doğru karar almalarına yardımcı olacak önemli bilgiler sağlayan bir maliyet muhasebesi sistemidir. Bu metodoloji, genel üretim maliyetinin işletmelerdeki ürünler veya hizmetler tarafından değil faaliyetler tarafından tüketildiği gerçeğine dayanmaktadır, bu nedenle genel üretim maliyetinin tahsisinde bu faaliyetler dikkate alınmalıdır. (Abdioğlu, 2013: s.307).

FTM'nin uygulanması dört adımda gerçekleşmektedir. Bunlar (Savcı, 2009: s.198);

- 1) Organizasyondaki ana faaliyetlerin belirlenmesi,
- 2) Her bir ana faaliyet için maliyet faktörlerinin belirlenmesi,
- 3) Her bir ana faaliyet için maliyet havuzunun oluşturulması,
- 4) Ana faaliyetlerden yararlanma durumuna göre her bir maliyet havuzunda toplanan maliyetin ilgili olduğu mamuller arasında dağıtılmasıdır.

### 1.6.4. Maliyet Hedefleme

Maliyet hedefleme, ürün yaşam döngüsünün ilk aşamalarında kullanılan bir maliyet planlama yöntemidir. Ürün tasarım aşamasında, geleneksel olarak düşünülen kalite ve işlevsellik ile ürünün birim maliyetleri tahmin edilir, daha sonra bu maliyetlere bir kar payı eklenir ve satış fiyatına ulaşılır. Başka bir deyişle, şirket bir fiyat yapıcıdır. Maliyet hedeflemesi ile firma fiyatı belirleyememekte, bunun yerine yoğun rekabet ortamında oluşan fiyatı kabul etmektedir. Geleneksel yaklaşım ile maliyet hedefleme yaklaşımı arasındaki fark aşağıdaki şekil 1.2'de görüldüğü gibidir (Büyükmirza, 2016: s.864).

|                     |                                                                                     |              |   |     |   |              |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---|-----|---|--------------|
| GELENEKSEL YAKLAŞIM |  | Maliyet      | + | Kar | = | Satış Fiyatı |
| MALİYET HEDEFLEME   |  | Satış Fiyatı | - | Kar | = | Maliyet      |

**Şekil 1. 2:** Geleneksel Yaklaşım ve Maliyet Hedefleme Yaklaşımı

Kaynak: Büyükmirza, 2016: 864

Maliyet hedefleme yaklaşımı, ürünün satış fiyatından, firmanın kar payını düşerek firma için katlanılabilir maliyeti hesaplayıp, mamul tasarımının buna göre yapılmasını sağlayan uygulamadır.

#### **1.6.5. Kaizen Maliyetleme**

Çatışma yönetimi yapısının ve işgücü sıkıntısının hükümetler ve şirket liderleri tarafından kabul edilmesinden sonra son yıllarda ortaya çıkan ve sürekli iyileştirmeyi hedefleyen Japon kökenli bir yöntemdir (Terzi, 2017: s.226). Hedef maliyetleme ile nihai ürünün üretimine başlandıktan sonra devreye giren bir hesaplama yöntemidir. Kaizen Maliyetleme, ürün yaşam döngüsünün üretim aşamasında küçük iyileştirmelerle sürekli maliyet düşürme yaklaşımıdır (Büyükmirza, 2016: s.865).

Bu yöntemin temel çıkış noktası, hiçbir şeyin mükemmel olmadığı ve her zaman daha iyiye ulaşılabileceğidir. Başka bir deyişle, özellikle değişken maliyetlerde her zaman bir azalmanın sağlanabileceği görüşü vardır. Maliyet uyumunun amacı maliyetler iken, kaizen maliyet muhasebesi maliyetleri düşürmeyi amaçlar (Öğünç ve Doğru, 2017: s.2).

#### **1.6.6. Kaynak Tüketim Muhasebesi (KTM)**

Kaynak Tüketim Muhasebesi, 2000'li yılların başında ortaya çıkan, maliyetleri en aza indirmek ve geliri en üst düzeye çıkarmak, verimliliği artırmak ve daha başarılı olmak için daha yüksek seviyelere ulaşmaya, uygun güvenilir bilgiler oluşturmaya ve hepsi bir arada rekabetçi pazara odaklanan bir yönetim muhasebesi yaklaşımıdır. Bu sistem, Alman işletme muhasebesinin üstün ve faydalı yönlerini içeren FTM yaklaşımı ile “marjinal maliyet muhasebesi” (GKR) yaklaşımının birleşiminden oluşmaktadır (Tanış, 2018: s.22).

FTM, öncelikle kullanılan kaynakların maliyetini faaliyetler arasında dağıtarak faaliyet merkezlerini hesaplar: daha sonra her bir aktivitenin yükleme ölçüsünü kullanarak bu maliyeti ürünlere atar. KTM ise giderleri bireysel faaliyetlere dağıtmak yerine önce kaynak havuzlarında toplayıp oradan faaliyet havuzlarına aktararak ve faaliyet havuzlarından ürünlere yükleyerek bu zorluğu büyük ölçüde ortadan kaldırmaktadır. FTM ve KTM karşılaştırması şekil 1.3’de gösterilmiştir (Büyükmirza, 2016: s.854).



**Şekil 1. 3:** Faaliyet Tabanlı Maliyetleme (FTM) ve Kaynak Tüketim Muhasebesi (KTM)

Kaynak: Büyükmirza, 2016: s.854

### 1.6.7. Yaşam Seyri Maliyetlemesi (YSM)

Ürün yaşam döngüsü maliyet yaklaşımı, ürünün üretilmesine karar verilmesinden, ürünün faydalı ömrünün sonuna ve piyasadan çekilmesine kadar geçen süreçte katlanılan maliyetlere dayanan bir maliyet yönetimi yaklaşımıdır. Diğer bir deyişle, ürün yaşam döngüsü maliyeti, ürünün ömrü boyunca katlanılan kümülatif maliyetlerin toplamıdır (Çiftçi, 2012: s.30).

Geleneksel muhasebe yöntemleri ürünün olgunluk ve bozulma aşamalarındaki maliyetlere odaklanırken, YSM ürünün yaşam döngüsünün tüm aşamalarında oluşan maliyetlere odaklanır. YSM'nin temeli, ürünün tasarım aşamasındaki maliyetinin, yani ürün üretilmeden önce katlanılan maliyetlerin, uzun vadede karı maksimize etmesi, ürünün ömrü boyunca maliyetleri düşürmesi, görünmeyen maliyetleri minimize etmesi ve müşteri memnuniyetini maksimize etmesidir. (Otlu ve Karaca, 2005: s.249). Mamul yaşam seyri maliyetlemesi yaklaşımının sağlayacağı faydalar (Çiftçi, 2012: s.31):

- ✓ Gerçekleşmiş ve gerçekleşmesi beklenen maliyetlerin karşılaştırılmasını sağlamak,
- ✓ İşletmelerin fiyat kararı almasına yardımcı olmak,
- ✓ Ürün kârlılığını tespit etmek,
- ✓ Sosyal sorumluluk kapsamında çevre dostu mamuller üretilmesine katkıda bulunmak
- ✓ Satış sonrası maliyet faktörlerinin belirlenmesine yardımcı olmak,
- ✓ Yönetim stratejilerini belirlemeye ve geliştirmeye yardımcı olmaktır.

### 1.6.8. Kalite Maliyetleri

Kalite maliyeti, üretim sırasında veya ürün müşteriye teslim edildikten sonra hataları önlemek için alınan önlemler, planlı kalite kontrolleri ve gözlenen hatalar sonucu oluşan maliyetlerdir (Yükçü, 1999: s.90).

Kalitenin bir ölçüsü olan kalite maliyetleri, kalite iyileştirme ve değişim için en uygun kriterlerden biridir. İşletmenin kalite hedeflerini karşılayıp karşılamadığına dair somut bir ölçüm elde etmek için kalite maliyetlerinin hem nicelik hem de miktar olarak bilinmesi gerekir. Firmalar için maliyetli olan yüksek kaliteli mal ve hizmetlerin üretimi değil, kalitesiz veya standartların altında mal ve hizmetlerin üretilmesidir. (Çabuk, 2005: s.2).

Kalite maliyetleri ürün, departman veya tüm organizasyon için aylık, üç aylık vb. sürelerle hesaplanabilir. Raporlarda dönem karşılaştırmaları, bir önceki yılın aynı dönemine göre gelişmeler, kalite maliyet bileşenlerinin gelişimi vb. çeşitli grafiksel gösterimlerle sunulmaktadır. Her kuruluşun kendi özelliklerine göre en uygun raporlama şemasını ve alanını bulması gerekir.

Kalite maliyetlerinin hesaplanmasında çeşitli modeller kullanılmaktadır. Bunlar (Feigenbaum, 1956: s.99):

- ✓ Süreç maliyetleme,
- ✓ Süreç maliyet modeli,
- ✓ Fırsat ve maddi olmayan maliyet modeli,
- ✓ Crosby modeli,
- ✓ PAF (Önleme-Değerlendirme-Başarısızlık) modelidir.

Bu yöntemlerden en fazla kullanılan yöntem PAF yöntemidir.

### 1.7. MALİYET TAHMİN YÖNTEMLERİ

Tahmin kelime anlamı olarak değerlendirme, oranlama anlamlarına gelmektedir ve bilimsel yönetim için oldukça önemlidir. Çünkü doğru tahmin karar vericilerin alacağı kararlarının doğruluğunu ve kalitesini yükseltmektedir. Tahmin, tecrübeye dayalı olarak elde edilen verilerin, gelecek dönemlerin belirsizliklerini azaltmak ve gelecek projeksiyonlarına yansıtmak amacıyla bazı matematiksel ve istatistiksel yöntemlere dayalı olarak hesaplanmasıdır. (Apalı ve Acun, 2018: s.1240).

İşletmeler günlük işleri veya görevleri sırasında farklı kararlar almak zorunda kalabilirler. İşletmelerin daha çok kar elde etmeleri veya faaliyetlerini devam

ettirebilmeleri için geleceklerini şansa bırakmamak yani önceden planlama yapmak çok önemlidir. Belirsizliğin çok olduğu günümüzde ileriye dönük tahmin çalışmaları planlama yapmak için büyük önem taşımaktadır (Meydan, 2007: s.1).

Belirsizliğin çok olduğu günümüz dünyasında bireylerin, şirketlerin, kurumların ve toplumların geleceklerini şansa bırakmak yerine önceden planlamaları çok önemlidir. Bu planları uygulamak için bu plan ve programları tasarlamak, geleceğe yönelik bir takım kararları da gerektirir. İleriye dönük tahmin çalışmaları, geleceğe yönelik kararlar alınırken büyük önem taşımaktadır (Chen, 2000: s.7).

İşletmelerin geleceğe yönelik alacakları kararlarda maliyet tahminlerinin doğru yapılması son derece önemlidir. Gelecek dönemlerle ilgili bazı belirsizlikleri en aza indirmek, işletmenin faaliyetlerini devam ettirebilmek ve sektördeki yerini sağlamlaştırabilmek için geçmiş deneyimlere dayalı olarak elde edilen verilerin matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle hesaplanması ve gelecek tahminlerine yansıtılması karar vericilerin bilinçli kararlar vermesine yardımcı olur.

Karar vericiler, klasik maliyetleme yöntemlerinin eksikliklerini gidermek, doğru ve güvenilir maliyet verisi taleplerini karşılamak için klasik maliyetleme yöntemlerinin yanında daha çok teknik bilimlerde kullanılmakta olan bulanık mantık, gri sistem teorisi vb. çeşitli yöntemleri maliyet tahmininde de kullanmaya çalışmışlardır. İşletmeler bu yöntemlerle stok yönetimini daha iyi yönetebilmekte, müşterilerine daha kaliteli hizmet verebilmekte ve daha da önemlisi kârı maximize etmeyi sağlamaktadırlar (Apalı ve Acun, 2018: s.1241).

Maliyet tahmini, bir ögenin, ürünün, programın veya görevin gelecekteki maliyetine ilişkin bir tahminde bulunmak için geçmiş verileri toplama ve analiz etme ve nicel modeller, teknikler, araçlar ve veri tabanları uygulama sürecidir. Maliyet tahmini, o sırada mevcut olan bilgilere dayalı olarak bir şeyin olası değerini (veya maliyetini), kapsamını veya karakterini yaklaşık olarak tahmin etme sanatının ve teknolojisinin uygulanmasıdır (Mislick ve Nussbaum, 2014: s.11).

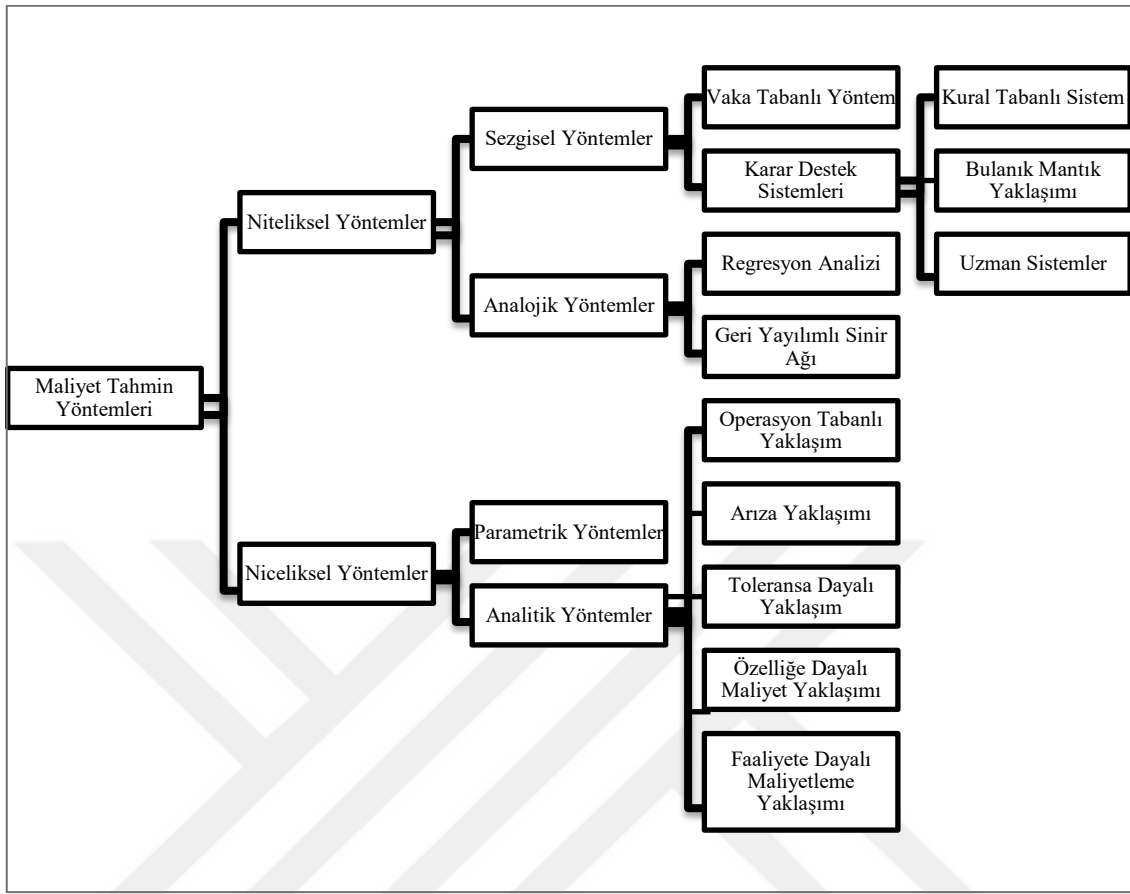
Maliyet tahmininde açıklanması gereken birçok özellik bulunmaktadır. Ancak olması gereken en önemli özellikler makullük, güvenilirlik ve analitik olarak açıklanabilirliktir. Bunların yanında iyi bir tahminde bulunması gereken diğer özellikler şöyledir (Mislick ve Nussbaum, 2014: s.13):

- ✓ Tahmin için geçmişe dair verilerin düzenli ve ayrıntılı olması gerekmektedir.

- ✓ Tahmin için işletmenin yapısına, faaliyette bulunduğu sektörün özelliklerine göre en iyi tahmin tekniği kullanılmalıdır.
- ✓ Tahmin karar vericiler tarafından anlaşılabilir olmalıdır.
- ✓ Tahmin geleceğe dair belirsizlik ve riskleri dikkate alınmalıdır.
- ✓ Tahmin için maliyet ve zamandan kaçınılmamalıdır.
- ✓ Tahmin izlenebilir ve denetlenebilir olmalıdır.

Maliyet tahminin işletmeler üzerinde doğrudan bir etkisi vardır. Çünkü maliyet tahminin fazla yapılması piyasa rekabet şansının azalmasına neden olurken, maliyet tahmininin az yapılması işletmeye finansal kayıplara neden olabilir. Bu kritik rol nedeniyle yönetim politikaları ve iş kararları için kilit konu olmuştur. Sonuç olarak doğru ve tutarlı maliyet tahmini hem işletmenin rekabet gücünü artırmak hem de düşük maliyet ve yüksek kalite mamul üretmek için işletmeler için bir odak noktası olmuştur (Niazi vd, 2006: s.563).

Maliyet tahmini için çeşitli sınıflandırılmalar yapılmıştır. Bunlardan en kapsamlı olanını Niazi vd. 2006 yılında yapılan çalışma kapsamaktadır. Bu sınıflandırma aşağıda görüldüğü gibi öncelikle niceliksel ve niteliksel olarak iki ana başlığa ayrılmış sonrasında kendi arasında veri ve kullanılan yöntemlere göre alt başlıklara ayrılmıştır (Niazi, 2006: s.564).



**Şekil 1. 4: Maliyet Tahmin Yöntemleri**

Kaynak: Niazi vd. Product Cost Estimation: Technique Classification and Methodology Review 2006: s.569.

#### 1.7.1. Parametrik Yöntem

Parametrik tahmin, geçmiş veriler ile diğer değişkenler arasında istatistiksel ilişkiler kurar ve maliyet, bütçe ve zaman gibi faaliyet parametreleri için tahmini değerler sağlar. Bu teknikle, modelin karmaşıklığına ve modeldeki temel verilere bağlı olarak daha yüksek doğruluk seviyeleri elde edilebilir. Parametrik tahmin tekniği, diğer maliyet tahmin yöntemleriyle birlikte kullanılabilir ve hem belirli bir bölüme hem de projenin tamamına uygulanabilir (Namlı, 2012: s.19).

#### 1.7.2. Karar Destek Sistemleri (KDS)

Karar Destek Sistemi (KDS) kavramı 1972 yılında Peter G. Keen tarafından ortaya atılmıştır. Keen, KDS'yi, karar vermede yöneticiye yardımcı olan ancak asla onun yerini almayan bir sistem olarak tanımlamıştır. KDS, karışık iş problemlerini çözmek için insan zekasının, bilgi teknolojisinin ve yazılımın birlikte çalıştığı bir sistemdir.

KDS, yöneticilere karar vermede çeşitli (model,bilgi, yazılım, hesaplama, uzantı desteği (analiz) vb...) destekler sağlamak üzere geliştirilmiş bir tür yönetim bilgi sistemidir. KDS, iş kararlarını desteklemek için dahili ve harici kaynaklardan bir model tabanı, bilgi veri tabanı sağlayan, internet üzerinden erişilebilen bilgisayar destekli bir bilgi sistemidir.

#### ***1.7.2.1. Uzman sistemler***

Uzman sistemler, bilgili bir kişi tarafından çözülebilecek karmaşık problemlerin çözümünü sağlar. Uzman sistem, sembolik işlemleri kullanarak yönetim bilimine yeni bir boyut kazandırmıştır. Uzman sistemde bilgisayar destekli bir sistemlerdir. Sadece belirli bir alanda ilgili bilgilerle donatılmış ve bu alandaki bir uzman gibi problem çözümleri sunabilen bilgisayar programlarıdır. İyi düşünülmüş sistemler, belirli problemleri çözmede uzmanların düşünce süreçlerini taklit eder. Uzman sistem teriminin kullanılmasının amacı, çok sayıda uzmanın sahibi olduğu bilgiye sahip bir sistem oluşturularak onların yerini alma eğiliminde olmasıdır. Ancak böyle bir sisteme sahip olmak sizi uzman yapmaz, bir uzmanın işinin bir kısmını veya tamamını yapmasını sağlar. Dolayısıyla sistemin bu işlevi, organizasyonlar ve yönetim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. (Bozüyük vd., 2005: s.25).

#### ***1.7.2.2. Kural Tabanlı Sistemler***

Kurallar, yani if-then (eğer-ise) ifadeleri, genellikle anlaşılması kolay olduğu düşünüldüğünden, birçok bilgi biçimini sunmanın en uygun yollarıdır. Kurallar, çıkarılabilecek sonuçları belirlemek veya bunları eylemlerinin uygulanması gereken koşullarla ilişkilendirmek için kullanılabilir. Bu nedenle kurallar, uzman veya KDS'lerin yanı sıra bilgi tabanlı kontrollerin en popüler yapı taşlarıdır. Bilgisayar ifadesi için gerekli olan soyutlama ve biçimsel netlik ile insan düşüncesini dengelemenin en iyi yollarından biri gibi görünmektedirler. Kural tabanlı bir sistem bilgi tabanı, çıkarım motoru ve uygulama ara yüzü olmak üzere genellikle üç kısımdan oluşur. Bilgi tabanı, uygulama alanıyla ilgili bilgileri temsil eden kuralları içerir. Çıkarım motoru, hangi kuralların uygulanabileceğini kontrol eder ve sonuçlar çıkarır veya eylemleri tetikler. Uygulama ara yüzü, kullanıcının sistemle iletişim kurmasını sağlar veya hangi sensör bilgilerinin kontrolöre iletileceğini iletir. (Borgelt ve Kruse, 2006: s.169).

### **1.7.2.3. Bulanık Mantık**

Bulanık mantık bu tezin yöntemlerinden biri olduğu için çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ele alındığından burada ayrıca ele alınmayacaktır.

### **1.7.3. Geri Yayılımlı Sinir Ağı**

Geri beslemeli bir sinir ağı, bir girdi katmanına, bir çıktı katmanına ve en az bir gizli katmana sahiptir. Gizli katman sayısı; veri sayısı ve veriler arasındaki korelasyon veya deneme yanılma ile belirlenir. Öğrenme işlemi sırasında, ağ boyunca bir ileri tarama gerçekleştirilir ve sonraki bir düğüm satırının çıktısı hesaplanır ve çıktı katmanına iletilir. Burada istenen değerler ile çıktı katmanına aktarılan değerler karşılaştırılır. Daha sonra bu iki değer arasındaki hata oranını azaltmak için ağ başa döner ve ağırlık değerlerini katman elemanlarının arasına yerleştirerek işlemi tekrarlar. Kısacası ağ yapısının temel amacı, çıktı katmanının değerleri ile istenen sonuç değerleri arasındaki hatayı en aza indirmektir. (Yıldıran ve Kandemir, 2018: s.99).

### **1.7.4. Operasyon Tabanlı Yaklaşım**

Bu yaklaşım genel olarak bilgi türü nedeniyle nihai tasarım aşamalarında kullanılan gerekli ve üretimi tahmin etmek için yapılan ilk girişimlerden biridir. Yaklaşım, üretimin tahmin edilmesini sağlar.

### **1.7.5. Arıza Yaklaşımı**

Bu yöntem ürün maliyeti, malzeme maliyetleri ve genel giderler de dahil olmak üzere bir ürünün üretim döngüsü içinde ortaya çıkan tüm maliyetleri toplamaktadır. Yöntemin işlemesi için, satın alma dahil bir ürünü üretmek için tüketilen kaynaklar, işleme ve bakım hakkında ayrıntılı bilgi gerektirir.

### **1.7.6. Toleransa Dayalı Maliyet Modelleri**

Bu yöntemin amacı, tasarım toleranslarını dikkate alarak ürün maliyetini tahmin etmektir.

## BÖLÜM 2

### GRİ TAHMİN VE BULANIK MANTIK YÖNTEMLERİ

Çalışmanın ikinci bölümünde gri tahmin ve bulanık mantık yöntemlerinden sözedilecektir. İlk olarak çalışmanın yöntemlerinden biri olan gri sistem teorisi ve gri tahmin yöntemi kavramsal olarak açıklanmaya çalışılacaktır. Birikim oluşturma işlemi, ters birikim oluşturma işlemi, gri differansiyel denklemler, GM(1,1) modeli ve gri model hata analizi detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Daha sonra çalışmanın yöntemlerinden bir diğeri bulanık mantık yöntemi kavramsal olarak açıklanacaktır. Bulanık mantık kuramı, bulanık küme teorisi, bulanık mantığın aşamaları konuları ele alınacaktır.

#### 2.1. GRİ SİSTEM TEORİSİ VE GRİ TAHMİN YÖNTEMİ

Sistem teorisinde, bir sistem, sistem hakkında net bilgilerin büyüklüğünü temsil eden bir renkle tanımlanabilir. Örneğin, bir kara kutu sisteminde dâhili özelliklerinin veya dinamiklerini tanımlayan matematiksel denklemler tamamen bilinmiyorsa siyah sistem, eğer sistemin tanımı tamamen bilinir ise bu durumda beyaz sistem ve sistem belirsizlik içeriyorsa bu durumda gri sistem olarak adlandırılır. Gerçekte, her sistem gri bir sistem olarak modellenebilir çünkü sistemde her zaman bir miktar belirsizlik vardır. Bir sistem içindeki ve dışındaki karmaşıklık ve kısıtlamalar nedeniyle, bilişsel yeteneklerimiz arasında sistem hakkında edinebileceğimiz bilgiler her zaman eksik ve kapsam olarak sınırlıdır. (Zeng vd.,2013: s.3400).

Gri sistem teorisi, yirminci yüzyılda 1980'lerde ünlü bir Çinli bilim insanı Deng Ju-long tarafından öne sürüldü ve geliştirildi. Gri sistem teorisi ile ekonomi analizleri, yönetim ve organizasyon, askeri sistemler, sosyal sistemler vb. birçok alanda uygulama yapılmıştır (Ji vd, 2011: s.192).

Gri sistem teorisi araştırma hedefi olarak, kısmen bilinen ve bilinmeyen belirsiz sistemlerden değerli bilgileri alarak ve onlar üzerinde çalışma yaparak geliştirmek suretiyle araştırma konusunda doğru açıklamaları ortaya çıkarmayı belirler (Mohammadalirezai, 2019: s.33).

Gri sistem teorisi, belirsiz sistemlerin analizinde doğru, eksiksiz ve kesin sonuçlar elde etmenin mümkün olmadığı durumlara yanıt olarak geliştirilen, sahip olunan sınırlı verileri kullanarak tahminler yapabilen bir sistemdir (Acun, 2018: s.57).

Gri sistem teorisinin ortaya çıkmasındaki temel varsayım, çeşitli (skotastik, bulanık vb.) sistemlerle sonuç alınamayan belirsiz sistemlerin yanıtlarının veya analizlerinin az sayıda veri yardımı ile tahmin edilebilmesidir. Gri sistem, belirsizliğin olduğu ve yeterli bilginin olmadığı durumlarda elde edilecek sonuçların daha anlamlı olması için tercih edilen bir teori olarak olarak karşımıza çıkmaktadır (Aydemir vd., 2013: s.188).

Gri sistemin teorisi ve yöntemi sayesinde, insanlar bir sistemin gelişen kuralını bulabilir ve yönetebilir ve orijinal verileri işleyerek ve bir gri matematik modeli oluşturarak hedef sistemin ölçülebilir bir tahminini yapabilir (Ji vd, 2011: s.193).

Gri sistem teorisi gri üretim, gri modelleme, gri tahmin, gri karar, gri ilişki analizi ve gri kontrol olma üzere altı başlık altında incelenir (Tsai vd., 2003: s.46).

**Gri Üretim:** Gri üretim bilgileri desteklemek için veri işlemedir. Burada karmaşık ve sıkıcı verilerin işlenerek, bir sayı dizisinin beyazlatılması olan net bir kural elde edilmesi amaçlanmaktadır.

**Gri Modelleme:** Bu, modelin beyazlatılması olan bir dizi gri varyasyon denklemi ve Gri diferansiyel denklem oluşturmak için 1. adımda yapılır.

**Gri Tahmin:** Gri tahmin yöntemi, mevcut veriler kullanılarak gri model GM (1,1) yardımıyla gelecekle ilgili tahminler yapmak için geliştirilmiştir.

**Gri Karar:** Durumun beyazlatılması olarak adlandırılan kusurlu karşı önlem ve belirsiz durum altında bir karar verilir.

**Gri İlişki Analizi:** Gri ilişkisel analiz, faktör ilişkisinin beyazlatma olarak adlandırılan çeşitli faktörlerinin ve bunların ilişkisinin tüm etkilerini ölçer.

**Gri Kontrol:** Sistem hareket verileri üzerinde çalışarak elde ettiği hareket geliştirme kuralı yardımıyla geleceğin davranışını tahmin ettikten sonra sistemi kontrol etmek için sisteme geri yüklenmesidir.

Tahmin sorununun uygulanmasında çok sayıda yöntem önerilmiştir. Özellikle gri teori bunlardan biridir. Gri teori, Deng tarafından nadir veya eksik verilerle belirsiz sorunların çözümü için önerilmiştir. Şimdiye kadar, gri teori finans, fiziksel kontrol, mühendislik ve ekonomi vb. alanlarda başarılı bir şekilde uygulanmıştır. GM (1,1) modeli, seri tahmin problemlerinde en popüler modellerden biridir (Lian vd,2004: s.535).

Genellikle, orijinal verilere dayalı bir diferansiyel denklem oluşturulur, böylece orijinal veriler arasındaki rastgele bozulma zayıflatılır ve içerilen eksiksiz bilgi biriken üretimle güçlendirilir (Ji vd,2011: s.1193).

### 2.1.1. Birikim Oluşturma İşlemi (BOİ)

Biriktirme işlemi gri sistemlerde kullanılan beyazlatma yöntemidir (Eren,2017: s.66).

Birikim oluşturma denklemi aşamaları aşağıdaki gibidir(Avcı,2018: 47):

$$X^{(0)} = \left( X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n) \right) \quad (2.1)$$

$$X^{(0)}D = \left( X^{(0)}(1)d, X^{(0)}(2)d, X^{(0)}(3)d, \dots, X^{(0)}(n)d \right) \text{ olur.} \quad (2.2)$$

Burada:

$$X^{(0)}(k)d = \sum_{i=1}^k X^0(i), k = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

olmak üzere,  $D$   $X^{(0)}$  serisinin birinci dereceden birikim oluşturma operatörüdür ve 1- BOİ olarak gösterilir.  $D^r$ ,  $X^{(0)}$ 'ın r. dereceden operatörü ise r kez D operatörünün uygulanması ile elde edilir ve r-BOİ olarak gösterilir.

$$X^{(0)}D = X^{(1)} = \left( X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), X^{(1)}(3), \dots, X^{(1)}(n) \right) \quad (2.4)$$

$$X^{(0)}D^r = X^{(r)} = \left( X^{(r)}(1), X^{(r)}(2), X^{(r)}(3), \dots, X^{(r)}(n) \right) \quad (2.5)$$

olur. Burada:

$$X^{(r)}(k) = \sum_{i=1}^k X^{(r-1)}(i), k = 1, 2, \dots, n' \text{ dir.} \quad (2.6)$$

### 2.1.2. Ters Birikim Oluşturma İşlemi (TBOİ)

Ters birikim oluşturma süreci, biriktirme işlemi sonucunda oluşan verilerin orijinal verilere geri döndürülmesi sürecidir (Yılmaz,2013: s.19).

Ters birikim oluşturma işleminin aşamaları aşağıdaki gibidir:

$X^{(0)}$  negatif olmayan bir veri serisi ve D bir dizi operatörü olmak üzere:

$$X^{(1)} = \left( X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), X^{(1)}(3), \dots, X^{(1)}(n) \right) \quad (2.7)$$

$$X^{(0)}\bar{D} = X^{(0)} = \left( X^{(1)}(1)\bar{d}, X^{(1)}(2)\bar{d}, X^{(1)}(3)\bar{d}, \dots, X^{(1)}(n)\bar{d} \right) \quad (2.8)$$

Burada:

$$X^{(1)}(k)\bar{d} = X^{(1)}(k) - X^{(1)}(k-1), k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.9)$$

ve  $\bar{D} X^1$  serisinin birinci dereceden ters birikim oluşturma operatörüdür ve 1-TBOİ olarak gösterilir.  $\bar{D}^r, X^{r'}$  nin r. dereceden operatörü ise r kez  $\bar{D}$  operatörünün uygulanması ile elde edilir ve r-TBOİ olarak gösterilir.

$$X^{(1)}\bar{D} = X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n)) \quad (2.10)$$

$$X^{(r)}\bar{D} = X^{(r-1)}\bar{D}^{r-1} = (X^{(r-1)}(1), X^{(r-1)}(2), X^{(r-1)}(3), \dots, X^{(r-1)}(n)) \quad (2.11)$$

Burada

$$X^{(r-1)}(k) = X^{(r)}(k) - X^{(r)}(k-1), k = 1, 2, 3, \dots, n' \text{ dir.} \quad (2.12)$$

### 2.1.3. Gri Differansiyel Denklemler

Aşağıdaki herhangi bir differansiyel denklemi ele aldığımızda,

$$\frac{dx}{dt} + ax = b \quad (2.13)$$

$\frac{dx}{dt}$  fonksiyonun türevi,  $x$ ,  $\frac{dx'}{dt}$  nin arka plan değeri: a ve b ise differansiyel denklemin parametreleridir. Buna göre;

$$X^0(k) + az^{(1)} = b \quad (2.14)$$

Burada:

$$Z^{(1)}(k) = 0,5 x^{(1)}(k) + 0,5 x^{(1)}(k-1) \text{ 'dir.} \quad (2.15)$$

Elde ettiğimiz bu denklem bir gri differansiyel denklemdir.

### 2.1.4. Gri Model (n,m) Modeli

Gri modelin genel formu GM (n, m)'dir: Burada n, diferansiyel denkleminin derecesini ve m, gri değişkenlerin sayısını temsil eden bir modeldir. Katlanarak artan denklem için, n ve değişken sayıda m oluşturma süresi artar. Ayrıca, büyük n ve m değerlerinin kullanılması, gelişmiş tahmin doğruluğunu garanti etmez. Bu nedenle GM (1,1) modeli, tahmin uygulaması için çeşitli gri sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Lian vd,2005: s.1049).

### 2.1.5. Gri Model (1,1) Modeli

Birçok gri model tanımlanmasına rağmen, hesaplama kolaylığı ve yüksek etkinliği sebebiyle literatürde en çok tercih edilen birinci dereceden, tek değişkenli gri modeli ifade eden modeldir. Model, anlık değişimlere uyum sağlayabilecek katsayılarla sahip veriler arasındaki ilişkileri zaman serisi şeklinde bulmak, bu ilişkilere göre modellemek ve daha sonra elde edilen model ile tahmin işlemini gerçekleştirmek için

kullanılır. Diğer bir deyişle, GM(1,1) modeli tahmine uygun yeni verileri modele uyarlayabilen, dolayısıyla etkin tahminler yapabilen bir modeldir. (Kayacan, 2010: s.1785).

Tahmin değerlerini oluşturmak için ilk işlem olarak birikim oluşturma işlemi yapılır ve eldeki veriler kümülatif biçime dönüştürülür. Tahmin değerlerine ulaşmak için gerekli matematiksel işlem yapılarak diferansiyel denklem çözülür. Elde edilen kümülatif tahmin değerlerine ters birikim oluşturma işlemi kullanılarak asıl tahmin değerlerine ulaşılır (Yılmaz,2013: s.21).

Temel GM(1,1) modeli 6 adım oluşan bir modeldir. Bu adımlar:

1)  $X^0$  negatif olmayan orijinal veri serisidir.

$$X^0 = (X^0(1), X^0(2), \dots, X^0(n)) \quad X^0(k) \geq 0 \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (2.16)$$

2)  $X^0$  serisinin kümülatif toplamından yeni  $X^1$  serisi elde edilir.

$$\sum_{X^1(k)=i=1}^k X^0(i) \quad (2.17)$$

$$X^1 = (X^1(1), X^1(2), \dots, X^1(n)) \quad (2.18)$$

3)  $X^1$  serisinden yararlanarak  $Z^1$  serisi oluşturulur.

$$\sum_k 0,5X_{(k)}^1 + 0,5X_{(k-1)}^1 \quad k=1,2,3,\dots,n \quad (2.19)$$

$$Z^1 = (Z^1(1), Z^1(2), \dots, Z^1(n)) \quad (2.20)$$

4)  $X^{(0)}(k) + a.z^{(1)} = b$  eşitliğinde yer alan a ve b parametreleri tahmin edilir.

Parametre değerleri aşağıda verilen denklem kullanılarak en küçük kareler yöntemi ile hesaplanır.

$$X^{(0)}(2) + a.z^{(1)}(2) = b \quad (2.21)$$

$$X^{(0)}(3) + a.z^{(1)}(3) = b \quad (2.22)$$

$$X^{(0)}(4) + a.z^{(1)}(4) = b \quad (2.23)$$

.....

$$X^{(0)}(n) + a.z^{(1)}(n) = b \quad (2.24)$$

Bu denklemler matris sistemlerine dönüştürüldüğü zaman “Y” ve “B” matrisleri elde edilir.

$$Y = \begin{bmatrix} X^0(2) \\ X^0(3) \\ \dots \\ X^0(n) \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -Z^1(2) & 1 \\ -Z^1(3) & 1 \\ \dots & \dots \\ -Z^1(n) & 1 \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

GM(1,1)'in parametrelerini oluşturan  $\widehat{a}$  vektörünü elde edebilmek için (2.27), (2.28), (2.29)'da tanımlanan işlemler gerçekleştirilir.

$$Y = B \cdot \widehat{a} \quad (2.27)$$

$$B^T \cdot Y = B^T \cdot B \cdot \widehat{a} \quad (2.28)$$

$$\widehat{a} = [a, b]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y \quad (2.29)$$

5) Denklem (2.30)'daki eşitlik çözülür ve (2.31)'deki tahmin modeli elde edilir.

$$\frac{dx^{(1)}(t)}{dt} + ax^{(1)}(k) = b \quad (2.30)$$

$$\widehat{X}^1(k+1) = \left[ X^0(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \quad k=1,2,\dots,n \quad (2.31)$$

6) Elde edilen tahmini değerler kümülatif değerler olduğu için ters kümülatif işlemi uygulanır.

$$\widehat{X}^1(k+1) = \widehat{X}^1(k+1) - \widehat{X}^1(k) \quad k=1,2,\dots,n \quad (2.32)$$

### 2.1.6. Gri Modelin Hata Analizi

En iyi tahmin modelinin seçilmesi için kullanılan en yaygın ölçütlerden biri, tahmin modellerinin tahmin başarısının yüksekliğidir. Örneğin, iki modelin faydası ve geçerliliği eşit olduğunda, iki modelin tahmin başarıları karşılaştırılmakta ve daha iyi öngörü doğruluğu sağlayan model tercih edilmektedir. Bunun için modellerin tahmin doğruluğunu değerlendirebilmek için literatürde çeşitli istatistik modeller kullanılmaktadır (Yılmaz,2013: s.26).

Modellerin tahmin doğruluğunun ölçülmesinde kullanılan istatistiki yöntemler şunlardır (Sallehuddin vd.,2007: s.586,; Yılmaz,2013: s.26):

- ✓ Kareler Ortalaması Hata (KOH)
- ✓ Kareler Ortalamasının Karekökü Hata (KOKH)
- ✓ Ortalama Mutlak Yüzde Hata (OMYH)
- ✓ Ortalama Mutlak Hata (OMH)
- ✓ Ortalama Yüzde Hata (OYH)
- ✓ Theil-U istatistiği

Yukarıdaki bazı modellerin formülleri aşağıda gösterilmiştir.

$$OMYH = \frac{\sum |(y_t - \bar{y}_t)/y_t|}{n} \times 100$$

$$OMH = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y}_t)}{n}$$

$$KOH = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y}_t)^2}{n}$$

$$KOKH = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y}_t)^2}$$

$y_t$ = Belirlenen t döneminde gerçekleşen değeri

$y$ = Öngörülen değeri

$n$ = Öngörülen dönem sayısı

## 2.2. BULANIK MANTIK

Mantık kelimesinin Farabi tarafından eski Yunan’da söz, düşünme, akıl, oran anlamlarına gelen “logos” kelimesinin Arapça karşılığı olan ‘nutk’ kelimesinden türetildiğini ifade edilmiştir. Mantık, bilginin yapısını inceleyen, doğru ile yanlışın ayırımı yapan disiplindir (Bolayır,2016: s.69).

Klasik mantık sürecinin ilim olarak incelenmesi Aristo ile başlamıştır. Klasik mantık “ikili mantık” , “siyah-beyaz mantık” olarak adlandırılır. Klasik mantıkta akıl yürütme yapılırken birtakım ilkelerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bunlar: özdeşlik, çelişmezlik ve üçüncünün olmazlığı ilkeleridir. Üçüncünün olmazlığı ilkesi klasik mantığın temelini oluşturmaktadır. Üçüncünün olmazlığı ilkesinde bir şey ya “doğru” ya da “yanlış” tır. Yani üçüncü bir seçenek yoktur (Karataş,2018: s.149).

Tarihteki düşünürler Aristo mantığına şiddetli eleştiri getirmişlerdir. Bu eleştiriler:

- ✓ Doğru mantığın insanın tabiatında var olması,
- ✓ Klasik mantığın şekle dayanması,
- ✓ Klâsik mantığın Metafizik Karakterde Olması,
- ✓ Klâsik mantığın Zor ve Yetersiz Olması,
- ✓ Klâsik mantığın Bazı Yanlış Prensipleri Benimsemesi,
- ✓ İslâm düşüncesi açısından klâsik mantığın eleştirilmesi şeklindedir.

Aristo mantığına getirilen bu çelişki ve eksiklikler düşünürlerin alternatif mantık anlayışı arayışına girmelerine neden olmuştur (Vural,2002: s.181).

Klasik mantığın üçüncü ilkesi olan “üçüncünün olmazlığı ilkesi”nden şüphe edilince düşünürler tarafından Aristo mantığının yerine başka mantıklar araştırılmaya başlanmıştır. Belirsizlik kavramını ilk olarak 1920’lerde Heisenberg ortaya atmış ve bilimi çok değerliliğe zorlamıştır. Daha sonra Lukasiwicz Doğru (0), Yanlış (1) ve

kısmen doğru veya kısmen yanlış (1/2) önermelerine sahip çok değerli mantığı, kuantum filozofu Black'de sürekli değerlere sahip mantığı geliştirmiştir. Daha sonra da Hans Reichenbach (1891-1953) doğru ile yanlış arasında sürekli bir değerler skalası olduğunu öne sürerek çok değerli mantığı olasılık mantığı haline getirmiştir (Karataş,2018: s.150).

Klasik mantık doğru ve yanlış kavramları üzerine temellenir. Aklın veya mantığın klasik ilkeleri klasik mantıkta geçerlidir. Özellikle çelişmezlik ve üçüncü durumun imkansızlığı ilkesi bize iki değeri verir. Bir önerme ya doğrudur ya yanlıştır. Fakat bazı önermelerin doğruluğu ya da yanlışlığı hakkında karar vermek mümkün değildir. Örneğin bir odadaki kişi sayısı bellidir. Yani “bu odada 5 kişi var” önermesini ya doğru kabul ederiz ya da yanlış kabul ederiz. Ama havanın “sıcak” veya “soğuk” olmasını direkt kabul edemeyiz. Çünkü hava sıcaklığı kişinin durumuna, yaşadığı bölgeye bağlıdır. İstanbul’da yaşayan biri için “sıfır derece” soğuk olabilir ama Sivas’ta yaşayan biri için “sıfır derece” ılık olarak kabul edilebilir. Bu tip belirsizlikler klasik mantığın dışında çok değerli mantıkların da olabileceğini ortaya koymuştur. İki den fazla değeri kabul eden mantıklara çok değerli mantık denir (Baykal ve Beyan,2004: s.35).

Bulanık mantık çok değerli mantığın geliştirilmesiyle elde edilmiştir. 1960'ların başlarında, Berkeley'deki California Üniversitesi'nde profesör olan Azeri asıllı bilim adamı L.A. Zadeh, geleneksel sistem analizi tekniklerinin birçok karmaşık gerçek dünya problemi için çok hassas olduğunu hissetmeye başlamıştır. 1964 yılında bulanık küme teorisinin bel kemiği olan üyelik derecesi fikri aklına geldi ve 1965'te “Fuzzy Sets” isimli çığır açan makalesini yayımlayarak bulanık mantık teknolojisinin doğmasına yol açmıştır. (Yen,1999: s.153). Bu teori, başlangıçta büyük tepkilere maruz kalmış ve ortaya atılmasından sonra üzerinde çok fazla durulmamıştır (Özkan ve Bircan,2016: s.110). Bulanık mantığın ilk olarak uygulamaya geçişi, 1975 yılında Assilian ve Mamdani tarafından bir buhar makinasının kontrol sistemine entegre edilmesi ile gerçekleşmiştir. Bu tarihten sonra bulanık mantık birçok alanda başarılı şekilde uygulanmıştır (Keskenler ve Keskenler, 2017: s.6).

### 2.2.1. Bulanık Mantık Kuramı

İngilizce “Fuzzy Logic” kelimelerinin karşılığı olan bulanık mantık, belirsiz olarak tanımlanan değişkenlerle özel olarak ilgilenen bir sistemdir (Tuş, 2006: s.15).

Klasik mantık, “üçüncünün olmazlığı” ilkesi gereği, herhangi bir önermenin “doğru” ya da “yanlış” olabileceğini, başka bir değer alamayacağını öngörmektedir.

Herhangi bir önermenin ikiden fazla doğruluk değeri alabildiği sistemlere de çok değerli mantık denilmektedir. Çok değerli mantıkta önermelerin ya doğru, ya yanlış ya da kısmen doğru veya kısmen yanlış olduğu kabul edilir. Çok değerli mantık, ikili mantığın değerlerini genişleten mantıksal bir sistemdir. Sonuç olarak, bazı önermelerin doğruluk değerlerini belirlemede klasik mantığın yetersizliği ve insan düşüncesine yaklaşmak için çok, daha çok, neredeyse gibi belirsizlik kavramlarını kullanma zorunluluğu, bulanık mantığın gelişmesine yol açmıştır (Ertuğrul, 2005: s.48).

Klasik mantık ve diğer mantık sistemlerinde geçerli olan “üçüncünün olmazlığı” ve “çelişmezlik” ilkeleri bulanık mantık için geçerli değildir. Yani bulanık mantık da bir önermeye ya doğru ya da doğru değil denilebilir. Bu özellik bulanık mantığı diğer sistemlerden ayıran en önemli özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Kısaca bulanıklık ifadesi bir önermeyle, onun değili arasındaki belirsizlikten ortaya çıkmaktadır.

Bulanık mantık, araştırılan konu çok karmaşıksa ve olay hakkında yeterli bilgi yoksa ve kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilerek insan deneyimi gerekli ise geçerli olabilmektedir.

Bulanık mantık, olayın oldukça karışık olması ve olayla alakalı bilginin yetersizliği durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilerek insan tecrübelerine gerek duyulması durumunda geçerli olabilmektedir.

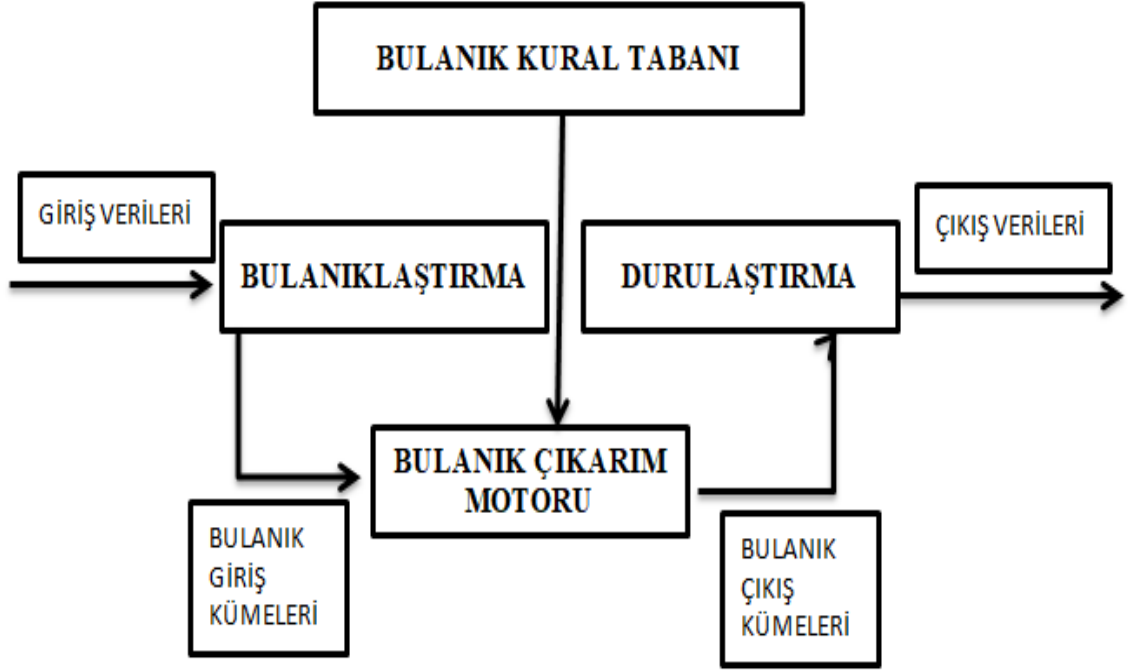
Bulanık mantıkta toplanabilen sayısal ve sözel veriler göz önünde bulundurularak olayın çözülmesi için en uygun yöntem hakkında karar verilmelidir. Yöntem belirlendikten sonra yapılacak iş, uygulama sonucu yapılacak çıkarımların tolerans sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bulanık mantık sözlü verilerin işlenmesinde etkili bir sistem olduğundan pratikte günlük konuşmada sözel belirsizlikleri modellemek ve hesaplama dâhil etmek mümkün olabilir. Bulanık mantık ile herhangi bir problemin modelleme ile kontrol edilmesi ve çözülmesi için matematiksel olarak karmaşık olmayan çözümler amaçlanmaktadır.

Bulanık mantık yaklaşımı, herhangi bir sorunun çözümü için, elde ettiği verileri işleyebilmek ve insanların tecrübelerinden ve tahminlerinden yararlanarak makinelere çalışabilme yeteneği kazandırılır. Makinelere bu yeteneği verirken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanılır. Bu sembolik ifadeler bilgisayarlar yardımıyla matematik diline dönüştürülür. Bu dönüşüm bulanık kümeler teorisi ile gerçekleştirilir (Ertuğrul,2006: s.158).

Zadeh bulanık küme teorisini elemanları değişik üyelik derecelerine sahip olan topluluk olarak tanımlamıştır. Bulanık küme teorisi nesnelerin belirsiz kavramlarda kısmi üyelik almasına izin vermek için klasik kümeye yapılan bir genellemedir. Bir elemanın belirsiz bir kümeye ait olduğu derece, 0 ile 1 arasında gerçek bir sayıdır, bu sayı kümedeki üyelik derecesi olarak adlandırılır. Bulanık küme olaylara üyelik derecesi atayarak olayların hangi oranlarda gerçekleştiğini hesaplamaya çalışmaktadır. Bulanık küme üyelik fonksiyonları ek olarak, dilsel terimlerle de ilişkilidir. Bulanık bir kümeyi dilsel değişkenlerle ilişkilendirmek iki önemli fayda sağlar. Birincisi, dilsel değişkenler insanların tecrübelerini ifade etmelerini kolaylaştırır. İkincisi, dilsel değişkenlerle ifade edilen bilgi kolaylıkla anlaşılabilir. Bu iki fayda bulanık mantık uygulamalarının tasarlama, değiştirilme ve sürdürülebilirlik maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlayabilir. (Yen, 1999: s.155).

Dilsel terimler, kavramları ve bilgileri insanlara iletmek için yararlıdır: üyelik fonksiyonu ise sayısal girdi verilerini işlemek için kullanışlıdır. Dilsel bir değişken, yapay zekâdaki sembolik bir değişkenin (değeri bir sembol olan bir değişken) ve bilim ve mühendislikte sayısal bir değişkenin (değeri bir sayı olan bir değişken) bileşimi gibidir. Bulanık mantığın birçok alanda başarılı olmasının ana nedenlerinden biri, bu iki tür değişkeni tek tip bir çerçevede birleştirmek için dilsel değişken kavramını kullanmasıdır (Yen, 1999: s.156).

Bulanık mantık sisteminin yapısı şekil 2.1’de gösterildiği gibidir (İşcan, 2009: s.56):



**Şekil 2. 1:** Bulanık Mantık Sistem Yapısı

Kaynak: Sıramkaya, 2005: s.32

### 2.2.2. Bulanık Mantık Uygulama Alanları

Bulanık mantığın uygulama alanı oldukça geniştir. Bunun en büyük nedeni, bulanık mantığın sözel değişkenlerle sayısal değişkenleri bir araya getirebilmesidir. Bu iki değişkenin bir araya getirilmesinin sağladığı en büyük fayda ise, insan tecrübelerinin kolayca modellenenebilmesi ve dilsel terimlerin matematiksel olarak ifade edilebilmesine imkân tanınmasıdır (Ertuğrul, 2006: s.158).

1973'te Zadeh diğer araştırmacılar ile bulanık kontrolörlerin temel teorisini şimdiye kadar var olanı iyileştiren çeşitli mekanik ve endüstriyel süreçlere uygulamaya başlamıştır. Profesör Terano ve Osaka'da Profesörler Tanaka ve Asai ile Tokyo'daki Shibata, bulanık mantık teorisinin gelişimi ve uygulamaları için birkaç araştırma grubu kurmuştur.

1980'de Birleşik Krallık'ta Profesör Ebrahim Mandani, Danimarka'daki bir çimento fabrikasını kontrol etmek için buhar motoru yapımında bulanık mantık uygulamasını büyük bir başarıyla yapmıştır.

1987'de Hitachi, tren seferlerini ayarlamak için bulanık kontrolör kullandı ve sistem o zamandan beri kesintisiz çalışmıştır. Ayrıca omron şirketi ilk ticari bulanık

denetleyicileri geliştirmiştir. 1987 yılı bulanık mantığa dayalı çok sayıda ürün olması nedeniyle “bulanık patlama” yılı olarak kabul edilmiştir.

1993'te Fuji Japonya'da su arıtma tesislerinde kimyasal enjeksiyonu kontrol etmek için bulanık mantık uygulamasını kullanmıştır. Bulanık mantık uygulamalarının çalışmasına paralel olarak, Profesör Takagi ve Sugeno eğitim verilerinden veya eğitimde bulanık kurallar oluşturmak için “bulanık öğrenme” yaklaşımını geliştirmiştir. O zamandan beri bulanık mantık uygulamaları hızla büyümektedir. Ayrıca amaşır makinesi, bulaşık makinesi, fırın vb eşyaların programları, araba frenleri, asansörlerin kontrolü, video oyunları, kameralar, sinir ağları, genetik algoritmalar vb. alanlarda bulanık mantık uygulaması kullanılmıştır (Garrido, 2012: s.74).

### **2.2.3. Bulanık Mantık Kullanımının Avantajları ve Dezavantajları**

Bulanık mantık birçok alanda diğer mantık türlerine göre daha çok tercih edilmektedir. Bulanık mantığın sağladığı avantajlardan bazıları şunlardır (Bolayır, 2016: s.78):

- ✓ Bulanık mantıkta kesin ifadeler yer almaz.
- ✓ Bulanık mantık, esnek bir yapıya sahiptir.
- ✓ Bulanık mantık hayatın her alanında kullanıma uygundur.
- ✓ Bulanık mantık klasik mantığa göre daha ekonomiktir.

Bulanık mantığın bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar řu şekilde sıralanabilir (Bolayır,2016: s.78);

- ✓ Bulanık mantıkta üyelik fonksiyonları deneme-yanılma yoluyla belirlendiği için zaman yönünden tasarruflu değildir.
- ✓ Bulanık mantıkta üyelik fonksiyon değişkenleri sisteme özeldir.

### **2.2.4. Bulanık Küme Teorisi**

Bulanık mantık, doğası gereği istatistiksel olmayan belirsizlik ve belirsizlik kaynaklarının üstesinden gelmek için kullanılan bir tekniktir. Bulanık mantığın temeli bulanık küme teorisidir. Bulanık kümeler kavramı, Zadeh'in klasik sistemler teorisinin, özellikle insanları içeren karmaşık sistemlerle uğraşırken ortaya çıkan yetersizliğinden kaynaklanmıştır. Bulanık küme teorisi, yeliği belirtmek için kullanılan klasik ikili değerlerden ziyade bir nesnenin üyeliğini belirtmek için çok değerli bir üyelik işlevi kullanır (Zhang ve Huang, 1994: s.1267).

Zadeh 1965 tarihli "Bulanık Kümeler" başlıklı makalesinde, bulanık kümeyi, farklı üyelik derecelerine sahip öğelerden oluşan bir topluluk olarak tanımlar. Klasik küme, ikili üyelik kavramını kısmi üyelik kavramına genelleştirir. "0" değeri üye olmamaya, "1" değeri tam üyeliğe, (0,1) arasındaki değerler ise kısmi üyelik kavramına karşılık gelmektedir (İşcan, 2009: s.55).

Klasik kümelerde bir elementten diğerine geçiş, keskin ve aniden değişen üyelik derecelerinden kaynaklansa da, bulanık kümelerde bu geçiş sorunsuz ve sürekli gerçekleşmektedir. Bu pürüzsüz ve sürekli geçiş, yalnızca belirsizliği ölçmek için güçlü ve anlamlı araçlar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda doğal dilde ifade edilen belirsiz kavramların anlamlı temsiliyi sağlamaktadır. Bulanık mantık insan mantığına benzer. İnsan mantığı soğuk, sıcak, beyaz, siyah, temiz, kirli gibi değerler yanında çok sıcak, aşırı soğuk, serin, ılık, az kirli, beyaza yakın gibi insandan insana değişebilen değerleri de göz önünde bulundurmaktadır. Kişiden kişiye değişebilen bu değerler kümesi, klasik kümenin öngördüğü şekilde çalışamaz. Bu kümelerin kesin olmayan sınırları olduğu kabul edilmekte ve üyelikten üye olmayana geçişin kademeli olduğu düşünülerek harekete geçilmektedir. (Topel, 2006: s.35).

### 2.2.5. Üyelik Derecesi

Bulanık kümeler, farklı üyelik derecelerine sahip bir eleman koleksiyonuna sahiptir. Çünkü bulanık kümedeki tüm öğeler değişen derecelerde kümeye aittir. Bir bulanık küme elemanı aynı değişken özelliğine sahip olmak şartıyla başka bir kümenin elemanı da olabilir. (Topel, 2006: s.36).

Günlük yaşantımızda bulanık küme kavramları ile sık sık karşılaşmaktayız. Örneğin, “evli çiftler” klasik bir kümeyi oluştururken “mutlu evli çiftler” bulanık bir küme oluşturmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004: s.76).

### 2.2.6. Üyelik Fonksiyonları

Üyelik ağırlıkları 0 ile 1 arasında olan elemanların oluşturduğu eğrilere üyelik fonksiyonları denir. Üyelik değeri, belirli bir öğenin belirsiz bir kümeye dahil edildiğine dair güvenilirliğin veya güvenin bir işaretidir. Üyelik işlevleri, denetlenen sürecin özelliklerine bağlı olarak farklı şekillerde olabilir. Üyelik değeri birden sıfıra doğru azalır. Üyelik değeri 1 en yüksek dereceli, üyelik değeri 0 en düşük dereceli elemandır (Özkan, 1999: s.10).

Bulanık kümelerle ait üyelik fonksiyonları ile ilgili tek bir fonksiyon tanımlanamaz ve bu fonksiyonların yapıları alabilecekleri değerlere göre farklılık gösterse de tüm üyelik fonksiyonlarının üzerlerinde olması gereken özellikler normallik, monotonluk ve simetridir. Normallik, normal bir bulanık kümenin ögesi olabilmek için üyelik derecesi 1 olan bir öğenin olması gerekmektedir. Monotonluk, üyelik düzeyi 1'e eşit olan öğenin sağında ve solunda bulunan öğelerin üyelik derecelerinin 1'e yakın olmasıdır. Simetri, sağ ve solun öğeden eşit uzaklıkta olduğu zaman bulunan öğelerin üyelik derecelerinin olmasıdır. Üyelik derecesi 1'e eşittir. Uygulamada kullanılan üyelik fonksiyonları üçgen, yamuk, gaussian, çan,  $\pi$ , sigmodial, S şekilli üyelik fonksiyonlarıdır. Bunlardan en fazla kullanılan üçgen, yamuk ve gaussian üyelik fonksiyonlarının açıklaması yapılacaktır (Bolayır, 2016: s.92).

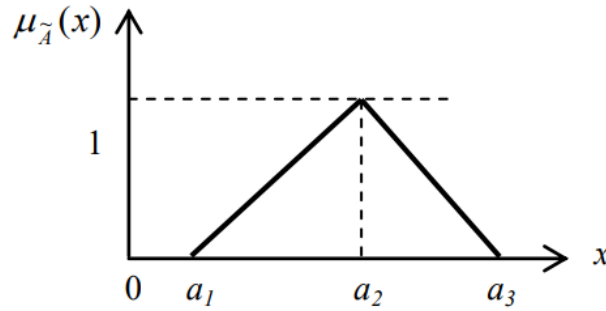
#### 2.2.6.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonu en sık kullanılan ve en pratik fonksiyon türlerinden biridir (McNeill and Thro, 1994: s.33).

Üçgen üyelik fonksiyonu,  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  olmak üzere üç değişkenle tanımlanır.

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

Üçgen üyelik fonksiyonun gösterimi aşağıdaki gibidir:



Şekil 2. 2: Üçgen Üyelik Fonksiyonu

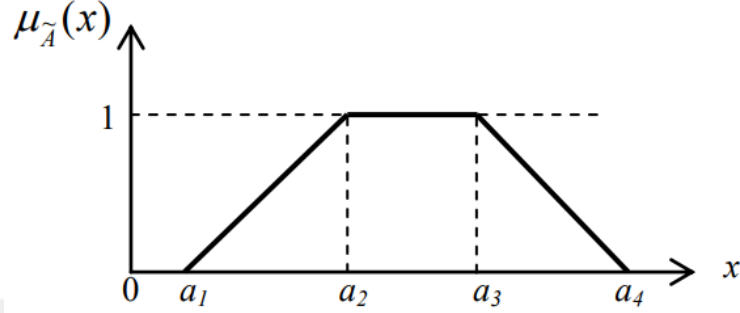
Kaynak: Gülcan, 2012: 38

#### 2.2.6.2. Yamuk (Trapez) Üyelik Fonksiyonu

Trapez üyelik fonksiyonları dört değişkenle tanımlanır:  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  ve  $a_4$ . Şekil 3.3'de görüldüğü gibi  $a_2 - a_3$  aralığı fonksiyonun temelini oluştururken,  $a_1 - a_2$  ile  $a_3 - a_4$  arasındaki değerler fonksiyonun desteğini oluşturmaktadır. (Gülcan, 2012: s.38).

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

Yamuk üyelik fonksiyonunun gösterimi aşağıdaki gibidir:



**Şekil 2. 3:** Yamuk Üyelik Fonksiyonu

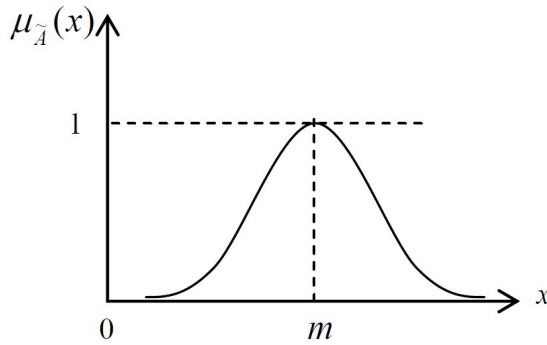
Kaynak: Gülcan, 2012: s.39

#### 2.2.6.3. Gaussian Üyelik Fonksiyonu

Bu tür üyelik fonksiyonu  $m$  ve  $\sigma$  parametreleri ile tanımlanır. Bu fonksiyonda  $m$ , fonksiyonun merkezidir ve  $\sigma$  ise genişliğidir.  $\sigma$  değeri değiştirilerek, fonksiyonun şekli değiştirilebilir.  $\sigma$  ne kadar küçükse, üyelik işlevi ince olur,  $\sigma$  değeri arttıkça üyelik işlevi de artacaktır (Tuş, 2006: s.38).

$$\mu_A(x: m, \sigma) = \exp \left\{ \frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2} \right\}$$

Gaussian üyelik fonksiyonunun gösterimi aşağıdaki gibidir:



**Şekil 2. 4:** Gaussian Üyelik Fonksiyonu

Kaynak: Gülcan, 2012: 40

### 2.2.7. Dilsel Değişkenler

Günlük hayatımızda kelimeler çoğunlukla değişkenleri ifade etmek için kullanılır. Dilsel değişkenler bulanık mantık sistemlerinin temel elemanlarıdır. Bulanık mantık ifadeleri, algıları ya da tecrübeleri sayısal değerlere dönüştürürken dilsel değişkenlerden faydalanmaktadır. Bir dildeki kelimeleri değişken değer olarak alabilen bir değişken, dilsel değişken veya sözel değişken olarak adlandırılır. Burada bahsedilen kelimeler, geleneksel küme teorisindeki sınır koşulunu tam olarak ifade edemeyen kelimelerdir. Bulanık mantık, dil değişkenlerinin kullanımı açısından diğer mantık sistemlerinden farklıdır (Özkan, 1999: s.10).

Sözlü ifadeleri matematiksel olarak ifade etmek için bulanık kümelerin kullanılmasını gerektiren dil değişkenleri, açıkça ifade edilemeyen kavramların yaklaşık olarak tanımlanmasına izin veren yapay değişkenlerdir. Bulanık bir ifade ile temsil edilen sayısal aralıklar kişiden kişiye farklılık gösterebilir. Bulanık bir ifade ile temsil edilen sayısal aralık, bu ifadeye aşına olan kişiler tarafından belirlenir (Bolayır, 2016: s.88).

Dilsel değişkenler, “sıcak” veya “soğuk” gibi kelimeler ve ifadelerle tanımlanabilen ve değeri bulanık bir sayı olan değişkenlerdir. Bir dilsel değişkenin değerleri bulanık kümeleri ifade edebilmektedir. Örneğin: sıcak bir dilsel değişken olarak gösterilirse, bu durumda: Sıcak Kümesi = Soğuk, ılık, sıcak, çok soğuk, çok sıcak, az sıcak olabilir. Burada soğuk = 10 derecenin altındaki sıcaklık, ılık 20 dereceye kadar olan sıcaklık, sıcak 20 derecenin üstündeki sıcaklık olarak tanımlanabilir. Bu örneğin gösterdiği gibi, insan ifadelerine dayalı olarak geliştirilebilecek tanımlara dilsel terimler denir ve dilsel bir terim, sözel değişkenin olası değerlerini belirtir. Sözel değişkenler, gerçek değerleri dilsel değerlere dönüştürür. Fonksiyonel kazanım ve uygulama aşamasına getirilmesi büyük ölçüde sistemdeki daha önceki tecrübelerle bağlıdır ve bu tecrübelerle dayalı olarak kurulan sistemlere uzman sistemler denir. (Baral, 2011: s.18).

### 2.2.8. Bulanık Mantığın Aşamaları

Bulanık Mantık, bulanık küme teorisine dayalı bir matematik disiplini. Bulanık Mantık ile bir sorunun çözülüp çözilemeyeceğine dair kararlar birçok ön koşul kullanılarak verilebilir. Bulanık mantık, uygulanacak sistemin davranışı kurallarla ifade edilebiliyorsa veya karmaşık bir matematiksel işlem gerektiriyorsa kullanılabilir (Doğan, 2018: s.85).

Bulanık mantık sistemi eldeki veriler arasından seçilen girdi değişkenlerine bulanık küme ilkeleri kullanılarak elde edilen çıktı değişkenlerinden oluşan bir sistemdir. Sistem girdi olarak kesin veya bulanık veri almakta, çıktıları genel olarak bulanık kümeler olmaktadır. Bulunan bulanık kümeye durulaştırma işlemi uygulanarak kesin sonuç elde edilmektedir.

Bulanık mantık sistemi dört aşamadan oluşur: bulanık, bulanık kural tabanı, bulanık çıkarım motoru ve açıklayıcı. Her şeyden önce, bulanıklaştırma girdi değişkenlerini ölçer ve onları bulanık kümelere dönüştürerek ölçeklendirir. Yani değişkenlere dilsel nitelik kazandırır. İkinci aşamada, dilsel nitelik kazandırılan değişkenleri bulanık çıkarım motorunda kullanmak için EĞER-İSE bulanık kural tabanı oluşturulur. Üçüncü aşamada ise, bulanık kurallar üzerinde mantık yürütülür ve kural tabanı kullanılarak giriş ve çıkış uzayı arasında bağlantı kurulur. Son olarak, bulanık çıkarım motorunun bulanık küme çıkışı üzerinde gerekli ölçek değişiklikleri yapılarak gerçek sayılara dönüştürülür (Baral ve Aslan, 2017: s.201).

#### **2.2.8.1. Bulanıklaştırma**

Bulanıklaştırmanın amacı, gerçek sayılarla tanımlanan girdi değişkenlerini bulanık ifadelerle dönüştürmektir. Burada, kesin olmayan ölçümleri ifade eden her giriş değişkeni için bir bulanıklık işlevi tanımlanır. Bulanıklaştırma için öncelikle üyelik fonksiyonlarının tip, sayı ve limit değerlerinin seçilmesi gerekmektedir (İşcan, 2009: s.42).

Bulanıklıktan bahsedilebilmesi için “sıfır” ya da “bir” alması gereken normal küme elemanlarının bu iki değer arasında değer alması gerekmektedir. Bulanıklaştırma için uzman fikirleri önemlidir (Özdamar, 2006: s.135).

Bulanıklaştırmada giriş değişkenleri üyelik fonksiyonları tarafından bulanık değişkenlere dönüştürülür. Bu süreçte üyelik fonksiyonları ve alt kümeler belirlenerek bulanık çıkarım motoru tarafından kullanılacak bulanık kümeler oluşturulmaktadır. (Akıllı ve Atıl, 2014: s.40).

#### **2.2.8.2. Bulanık Kural Tabanı**

Bulanık kural tabanı, bir bulanık mantık sisteminde girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki nedensel ilişkiyi belirleyen bir dizi kural olarak tanımlanabilir. Kural tabanı,

çözülecek problemin karar verme sürecinde kullanılan kontrol sistemi değişkeni ve paralel kurallardan oluşur (Doğan, 2018: s.76).

Bulanık kural tabanı, bulanık mantık sisteminin en önemli aşamalarından biridir. Bu aşamada kişilerin tecrübe, deneyim ve öngörülerinden yararlanarak sistemin yapısına uygun bulanık kurallar oluşturulur (Güneş ve İncekırık, 2016: s.316).

Bulanık kural tabanı, eğer-o zaman (if-then) yapısı kullanarak giriş değişkenleri ile çıkış değişkenlerini birbirine bağlayan kuralları içermektedir. Bulanık kural tabanının bileşenlerinden İF, bir durumu açıklamaya yarayan bölümünü then ise, ortaya çıkacak sonuç bölümünü oluşturur. Bu sözel kurallar bilgisayarın anlayabileceği bir dil haline getirilmeye çalışılmaktadır (Doğan, 2018: s.77).

### **2.2.8.3. Bulanık Çıkarım Motoru**

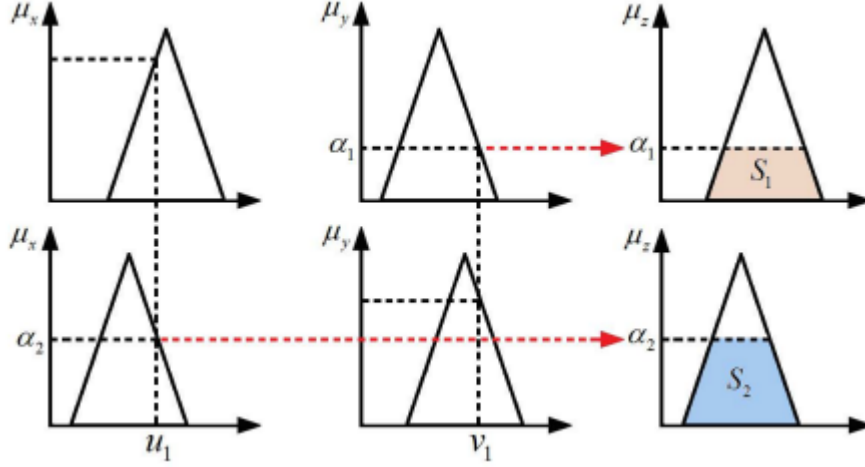
Alınan giriş bilgisi için hangi kuralın uygulanacağı ve hangi bulanık kontrol hareketinin çıkarılacağı belirlenmesi bulanık çıkarım motoru tarafından gerçekleştirilir. Bulanık çıkarım motoru, bilginin işlendiği ve girdi ve çıktıların eşleştirildiği süreçtir. Bu birim, kontrol algoritmasının yürütüldüğü ve karar verme aşamasının gerçekleştiği ana bloktur. Çıkarım bölümü kural tabanı ve bilgi tabanı olmak üzere iki kısma ayrılır. Kural tabanı denetim kurallarının saklandığı bilgi tabanıdır. Çıkarım motoru bilgi tabanına ulaşarak bulanık kurallar yardımıyla bulanıklaştırma biriminden gelen dilsel değişkenleri işleyerek denetim aksiyonuna karar verir. Yani bulanık çıkarım motoru bulanık mantığın kalbi durumundadır (Aslan ve Yılmaz, 2018: s.36).

En önemli çıkarım yöntemlerinde ikisi Mamdani ve Takagi-Sugeno-Kang (TSK) metodudur. Mamdani yöntemi insan davranışlarına yakın olduğu için çok kolay oluşturulur. İlk defa bir buhar makinesinin modellenmesinde kullanılmıştır. Takagi-Sugeno-Kang (TSK) yöntemi ise Mamdani yönteminin bir uyarlamasıdır. Bulanık mantık işlemleri ikisinde de aynı olmakla beraber aralarındaki tek fark, çıktı üyelik fonksiyonlarındadır. TSK çıkarım yönteminde çıktı üyelik fonksiyonları sabitken, Mamdani yönteminde belirli parametreler arasındadır. Bulanık kurallardan elde edilen çıktıların ağırlıklı ortalaması kurallardan elde edilen üyelik değerleri üzerinden alınarak nihai değer bulunur (Özek ve Sinecen, 2003: s.355).

Mamdani yönteminin durulama işlemindeki işlem yükü ve zaman kaybı, Takagi-Sugeno-Kang (TSK) yöntemine göre daha fazladır. Takagi-Sugeno-Kang (TSK) yöntemi

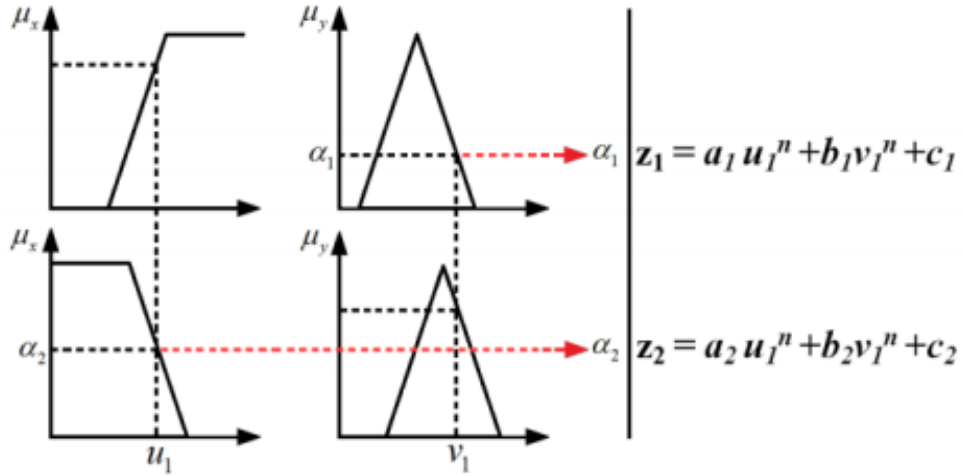
Mamdani yöntemi durulama işlemindeki işlem yükü ve zaman kaybını gideren basit ve işlevsel bir yöntemdir (Dolaş, 2016: s.30).

Mamdani çıkarım yöntemi ile Takagi-Sugeno-Kang (TSK) yönteminin yapısı aşağıdaki şekil 2.5 ve şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2. 5: Mamdani Çıkarım Yöntemi

Kaynak: Ünsal ve Alışkan, 2016: s.238



Şekil 2. 6: Takagi-Sugeno-Kang Çıkarım Yönteminin Yapısı

Kaynak: Ünsal ve Alışkan, 2016: s.238

#### 2.2.8.4. Durulaştırma

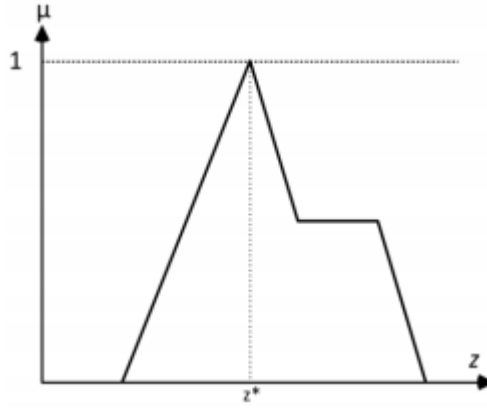
Bulanık çıkarım mekanizmasının çıkışı, bulanık bir kümedir. Bulanıklaştırma işleminin tersi olan bir bulanık küme işlemi sonucundaki bulanık kümenin tek sayı haline dönüştürülmesi işlemine durulaştırma denir. Durulaştırma işleminde değişik yöntemler kullanılmaktadır. Hangi yöntemin kullanılacağına araştırma yapanın elindeki problemin

türüne göre karar verilebilir. Literatürde en çok kullanılan durulaştırma yöntemleri şunlardır (Kartal, 2004: s.68):

#### 2.2.8.4.1. Maksimum Üyelik Yöntemi

"Yükseklik yöntemi" olarak da bilinen maksimum üyelik yöntemi, bulanık çıkarım kümesindeki en yüksek üyeliğe sahip öğenin değerini verir. Bu durulama yönteminin kullanılabilmesi için zirveleri olan bir bulanık çıkarma setinin olması gerekir. Bulanık çıkarım kümesinin tek bir tepe üyelik işlevi varsa, en ideal ve hızlı açıklama yöntemlerinden biridir. Maksimum üyelik yönteminin formülize edilmiş hali ve şekilsel gösterimi aşağıdaki gibidir (Çakır, 2015: s.66).

$$\mu_{z^*} \geq \max\{\mu_z, z \in Z\}$$



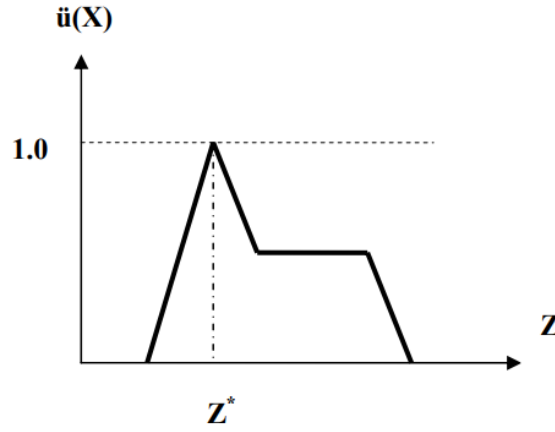
Şekil 2. 7: Maksimum Üyelik Yöntemi ile Durulaştırma

Kaynak: Baral, 2011: 22

#### 2.2.8.4.2. Ağırlık Merkezi Yöntemi (Sentroid Yöntemi)

Durulaştırma işlemlerinde, belki de en yaygın olarak kullanılan sentroid yöntemi de denilen bu yöntemdir. Ağırlık merkezi (sentroid) yönteminin formülize edilmiş şekli aşağıdaki gibidir:

$$Z^* = \frac{\int \mu_C(z) \cdot z \cdot dz}{\int \mu_C(z) \cdot dz} \quad \sum_{j=1}^n c$$

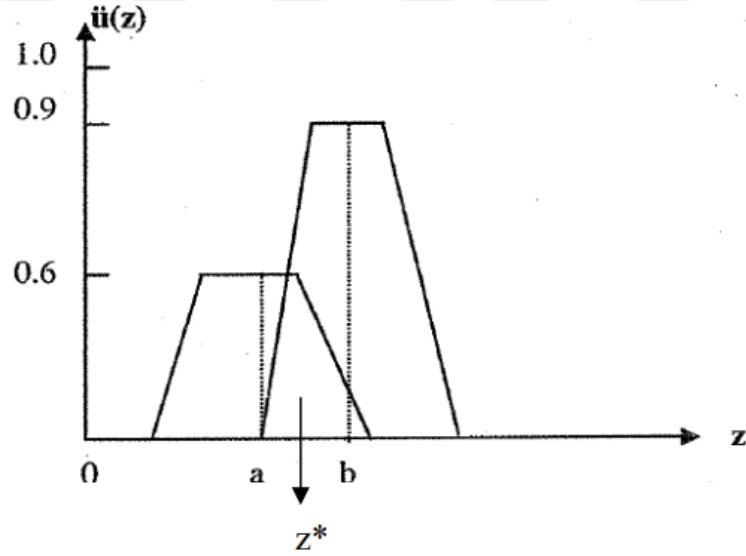


**Şekil 2. 8: Ağırlık Merkezi (Sentroid) Yöntemi İle Durulaştırma**

Kaynak: Sıramkaya, 2005: 46

#### 2.2.8.4.3. Ağırlık Ortalama Yöntemi

Ağırlıklı ortalama yöntemi, sadece simetrisi olan üyelik fonksiyonları için geçerlidir. Ağırlıklı ortalama her bir üyelik fonksiyonunun çıktısı ile buna karşılık gelen maksimum üyelik değeri ile oluşturulmaktadır (Doğan, 2018: s.80).

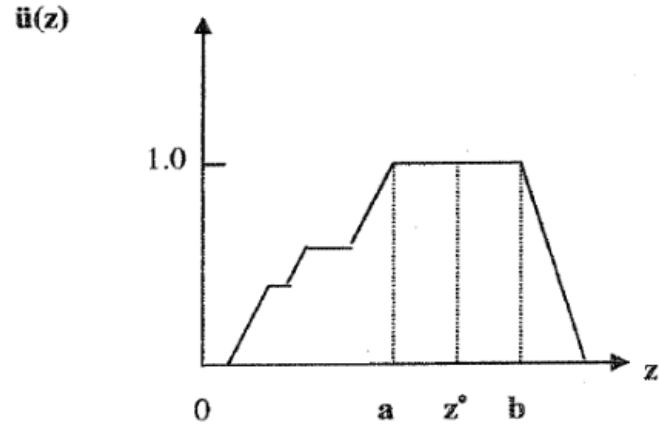


**Şekil 2. 9: Ağırlıklı Ortalama Yöntemi İle Durulaştırma**

Kaynak: Baral, 2011: 23

#### 2.2.8.4.4. Maksimumların Ortalaması Yöntemi

Maksimumlar yöntemi, maksimum üyeliğe sahip küme elemanlarının ortalamasının alınması ve netleştirilmesi ile elde edilen bir yöntemdir. Maksimum üyeliğe sahip üyelerin tek bir değer alamadığı durumlarda kullanılabilir (Doğan, 2018: s.80).



**Şekil 2. 10:** Maksimumların Ortalaması Yöntemi İle Durulaştırma

Kaynak: Baral,2011: s. 24

## **BÖLÜM 3**

### **ÜRETİM MALİYETLERİNİN GRİ TAHMİN VE BULANIK MANTIK YÖNTEMLERİ İLE HESAPLANMASI: BİR TARIM İŞLETMESİ UYGULAMASI**

İşletmeler rekabet ortamında rakiplerinden önde olabilmek ve hayatta kalabilmek için geleceğe dair plan yaparken hızlı karar almak zorundadırlar. Bu kararı alabilmek için ellerindeki veriyi çeşitli yöntemler aracılığıyla değerlendirerek geleceğe dair tahminlerde bulunmaktadır. Tahmin, gelecek dönemlere ait belirsizliklerin azaltılması amacı ile tecrübelerle dayanarak elde edilen verilerin bazı matematiksel ve istatistiksel yöntemlere dayanarak hesaplanması ile gelecek projeksiyona yansıtılmasıdır. Yapılan bu tahminlerden en önemlisi maliyet tahminidir. Maliyet tahmini karar vericilere çeşitli kararlar almalarında yardımcı olmaktadır. Literatürde kullanılan birçok tahmin yöntemi kullanılmakla beraber çalışmamızın konusunu gri tahmin yöntemi ve bulanık mantık yöntemi oluşturmaktadır. Bu yöntemlerin kullanılış amacı zirai alanda faaliyet gösteren bir işletmenin maliyet tahminini yüksek güvenilirlikle elde edildiğini göstermektir.

#### **3.1. ARAŞTIRMANIN KONUSU**

İşletmelerin faaliyetlerine devam ettirebilmeleri için oldukça güçlü olmaları gerekmektedir. İşletmelerin rakiplerine karşı avantaj sağlayabilmeleri için etkin bir maliyet kontrolünün olması gerekmektedir. Etkin bir maliyet kontrolü sağlayabilmelerinin yollarından biri karar vericilerin ellerindeki kısıtlı sayıdaki veri ile maliyetlere ilişkin tahmin yapabilmeleridir. Karar vericiler bunun için çeşitli tahmin yöntemlerine başvurumaktadırlar. Literatürde kullanılan birçok tahmin yöntemi bulunmaktadır. Çalışmanın konusu gri tahmin ve bulanık mantık yöntemlerinin zirai bir işletmede uygulanabilirliğini gösterebilmektir. Gri tahmin ve bulanık mantık yöntemleri kullanılarak oluşturulan modeller yardımıyla yüksek güvenilirlikli maliyet tahmininde bulunabilmektir.

#### **3.2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ**

Karar vericilerin bilgi ihtiyaçlarının temel nedeni, iş faaliyetlerinin sürekliliğini sağlamak, pazar payını artırmak, pazarda tutunmak ve işletmenin karını maksimize etmektir. Bu temel amaç doğrultusunda karar vericiler, işletmelerin gelecek dönemlerini

planlamak, üretilen ürünlerin maliyetini en aza indirmek, sağlıklı fiyatlandırma stratejileri gerçekleştirmek, rakiplerine karşı üstünlük sağlamak için çeşitli yöntemler kullanarak tahminlerde (öngörü) bulunmaktadırlar. Bu araştırmanın amacı, Sivas ilinde faaliyet gösteren ve 2016 yılında Tarımsal ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu (TKDK) desteğiyle faaliyete geçirilen (X) Süt Üretim İşletmesi'nin üretim maliyetinin gri tahmin yöntemi ve bulanık mantık yöntemi yoluyla hesaplanarak işletmenin geleceğe yönelik maliyet tahmininde karar vericilere faydalı olacak bilgilerin elde edilmesidir. Ayrıca daha çok mühendislik alanlarında kullanılan bulanık mantık yönteminin ve gri tahmin yönteminin üretim işletmelerinde de kullanılabileceği konusunda literatüre katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Küreselleşmenin etkisiyle artan rekabet ortamında işletmelerin faaliyetlerini etkin bir biçimde sürdürebilmeleri için karar vericilerin elindeki kısıtlı verilerle geleceğe dair hızlı karar almalarına bağlıdır. Bu da ancak tahminleme yöntemlerinin etkin kullanılması ile elde edilebilir. Araştırmanın önemi, işle ilgili karar vericilerin maliyet tahminlerinde bilgi ihtiyaçlarının karşılanmasını sağlamak için mevcut küçük ve sınırlı verilerle gelecek dönemler için düşük hata oranı ile maliyet tahminleri yapmaktır.

İşletmeler, paydaşlarının bilgi ihtiyaçları doğrultusunda, başarısızlık riskini en aza indirmek, işletme devamlılığını sürdürmek, sektörde tutunabilmek için gelecek dönemleri planlamaya tabii tutmalı, planlama için de tahminlemede bulunmalıdırlar. Bu tahminleri yapabilmek için klasik maliyetleme sistemlerinin yanında güncel maliyetleme sistemlerinden yararlanmışlardır.

Günümüzde maliyet tahmini için birçok teknik kullanılmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken işletmenin elindeki verilere uygun doğru tahmin yöntemi seçmektir. Çünkü doğru tahmin yöntemi seçmek işletmeler için daha iyi bir gelecek için şans olabilir.

Çalışmada elinde az sayıda veri bulunan işletmeler için hızlı karar almalarına yardımcı olabilecek tahmin yöntemlerinden gri tahmin yöntemi ve bulanık mantık yöntemi kullanılmıştır. Zira alanda faaliyet gösteren işletmeye ait veriler bu iki yöntem tarafından işlenerek işletmenin geleceğine ışık tutacak, doğru karar almalarına yardımcı olabilecek maliyet tahmininin hesaplanması amaçlanmıştır.

### **3.3. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI, KISITLARI VE YÖNTEMİ**

Çalışma yöntem olarak nitel araştırma ve desen olarak da vaka çalışması niteliği taşımaktadır.

Firmaların güvenilir maliyet tahminleri ile sonuçlara ulaşması çok önemlidir. Ancak tahminlerini yapmak için kullanılan yöntemlerden bazıları büyük miktarda veri gerektirmek ve hızlı sonuç vermemektedir. İşletmelerin planlama yaparken elindeki az sayıda bilgi ile kısa zamanda hızlı karar almak için literatürde çeşitli yöntemler mevcuttur. Çalışmamızda bu yöntemlerden az sayıda bilgi ile hızlı tahmin yapabilen gri tahmin ve bulanık mantık yöntemleri tercih edilmiştir.

Yeni bir yaklaşım olan gri tahmin ve bulanık mantık yöntemleri çeşitli alanlarda kullanılmakta ve bilim dünyasında çok sayıda araştırmaya konu olmaktadır. Araştırma sonucunda gri tahmin ve bulanık mantık yöntemlerinin işletme literatüründe pek kullanılmadığı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle çalışmanın işletme alanında tahmin yöntemleri yelpazesine yeni bir yaklaşım katacağı varsayılmaktadır.

### 3.4. LİTERATÜR TARAMASI

Zhang ve Huang (1994) çalışmalarında süreç planı seçim probleminin belirsizliğini nicel olarak ele almak için bulanık bir yaklaşım kullanılmıştır. Her süreç planı değerlendirilmiş ve atölye performansına katkısı bulanık küme teorisi kullanılarak hesaplanmıştır. Katkıları en üst düzeye çıkaran süreç planlarını ilk olarak belirlemek ve ihtiyaç duyulan üretim kaynaklarını azaltmak için aşamalı bir iyileştirme yaklaşımı kullanılmıştır.

Hsu (2002) çalışmasında küresel entegre devre (IC) endüstrisindeki talebe ve satışa dayalı örneklerle uygulanan gri tahmin modelinin hassasiyetini incelemiştir. Bunu yaparken temel amaç, Gray modelinden (GM), zaman serilerinden ve üstel yumuşatmadan elde edilen ampirik sonuçları karşılaştırarak IC endüstrisi için en uygun tahmin modelini keşfetmektir. Sonuç olarak, GM'nin orta ve uzun vadeli tahminlerden daha kısa vadeli tahminlere daha uygun olduğunu göstermektedir. Bu arada, Markov-zinciri kalıntı modifikasyon modelinin, güvenilir ve kesin sonuçlar elde ettiği sonucuna ulaşmıştır.

Tsai vd(2003) çalışmalarında tedarikçi seçimi için tam ve doğru bir değerlendirme modeli oluşturmak için gri sistem teorisindeki gri ilişkisel analizini kullanmışlardır. Sonuç olarak bulunan modelin satın alma maliyetini önemli ölçüde azaltacağı ve üretim verimliliğini ve genel rekabet gücünü artıracacağı sonucuna varmışlardır.

Kung ve Chang (2004) çalışmalarında, 1995'ten 2001'e kadar olan verilere dayalı olarak 4-6 dönemlik verilerle GM (1,1) tahmin modeli kullanılarak 2002'den 2006'ya

kadar Çin otomobil endüstrisinin satış miktarını ve pazar payını tahmin etmeyi amaçlamışlardır. GM'nin sonuçları (1,1) model tahmini, toplam pazarı, yerli arabaları (CKD), ithal arabaları (CBU), binek araçlarını, ticari araçları ve kamyonları içerir. Sonuç olarak GM (1,1) modeli ile 2002-2006 yılları arasında Çin'deki toplam pazarın yılda 2.571.802 adetten 4.013.179 adet / yıla çıkması öngörülmüştür.

Lian vd (2004) çalışmalarında sabit kesme kuvveti kontrolü sağlamak için tornalama sistemini kontrol etmek için modelsiz bir bulanık kontrolör kullandı. Bununla birlikte, geleneksel bulanık denetleyicinin (TFC) tasarımı, denetim kurallarının bulunmasında ve uygun bir üyelik işlevinin seçilmesinde zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunu çözmek için, TFC'nin giriş değişkenleri olarak sistemin mevcut çıkış hatası ve mevcut hata değişikliği yerine sistemin bir sonraki çıktı hatasını ve hata değişikliğini tahmin etmek için TFC'ye bir gri teorisi algoritması getirildi. Gri tahmin bulanık kontrolörünün (GPFC) bu tasarımı sadece TFC tasarımını basitleştirmekle kalmaz, aynı zamanda TFC uygulamasında istenen sonucu elde eder. Çalışmada önerilen akıllı kontrolörlerin uygulanabilirliğini doğrulamak ve sabit kesme kuvveti kontrolünün fizibilitesini değerlendirmek için eski bir torna tezgâhını bir tornalama sistemine uyarladı. GPFC, deneysel sonuçlarda doğrulandığı üzere, sabit kesme kuvveti kontrolünde TFC'den daha iyi kontrol performansına sahip olduğu sonucuna varmışlardır.

Ertuğrul (2005) yaptığı çalışmada, bulanıklık altında en iyi karar vermeyi sağlayan modellerden biri olan bulanık hedef programlama modelini incelemiştir. Bir uygulama olarak, bir tekstil firması önce doğrusal programlama sonra da bulanık hedef programlama yöntemlerini kullanmıştır. Sonuç olarak, bulanık hedef programlama tekniğinin klasik doğrusal programlama tekniğine göre model çalışmalarında daha anlamlı sonuçlar verdiği bulgusuna varılmıştır.

Ertuğrul (2006), çalışmasında performans değerlendirme kavramını bulanık mantıkla birleştirmeye çalışmıştır. Uygulama Pamukkale üniversitesinde bir fakültenin dört bölümünde görev yapan öğretim üyelerine yapılmıştır. Sonuç olarak öğretim üyeleri ile ilgili bilgilerin puanlama aşamasında klasik yöntemdeki dar sınıflandırma mantığından kurtulmak için bulanık mantık kullanılması önerilmektedir. Ayrıca, performans değerlendirmesine bulanık mantık ilkeleri uygulanarak mevcut sistem için istenen esnekliğin sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

Tuş (2006) çalışmasında Bulanık Doğrusal Programlama (BDP) modelinin işletmelerin üretim planlamasında nasıl kullanılabileceğini ortaya koymaya çalışmıştır. Sonuç olarak, karar problemlerinde var olan belirsizlikleri azaltmak mümkün olsa bile insanın karar verme aşamalarında bulanık mantık ve yöneylem araştırması yöntemlerini etkin bir şekilde kullanması gerektiğini belirtmiştir.

Chiang ve Chen (2007) çalışmalarında gri tahmin ile modifiye edilmiş ters yöntemle ısı iletkenliği tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Burada termal iletkenlik doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Isı iletkenlik konum ve sıcaklığın fonksiyonu olduğunda, ters yöntemle ısı iletkenlik elde edilmeye çalışılırsa, sıcaklığın ölçüm noktaları tüm nesneye dağıtılacak, dolayısıyla ilgili sıcaklıklar için çok sayıda ölçüm noktası olacaktır. Gri tahmin yöntemi, buna göre sıcaklık ölçüm noktalarının sayısını önemli ölçüde azaltabilecektir. Bununla birlikte, gri tahmin yöntemine tahmin hataları eşlik etmelidir, bu nedenle ters yöntemin tahmini büyük bir sapmaya neden olacaktır. Bu makale, gri tahmin hatalarını düzeltmek için "yuvarlanan gri tahmin" ve "sıcaklık ölçümünün karşılaştırılması" yöntemlerini kullanır ve ardından termal iletkenliği tahmin etmek için ters yöntemi kullanır. Önerilen yöntemle elde edilen tahmini değer ile gerçek değer karşılaştırılmış ve değerlerin oldukça iyi olduğu sonucuna varmışlardır.

Hsu ve Wen (2007) çalışmalarında, Trans-Pasifik hava yollarının çalıştığı 10 ülkeye ait toplam yolcu sayısını GM(1,1) modeli ile tahmin ederek, modeli ARIMA ve çoklu regresyon modeli ile karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Sonuç olarak GM(1,1) modelinin diğer modellere göre daha doğru sonuç verdiği sonucuna ulaşmışlardır.

İşcan (2009), kesin bir matematiksel modele sahip olmayan arazi düzenleme çalışmasının dağılım aşamasında bulanık mantık yönteminin uygulanabilirliğini araştırmıştır. Bulanık mantık ve blok önceliğine dayalı dağıtım modellerinden elde edilen sonuçlar görüşmeye dayalı dağıtım modelinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, bulanık mantığa dayalı dağıtım modelinin diğer iki modele göre daha başarılı sonuçlar ürettiği görülmüştür. İşletmelere verilen parsel sayıları değerlendirildiğinde blok öncelikli dağıtım modelinin daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, birbirleriyle olan ilişkiler göz önüne alındığında görüşmeye dayalı dağıtım modeli, bulanık mantık ve blok önceliği tabanlı dağıtım modellerinden daha iyi sonuçlar vermiştir. Zaman ve maliyet açısından değerlendirildiğinde, blok önceliğine ve bulanık mantığa dayalı modelin görüşme tabanlı dağıtım modeline göre

daha düşük maliyetle ve daha kısa sürede tamamlanabileceği görülmüştür. Anket sonuçlarına göre, ankete katılan şirketlerin %80,5'inin bulanık mantık tabanlı dağıtımdan, %64,1'inin blok önceliğe dayalı dağıtımdan ve %50'sinin görüşme tabanlı dağıtımdan memnun olduğu tespit edilmiştir.

Kayacan (2010) çalışmasında GM (1,1), Gri Verhulst modeli, Fourier Serisi kullanılarak modifiye edilmiş gri modeller gibi farklı gri modellerin doğruluklarını incelemiştir. Farklı modellerin performanslarının karşılaştırılmasında 01.01.2005 ve 30.12.2007 tarihleri arasındaki ABD doları-Euro paritesi gibi oldukça ilgi çekici veriler kullanılmıştır. Simülasyon sonuçları, değiştirilmiş gri modellerin sadece model uydurmada değil, aynı zamanda öngörmede de daha yüksek performansa sahip olduğunu göstermektedir. Bu gri modeller arasında, Fourier serisini zaman içinde kullanan değiştirilmiş GM (1,1), model uydurma ve öngörmede en iyisidir.

Ji vd (2011) çalışmalarında tahmin için kullanılan yeni bir gri sistem modeli önermeyi amaçlamışlardır. Sonuç olarak, tarafsız bir GM(1,1) modeli önerilmiştir. Yeni modele göre, ham veri dizisinin her verisini 2. köke dönüştürme yöntemi ile ham veri dizisinden yeni bir veri dizisi üretilebilir. Yeni veri dizisi tarafsız bir GM (1,1) modeli oluşturmak için kullanılır ve istatistiksel deneyler ve yük tahmininde kullanılabilir.

Arslan (2012) çalışmasında işletmenin kârının hesaplamasında ve en yüksek kârı sağlayacak optimal mamul karmasının tespit edilmesinde maliyet-hacim-kar (MHK) analizi ile BM- Bulanık Doğrusal Programlama (BDP) entegrasyonu ve kısıtlar teorisi (KT) ile BM-BDP entegrasyonu ile uygulanabilirliğini göstermektedir. Bu amaç doğrultusunda öncelikle işletmenin kârı ve en yüksek kârı sağlayacak optimal mamul karması; MHK analizi ve KT ilkeleri doğrultusunda belirlenmiştir. Sonuç olarak, bulanık mantık kuralları doğrultusunda işletme kârı 215.000 TL olarak hesaplanmıştır. Kısıtlar teorisi ilkelerine uygun olarak işletmenin kârı 209.493,12 TL bulunmuştur ve iki yöntem arasındaki kâr farkı 5.506,88 TL'dir. KT ile KT-BM entegrasyonu sonucunda elde edilen kâr rakamları da birbirine yakın değerler çıkmıştır.

Yılmaz ve Yılmaz (2012) çalışmalarında, küresel ısınmada toplam sera gazı emisyonları içinde en büyük etkiye sahip CO<sub>2</sub> gazı emisyonlarının tahmininde güvenilir bir yöntem olan Gri Tahmin (GT) yöntemi ile 1990-2009 yılları arasındaki veriler kullanılarak geleceğe yönelik tahminin hesaplanması amaçlanmış olup, gri tahmin

yöntemi kullanılarak oluşturulan modelin sağlıklı sonuçlar verdiğini ve modelin güvenilirlik oranının %90'nın üzerinde olduğunu hesaplamışlardır.

Aydemir vd. (2013), gri sistem teorisi ve uygulamaları hakkında, esas olarak son on beş yılı kapsayan ayrıntılı bir bilimsel literatür araştırması yapmaya çalışmıştır. Sonuç olarak, gri sistem teorisinin küçük örneklem büyüklüğündeki problemleri çözmek için etkili bir yöntem olduğu, hesaplama yoğunluğu ve gri sistem teorisi ile zorluk içeren orta ve büyük ölçekli endüstriyel problemlerin modellenmesine izin verdiği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle yazarlar tarafından gri sistem teorisinin lisans / lisansüstü bölümlerde bir ders olarak öğretilmesi gerektiği öne sürülmüştür.

Tsai vd. (2013) çalışmalarında, 2004'ten 2007'ye kadar Tayvan telekomünikasyon talebini doğru bir şekilde tahmin etmek için gri sistem teorisi unsurlarından gri tahmin modelini uygulamışlardır. Analitik sonuçlar, önerilen tahmin modelinin doğruluğunun % 95'ten fazla olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, cep telefonu, uluslararası telefon ve internet talebinin 2004'ten 2007'ye kadar yüksek büyüme gösteren bir pazar olacağını, yerel telefonun artan talep göstereceğini ve halka açık ankesörlü telefonların pazar büyümesinin azalacağını tahmin etmektedir.

Yılmaz (2013) çalışmasında Türkiye'ye ait 1990-2009 yıllarına ait sera gazı emisyonlarını çeşidine ve sektörlere göre ayrı ayrı incelemiştir. GPRM(1,1) ve geliştirilen GPRM(1,1) yöntemleri ile her iki veri setini inceleyerek hata oranları karşılaştırmış ve 2020 yılına kadar oluşabilecek sera gazı emisyonlarını tahmin ederek geliştirilen yöntemin etkinliğini göstermeye çalışmıştır. Sonuç olarak elde edilen veriler ışığında toplam sera gazı emisyon değerleri için geliştirilen GPRM(1,1) modelinin, GPRM(1,1) modeline göre hata payında %22,236'lık bir iyileştirme olmuştur. Bununla beraber, sektörlere göre incelenen sera gazlarında en çok dalgalanmanın F gazlarda olduğu görülmüş ve en büyük geliştirme oranına % 25,435 ile ulaşılmıştır. Böylelikle çalışmanın başında da belirtildiği gibi dalgalanmaların ve belirsizliğin daha yoğun olduğu durumlar için geliştirilen GPRM(1,1) model bu geliştirme oranları ile etkinliğini göstermiştir.

Zeng vd (2013) çalışmalarında belirsiz bilgilerle ilgilenen uygulamasını genişleten gri sayı bilgisine dayalı yenilikçi bir tahmin modeli önermişlerdir. İki boyutlu bir yüzey üzerinde gri sayıların geometrik özelliklerinden yararlanılarak, önerilen algoritmalar sayesinde tüm gri sayılar hiçbir bilgi kaybetmeden gerçek sayılara dönüştürülmüştür. Daha sonra bu gerçek sayı dizilerine dayalı olarak bir tahmin modeli

oluşturulmuştur. Önerilen modelin etkililiğini ve uygulanabilirliğini doğrulamak için genel bir durum simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda GM (1, 1) modeline dayanarak, gri bir sayının alt / üst sınırlarının simülasyon ve tahmin modelleri önerilmiş ve gri aralık sayısı ile ilgili karmaşık bir tahmin problemini çözülmüştür.

Bolayır (2016) çalışmasında gıda ve tarım ürünleri atıklarının geri dönüşümünün sürdürülebilir kalkınmaya katkısını ölçmeyi amaçlamıştır. Uygulamada işletmenin toplam maliyetini hesaplamak için klasik doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama olmak üzere iki model kullanmıştır. Sonuç olarak, bulanık doğrusal programlamanın, klasik doğrusal programlamaya göre % 26 daha avantajlı olduğunu iddia etmiştir.

Özkan ve Bircan (2016) çalışmalarında bir işletmenin ürün kategorisinde A1, A2, A3, A4, A7 ve A14 olarak kodlanmış ürünleri için belirli hedeflerin doyuma ulaşılıp ulaşamayacağını araştırmışlardır. Bunun için, klasik hedef programlama (HP) yöntemi ve Yang, Ignizio ve Kim (YIK) yöntemi uygulanmıştır. Sonuçta, bulanık hedef programlama ürünlerin yapısını bozmadan belirlenen hedeflere ulaşım imkânı bulunurken, klasik hedef programlama ile ürün yapısını bozmadan hedefe ulaşamamıştır.

Aslan'ın (2017) çalışmasında bulanık mantık yaklaşımı ve ABC modeli bir arada kullanılarak şirketlerin belirsizlik koşullarında daha hızlı ve yaklaşık değerlerle karar vermelerine yardımcı olunmaya çalışılmıştır. Bu nedenle önerilen model iki farklı disiplini kapsamaktadır. Sonuç olarak şirketin fiili değişken maliyet kalemleri ile değişken maliyet kalemlerini bulanık mantık yöntemiyle tahmin etme yöntemi karşılaştırılmış ve bulanık mantık kullanılarak gerçekleştirilen tahmin işlemi fiili değerlere %9'luk bir marjla yaklaşmıştır. Yani şirketin 8.744.000 TL'lik personel, atık ve yemek giderleri, bulanık mantık kullanılarak hesaplandığında (7.940.000 TL) %9'luk bir sapma payı ile kabul edilebilir bir düzeye yaklaşmıştır.

Eren (2017) çalışmasında Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)'nden elde edilen Türkiye'nin nüfusu ve yıllık doğal gaz tüketim verileri analiz ederek, gri model (1,1) modeli ile 2017 – 2030 dönemi için Türkiye'nin nüfusunu ve doğal gaz tüketim tahminlerini elde etmeye çalışmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre gaz tüketiminin 2.5 kat artacağı tahmin edilmiştir.

Keskenler ve Keskenler (2017) çalışmalarında bulanık mantığın tarihi gelişimi üzerinde durarak, hangi alanlara uygulandığı, hangi konuları kapsadığı gibi konuları detaylandırmaya çalışmışlardır.

Acun (2018), mobilya üretim sektöründe faaliyet gösteren firmaya gri tabanlı maliyet tahmin modelini kullanmayı hedeflemiştir. Çalışmada bir mobilya firmasının 2013-2016 arası yıllarına ait maliyet verileri kullanılarak firmanın gelecek dönemlerin maliyetinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak gri temelli maliyet tahmin modelinin %99 güvenilir olduğu görülmüştür ve maliyet tahmininde gri temelli modelin kullanılabilir olduğunu öne sürmüşlerdir.

Karataş (2018) çalışmasında iki değerli klasik mantık ve sembolik mantığı inceleyerek, bulanık mantığı kavramsal açıdan ele almıştır. Sonuç olarak bulanık mantığın hayatımızın birçok alanında farkındalık yarattığını ve yeni ufuklar açtığını, bilim adamlarının artık toplumlar hakkında sosyolojik olguları kesin ve net kalıplarla açıklamak yerine yaklaşık değerlerle varsayımlarda bulunabilecekleri sonucuna varmıştır.

Bayrakçı ve Aksoy (2019) çalışmalarında gri tahmin yöntemi kullanılarak Türkiye’de Bireysel Emeklilik Sistemi (BES)’ne dahil olan katılımcı sayılarını ve bu alanda yatırıma yönlendirilen tutarların tahminini hesaplamayı amaçlamışlardır. Sonuç olarak katılımcı sayısı tahmini için kurulan modelin hata payı %4,8, yatırıma yönlendirilen tutarların tahmini için kurulan modelin hata payı ise %2,99 olarak hesaplanmıştır. Uygulamada her iki modelin hata payının %5’den daha az çıkması gri tahmin yönteminin bu alanda tahmin çalışmaları için geçerli sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir.

Mohammadalirezaei (2019) çalışmasında gri sistem teorisi ile gri tahmin modelleri incelemiştir. Bu doğrultuda, ilk olarak GM(1,1) ve Doğrusal olmayan Gri Bernoulli modellerinin hesaplama adımlarını analiz etmiştir. Daha sonra, Türkiye'nin yıllık CO2 emisyonu miktarının tahmini problemini, gri modeller ile çözmüştür. Bu amaçla: klasik GM(1,1) modeli, yuvarlanma mekanizmalı GM(1,1) modeli, Doğrusal olmayan Gri Bernoulli modeli (DOGBM(1,1)) ve yuvarlanma mekanizmalı Doğrusal olmayan Gri Bernoulli modeli, CO2 emisyonu miktarının tahmini için uygulanmıştır. Son olarak, bu yöntemlerin tahmin doğruluğunu iyileştirmek için genetik algoritma ile tahmin modellerinin parametreleri en iyilenmiştir. Gri tahmin modellerinin performansı üstel

düzleştirme metodu ile karşılaştırılmıştır. Tahmin modellerinin performans analizi için ortalama mutlak yüzde hata (OMYH) ölçütü kullanılmıştır. Sonuç olarak, genetik algoritma esaslı ve yuvarlanma mekanizmalı DOGBM(1,1) modelinin tahmin doğruluğu açısından diğer Gri tahmin modellerinden ve Üstel düzleştirme yönteminden daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir.

### 3.5. BULGULAR

Bu bölümde X süt üretim işletmesinin 2019 yılı verileri analiz edilmiş ve geleceğe yönelik tahmin değerleri hesaplanmıştır. Bu tahmin değerleri için kullanılan veriler işletme yöneticilerinden alınmış, gri (1,1) modeli ve bulanık mantık modeli ile tahmin çalışması yapılarak hesaplanmıştır.

#### 3.5.1. Gri Tahmin Yöntemine Göre Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın örneklemini işletmenin karakteristik yönünü gösteren 2019 yılı oluşturmaktadır. İşletmenin bir yıl boyunca katlanmış olduğu maliyetler, bir dönem 3 aylık periyotları kapsayacak şekilde 4 döneme ayrılarak maliyetlerin gri tahmin yöntemiyle çözümlenebilmesi için bir GM (1,1) modeli oluşturulmuştur.

Uygulamada, bir süt üretim işletmesinin 2019 yılında yaptığı harcama tutarları kullanılarak gri tahmin yöntemi ile elde edilen model aracılığıyla bir maliyet tahmini yapılması ve tahminlerin gerçekleşen maliyetlerle karşılaştırılması ve böylece yöntemin uygulanabilir olup olmadığının gösterilmesi amaçlanmaktadır.

İşletmenin 2019 yılındaki maliyetlerinin 3 aylık periyotlar halindeki tutarları kullanılarak GM (1,1) modeli kurulmuştur. Model yardımıyla 2019 yılının 3'er aylık maliyetleri de tahmin edilerek gerçek değerler ile karşılaştırılmakta ve 2020 yılının maliyetleri 3'er aylık periyotlar halinde tahmin edilmektedir.

**Tablo 3. 1: 2019 Yılı Maliyetler**

| PERİYOTLAR      | 2019      |          |          |           | TOPLAM    |
|-----------------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
|                 | 1.Çeyrek  | 2.Çeyrek | 3.Çeyrek | 4.Çeyrek  |           |
| <b>GİDERLER</b> | 65.779,26 | 75.812,9 | 75.404   | 100.927,8 | 317923,96 |

1)  $X^0$  negatif olmayan orijinal veri serisidir.

$$X^0 = (X^0(1), X^0(2), \dots, X^0(n)) \quad X^0(k) \geq 0 \quad k = 1, 2, \dots, n$$

$$X^{(0)} = (65.779,26; 75.812,9; 75.404; 100.927,8)$$

2)  $X^{(1)}$  dizisini elde etmek için  $X^{(0)}$  dizisinin kümülatif toplamı alınır.

$$\sum_{X^1(k)=i=1}^k X^0(i)$$

$$X^1 = (X^1(1), X^1(2), \dots, X^1(n))$$

$$X^{(1)} = (65.779,26:141.592,16: 216.996,16: 317.923,96)$$

$X^1$  Serisinden faydalananarak  $Z^1$  serisi oluşturulmadan önce  $X^0$  için yarı düzgünlük kuralına,  $X^1$  için ise yarı üsellik kuralına uygunluğu kontrolü yapılmalıdır.  $X^0$  için yarı düzgünlük kontrolü aşağıdaki formül kullanılarak yapılmaktadır.

$$p(k) = \frac{X_k^0}{X_{k-1}^1}$$

Buna göre:

$$p(3) = \frac{X_3^0}{X_2^1} = \frac{75.404}{141.592,16} \cong 0,53$$

$$p(4) = \frac{X_4^0}{X_3^1} = \frac{100.927,8}{216.996,16} \cong 0,47$$

Yarı Düzgünlük Kuralının temel koşulu  $k > 3$  olması durumunda elde edilen değer 0,5'den küçük olmak zorundadır. Yarı düzgünlük kuralı uygulandığında  $p(4) > 0,5$  olduğu için oluşturulan  $X^{(0)}$  veri dizisi yarı düzgünlük (quasi-smooth) kuralına uygundur.

$X^{(1)}$  serisi için yarı üsellik kontrolü aşağıdaki formül uygulanarak gerçekleştirilmektedir.

$$\sigma_k^1 = \frac{X_k^1}{X_{k-1}^1}$$

Buna göre:

$$\sigma_3^1 = \frac{X_3^1}{X_2^1} = \frac{216.996,16}{141.592,16} \cong 1,53$$

$$\sigma_4^1 = \frac{X_4^1}{X_3^1} = \frac{317.923,96}{216.996,16} \cong 1,47$$

Yarı üsellik koşulu gereği,  $k > 3$  olduğu durumlarda  $\sigma_k^1 \in [1, 1,5]$  olmak zorundadır. Yukarıdaki veri serisi  $\sigma_4^1 \in [1, 1,47]$  olduğu için  $X^{(1)}$  serisi yarı üsellik kuralına uygundur.

$X^0$  için yarı düzgünlük kuralı,  $X^1$  için ise yarı üsellik kuralı sağlandığı için  $X^1$  serisinden faydalananarak  $Z^1$  serisi elde edilerek GM(1,1) modeli kurulabilir.

3)  $X^1$  serisinden yararlanarak  $Z^1$  serisi oluşturulur.

$X^1$  serisinden faydalanarak  $Z^1$  serisi elde edilmesi için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$Z_k^1 = 0,5 X_k^1 + 0,5 X_{k-1}^1$$

Formül uygulandığında:

$Z^1 = (65.779,26: 103.685,71: 179.294,16: 267.460,06)$  serisi elde edilmektedir.

4) “a” ve “b” parametreleri bulunur.

Elde edilen seri sonucunda GM(1,1) modelinin parametreleri aşağıdaki matematiksel işlem sonucunda bulunmaktadır.

$$Y = \begin{pmatrix} X_2^0 \\ X_3^0 \\ X_4^0 \\ . \\ . \\ X_n^0 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} -Z_2^1 & 1 \\ -Z_3^1 & 1 \\ -Z_4^1 & 1 \\ . & 1 \\ . & 1 \\ -Z_n^1 & 1 \end{pmatrix}$$

B ve Y matrisleri oluşturabilmek için elde ettiğimiz verileri yerine koyduğumuzda GM (1,1) parametreleri aşağıdaki gibi olacaktır.

$$Y = \begin{pmatrix} 75.812,9 \\ 75.404 \\ 100.927,8 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} -103.685,71 & 1 \\ -176.294,16 & 1 \\ -267.460,06 & 1 \end{pmatrix}$$

GM (1,1) modelinin parametreleri bulunduktan sonra  $B^T * B$  işlemi gerçekleştirilmelidir.  $B^T$  B matrisinin transpozudur. B matrisinin transpozu aşağıdaki gibidir.

$$B^T = \begin{bmatrix} -103.685,71 & -179.294,16 & -267.460,06 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \text{şeklindedir.}$$

B matrisinin transpozu bulunduktan sonra  $B^T * B$  işlemi gerçekleştirilebilir.

$$B^T x B = \begin{bmatrix} -103.685,71 & -179.294,16 & -267.460,06 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} -103.685,71 & 1 \\ -176.294,16 & 1 \\ -267.460,06 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B^T x B = \begin{bmatrix} 1,14432005963513E + 11 & -550.439,93 \\ -550.439,93 & 3 \end{bmatrix}$$

Çarpım işlemi gerçekleştikten sonra elde edilen matrisin tersi alınmalıdır. Yapılan işlem sonucunda:

$$(B^T x B)^{-1} = \begin{bmatrix} 7,44197E - 11 & 1,36545E - 05 \\ 1,36545E - 05 & 2,838665558 \end{bmatrix} \text{matrisi elde edilmektedir.}$$

Ters matris alındıktan sonra “a” ve “b” parametrelerinin bulunması ile tahmin modeline devam edilir. “a” ve “b” parametreleri aşağıdaki formül yardımıyla bulunmaktadır. “a” ve “b” parametreleri B matrisinin ile B matrisinin transpozunun çarpılıp tersinin alınması ile elde edilen matris ile, B matrisinin transpozunun Y matrisi ile çarpılması sonucu elde edilen matrisin çarpımı ile bulunur.

$$\check{a} = [a, b]^T = (B^T B)^{-1} B^T Y$$

$$\check{a} = [a, b]^T =$$

$$\begin{bmatrix} 7,44197E - 11 & 1,36545E - 05 \\ 1,36545E - 05 & 2,838665558 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -48374366648 & -48374366648 \\ 252144,7 & 252144,7 \end{bmatrix}$$

$$[a, b] = \begin{bmatrix} -0,15708981 \\ 55225,39865 \end{bmatrix}$$

5) “a” ve “b” parametreleri bulunduğundan sonra gri diferansiyel denklem oluşturulur.

“a” ve “b” parametreleri belirlendikten sonra gri diferansiyel denklem oluşturularak modelin belirlenmesi sağlanır.

$$\widehat{X}_{K+1}^1 = \left[ X^0 1 - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a} \text{ formülde değerler yeri koyulduğunda,}$$

$\widehat{X}_{K+1}^1 = 417332,2898e^{-ak} - 351553,0298$  modeli elde edilmiş olur. Belirlenen model sonucunda aşağıdaki tahmin dizisi elde edilmiştir.

$$\check{X}^1 = (65.779,26: 136.767,7729: 219.831,4813: 317.024,3843)$$

6) Elde edilen tahmini değerler kümülatif değerler olduğu için ters kümülatif işlemi uygulanır.

Gerçekleştirilecek tahmin dizisini bulmak için elde edilen tahmin dizisine ters kümülatif işlemi yapılarak, tahmin değerleri bulunmaktadır.

$$\check{X}^0 = (\hat{X}_{(1)}^1, \hat{X}_{(2-1)}^1, \hat{X}_{(3-2)}^1, \hat{X}_{(4-3)}^1)$$

$$\check{X}^0 = (65.779,26: 70.988,51: 83.063,71: 97.192,9)$$

Ters kümülatif işlemi yapıldıktan sonra elde edilen tahmini değerler ile orijinal değerler arasındaki hata payı ve hata oranının hesaplanması için hata analizi yapılır.

**Tablo 3. 2:** Hata Analizi

| Veri No | Ham Veri  | Tahmin Edilen Veri | Hata Payı                          | Görelî Oran(%)                      |
|---------|-----------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
|         | $X^0 k$   | $\check{X}^0 k$    | $\Sigma k = X^0 k - \check{X}^0 k$ | $\Delta_k = \frac{\Sigma k}{X^0 k}$ |
| 2       | 75.812,9  | 70.988,51          | 4.824,39                           | 6,36                                |
| 3       | 75.404    | 83.063,71          | -7.659,71                          | 10,16                               |
| 4       | 100.927,8 | 97.192,9           | 3.734,9                            | 3,7                                 |

Toplam göreceli hatalar sonucunda bulunan ortalama göreceli hata:

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{3} \sum_{k=2}^4 \Delta_k = \frac{6,36+10,16+3,7}{3} \cong \%6,74$$

Tahmin modellerinin doğruluğunda yaygın olarak kullanılan sınıflandırma aşağıdaki gibidir(Acun:2018:102).

**Tablo 3. 3:** Hata Sınıflandırması

| Doğruluk Sınıflandırması       | Parametreler |            |
|--------------------------------|--------------|------------|
|                                | P            | C          |
| 1. Seviye: Yüksek Güvenilirlik | >0,95        | <0,35      |
| 2. seviye: Oldukça Güvenilir   | >0,80        | <0,50      |
| 3. seviye: Düşük Güvenilirlik  | >0,70        | <0,65      |
| 4. seviye: Güvenilir Değil     | $\leq 0,70$  | $\geq ,65$ |

$P = 100 - \bar{\Delta}$  formülüne ortalama göreceli hata değeri yazıldığında  $P = 100 - 6,74 = 93,26$  çıkmaktadır. Kritik P değeri  $> 0,80$  olduğu için analiz sonucu 2. Seviye oldukça güvenilirdir. Bu sonuç doğrultusunda tahmin modeli kullanılarak gelecek döneme ait tahmin değeri elde edilebilecektir. P değerinin oldukça güvenilir seviyesinde olması sonucunda oluşturulan model yardımıyla 2020 yılı birinci çeyrek, ikinci çeyrek, üçüncü çeyrek ve dördüncü çeyrek dönemlerine ait maliyet verileri hesaplanarak aşağıdaki tablo 3.4’te gösterilmiştir.

**Tablo 3. 4:** Tahmini Değerler

| Periyotlar              | 2020      |           |           |           |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                         | 1. çeyrek | 2. çeyrek | 3. Çeyrek | 4. çeyrek |
| <b>Tahmini Değerler</b> | 113.725   | 133.070   | 155.706   | 182.191   |

Tablo 3.4’e göre, süt üretim işletmesinin 2020 yılı birinci çeyrek maliyetlerinin 113.725 TL olduğu görülmekte, işletmenin birinci çeyrek maliyetlerinin 16.532,6 TL artması öngörülmüştür. İşletmenin ikinci çeyrek maliyetlerinin 133.070 TL olduğu görülmekte, işletmenin ikinci çeyrek maliyetlerinin 19.344,8 TL artması öngörülmüştür. İşletmenin üçüncü çeyrek maliyetlerinin 155.706 TL olduğu görülmekte, şirketin üçüncü çeyrek maliyetlerinin 22.635,3 TL artması öngörülmüştür. İşletmenin dördüncü çeyrek maliyetlerinin 182.191 TL olduğu görülmekte, şirketin dördüncü çeyrek maliyetlerinin 26.485,6 TL artması öngörülmüştür.

**Tablo 3. 5:** Gerçek Değerler ile Tahmini Değerlerin Karşılaştırılması

| Dönem            | 2019/1    | 2019/2   | 2019/3    | 2019/4    |
|------------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Gerçek Değerler  | 65.779,26 | 75.812,9 | 75.404    | 100.927,8 |
| Tahmini Değerler | 65.779,26 | 70.988,5 | 83.063,71 | 97.172,9  |
| Dönem            | 2020/1    | 2020/2   | 2020/3    | 2020/4    |
| Tahmini Değerler | 113.725   | 133.070  | 155.706   | 182.191   |

Yapılan tahminler sonucunda (X) Süt Üretim İşletmesinin 2020 yılı maliyetlerinin toplamı 584.692 TL olacağı öngörülmüştür. Uygulamaya konu olan 2019 yılı maliyetlerinin toplamı yaklaşık 317.924 TL gerçekleşmiştir. Gri sistem teorisi kullanılarak oluşturulan gri tahmin modeli sonucunda yapılan tahminlemede X süt üretim işletmesinin 2020 yılı maliyetlerinin 266.768 TL artması beklenmektedir. Modelin doğruluğunu kontrol etmek için tahmini ve orijinal verilerin aynı dönemleri karşılaştırılmış ve veriler arasında yaklaşık % 7’lik sapma olduğu görülmüştür. Böylece modelimizin güvenilirlik oranının ise % 93 olduğu tespit edilmiştir.

### 3.5.2. Bulanık Mantık Yöntemine Göre Elde Edilen Bulgular

Araştırmanın örneklemini işletmenin en sağlıklı verilerinin tutulduğu 2019 yılı oluşturmaktadır. İşletmenin bir yıl içinde yapmış olduğu maliyetler üretim maliyeti (ÜM)’nin unsurlarını oluşturan direkt ilk madde ve malzeme maliyetleri (DİMMM), direkt işçilik maliyetleri (DİM) ve genel üretim maliyetleri(GÜM) şeklinde sınıflandırılmış ve çözümlenebilmesi için bulanık mantık yardımıyla bir model oluşturulmuştur. Model için kullanılan giriş ve çıkış değişkenlerinin sınır değerleri yöneticilerden alınan bilgiler ışığında belirlenmiştir.

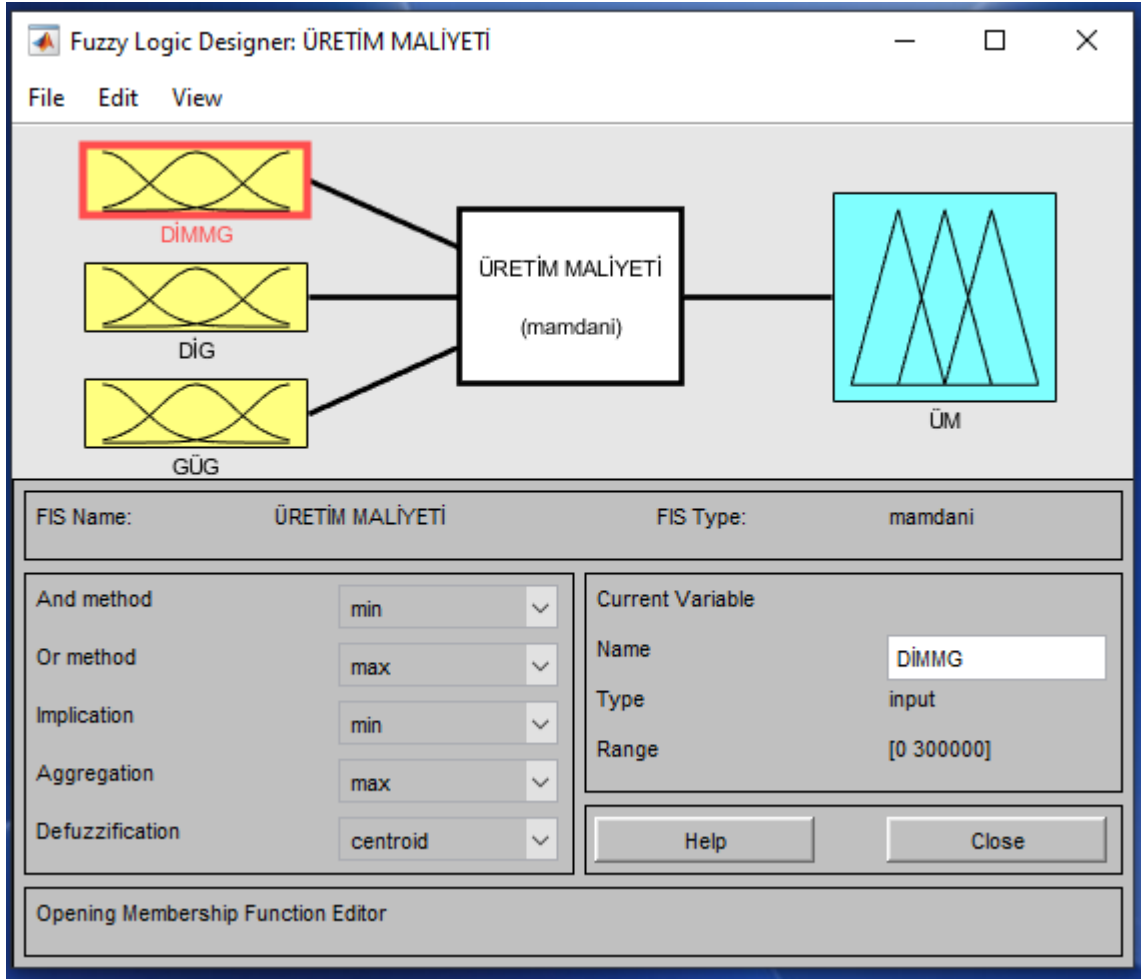
Bulanık Mantık yöntemiyle üretim maliyeti modeli için giriş değişkenleri olarak DİMMM, DİM ve GÜM çıkış değişkeni olarak ÜM kullanılmıştır. Hem giriş değişkenleri için hem de çıkış değişkeni için “çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek” olmak üzere 5 dilsel terim tanımlanmıştır. Belirsiz koşulları daha belirgin hale getirmek için her bir değişkene atanan dilsel terimler, işletme yöneticilerinin mesleki deneyimleri sonucunda fikir ve görüşlerinden elde edilen bilgiler doğrultusunda belirlenmiştir. Bu durum bulanık mantığın dereceli bir mantık sistemi olması yani keskin değerler yerine geçişli durumlara izin vermesinin bir sonucudur. Ayrıca işletme yöneticilerinin sözlü bilgilerden oluşan görüşlerine de yer verilmesi sağlanarak, uzman görüşlerinin de yer aldığı bir model ortaya konulmuştur. Süt üretim işletmesi için bulanık üretim maliyet

analizi için oluşturulan modelde girdi ve çıktı değişkenlerinin dilsel terimleri ve bu dilsel terimlerin temsil ettiği parametreler Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 3. 6:** Giriş ve Çıkış Değişkenlerine Ait Dilsel Terimler

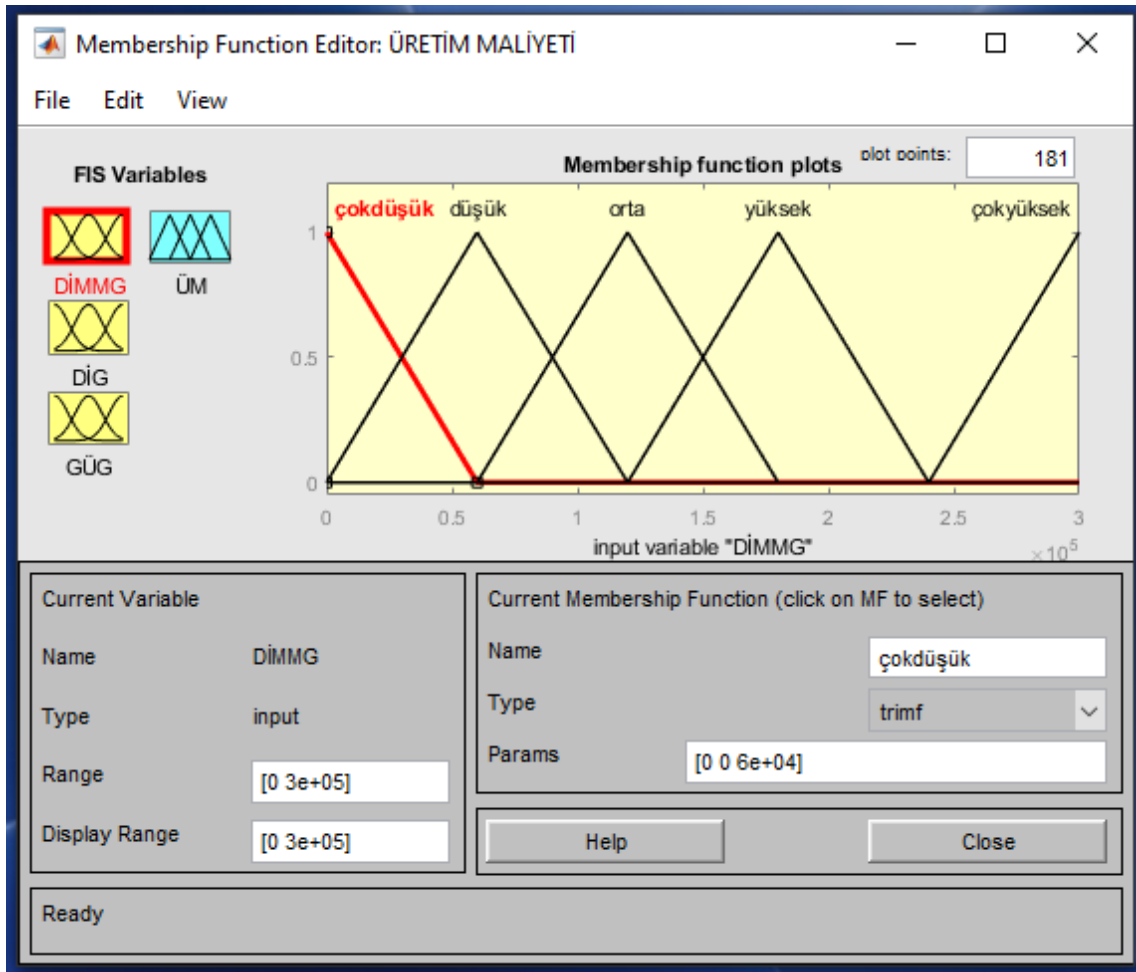
| GİRİŞ DEĞİŞKENLERİ                                    | ARALIK    | DİLSEL TERİMLER | PARAMETRELER (BİN TL) |
|-------------------------------------------------------|-----------|-----------------|-----------------------|
| Direkt İlk Madde<br>Ve<br>Malzeme Maliyeti<br>(DİMMM) | 0-300.000 | ÇOK DÜŞÜK(ÇD)   | 0 0 60                |
|                                                       |           | DÜŞÜK(D)        | 0 60 120              |
|                                                       |           | ORTA(O)         | 60 120 180            |
|                                                       |           | YÜKSEK(Y)       | 120 180 240           |
|                                                       |           | ÇOK YÜKSEK(ÇY)  | 240 300 300           |
| Direkt İşçilik Maliyeti<br>(DİM)                      | 0-200.000 | ÇOK DÜŞÜK(ÇD)   | 0 0 40                |
|                                                       |           | DÜŞÜK(D)        | 0 40 80               |
|                                                       |           | ORTA(O)         | 40 80 120             |
|                                                       |           | YÜKSEK(Y)       | 80 120 160            |
|                                                       |           | ÇOK YÜKSEK(ÇY)  | 160 200 200           |
| Genel Üretim Maliyeti<br>( GÜM)                       | 0-300.000 | ÇOK DÜŞÜK(ÇD)   | 0 0 60                |
|                                                       |           | DÜŞÜK(D)        | 0 60 120              |
|                                                       |           | ORTA(O)         | 60 120 180            |
|                                                       |           | YÜKSEK(Y)       | 120 180 240           |
|                                                       |           | ÇOK YÜKSEK(ÇY)  | 240 300 300           |
| ÇIKIŞ DEĞİŞKENLERİ                                    | ARALIK    | DİLSEL TERİMLER | PARAMETRELER (BİN TL) |
| Üretim Maliyeti<br>(ÜM)                               | 0-800.000 | ÇOK DÜŞÜK(ÇD)   | 0 0 160               |
|                                                       |           | DÜŞÜK(D)        | 0 160 320             |
|                                                       |           | ORTA(O)         | 160 320 480           |
|                                                       |           | YÜKSEK(Y)       | 320 480 600           |
|                                                       |           | ÇOK YÜKSEK(ÇY)  | 600 800 800           |

Yapılacak çözümleme için Matlab programında Fuzzy Logic Editörü kullanılarak giriş ve çıkış değişkenlerine ait dilsel terimler ve bunlara ait parametreler tanımlanmıştır.



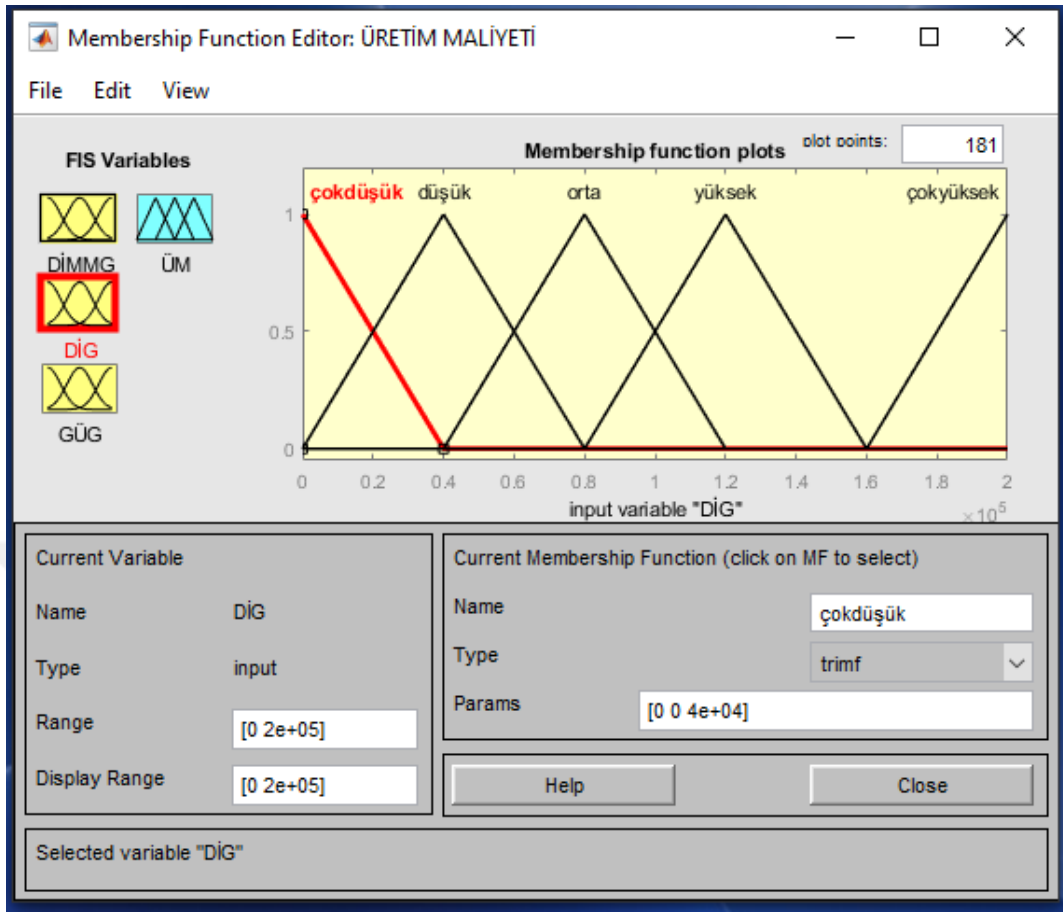
**Şekil 3. 1:** Giriş ve Çıkış Değişkenlerinin Tanımlanması

Bulanık mantık modeli oluşturmak için girdi olarak kullanılacak değişkenleri ve bu girdilerden elde edilecek çıktı değişkeni fuzzy logic editörüne tanımlanması şekil 3.1'deki gibidir. Model için giriş ve çıkış değişkenleri tanımlandıktan sonraki işlem bu değişkenlerle ilgili olarak üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur. Hem giriş değişkenleri hem de çıkış değişkeni için 5'er tane (çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek) üyelik fonksiyonu çizilmiştir.



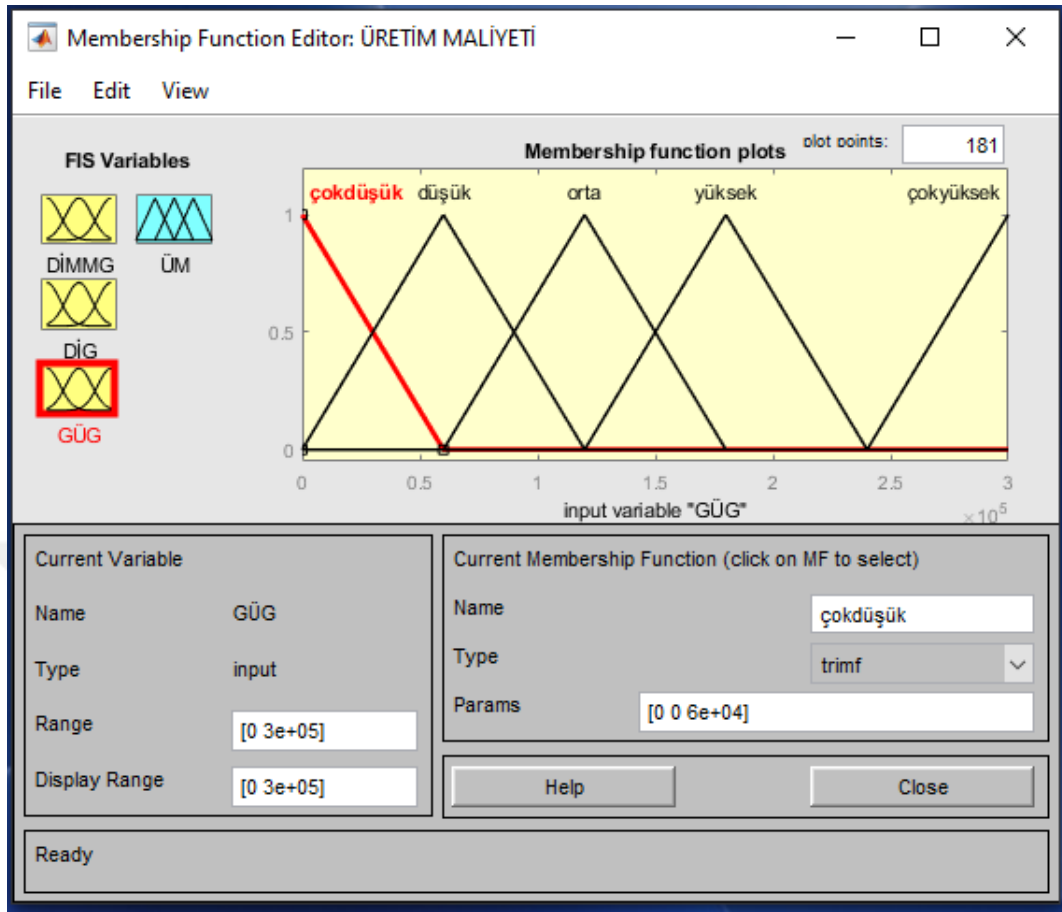
**Şekil 3. 2:** DİMMM Değişkenine Ait Üyelik Fonksiyonu

DİMMM değişkenine ait üyelik fonksiyonu Şekil 3.2’de görüldüğü gibidir. Modeldeki “DİMMM” değişkeni için oluşturulan üyelik fonksiyonlarında çok düşük dilsel terimi 60.000 TL ile ifade edilirken, çok yüksek dilsel terimi 240.000 TL ve üzeri tutarlar ile ifade edilir.



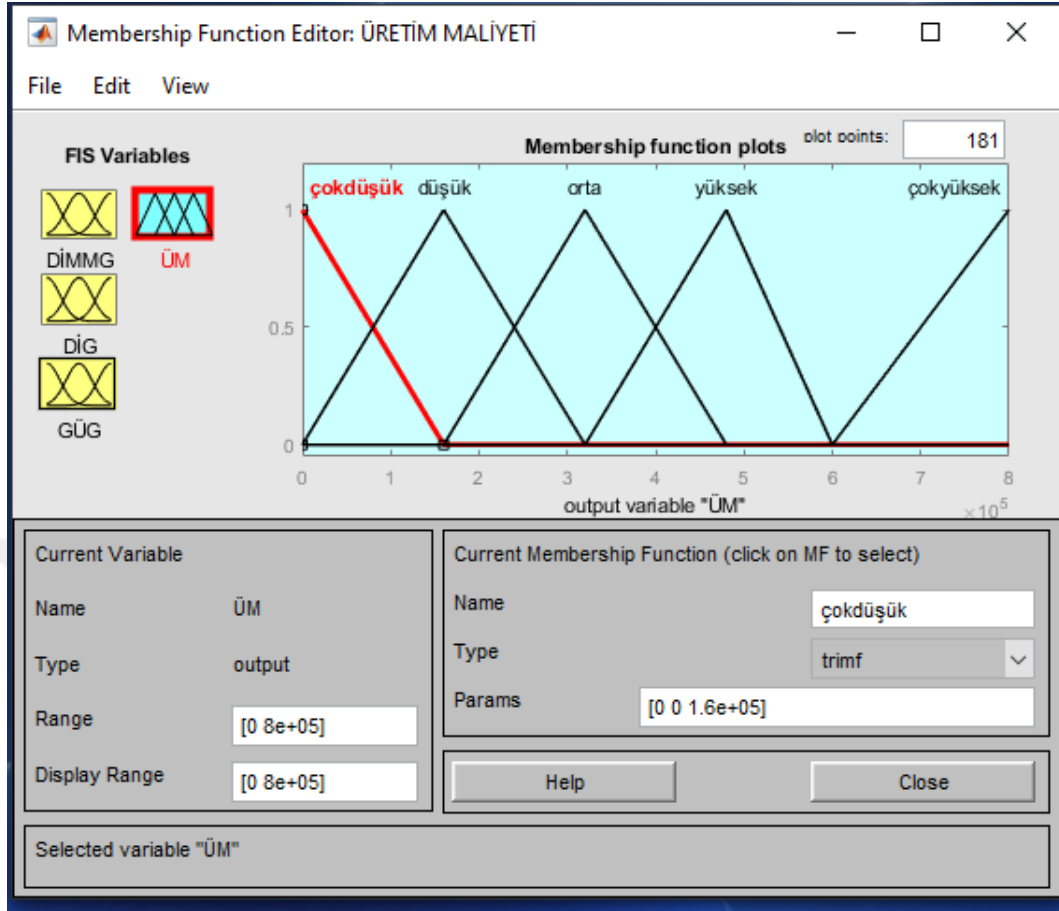
**Şekil 3. 3:** DİM Değişkenine Ait Üyelik Fonksiyonu

DİM değişkenine ait üyelik fonksiyonu Şekil 3.3’de görüldüğü gibidir. Modeldeki “DİM” değişkeni için oluşturulan üyelik fonksiyonlarında 40.000 TL “çok düşük” dilsel teriminin temsil ettiği bulanık kümesinin elemanı olup, 160.000 TL üzerindeki DİM, “çok yüksek” dilsel teriminin temsil ettiği bulanık kümenin elemanıdır.



**Şekil 3. 4:** GÜM Değişkenine Ait Üyelik Fonksiyonu

GÜM değişkenine ait üyelik fonksiyonu Şekil 3.4’de görüldüğü gibidir. Modeldeki “GÜM” değişkeni için oluşturulan üyelik fonksiyonlarında çok düşük dilsel terimi 60.000 TL ile ifade edilirken, çok yüksek dilsel terimi 240.000 TL ve üzeri tutarlar ile ifade edilir.



**Şekil 3. 5:** ÜM Değişkenine Ait Üyelik Fonksiyonu

ÜM değişkenine ait üyelik fonksiyonu Şekil 3.5’de görüldüğü gibidir. Modeldeki “GÜM” değişkeni için oluşturulan üyelik fonksiyonlarında çok düşük dilsel terimi 160.000 TL ile ifade edilirken, çok yüksek dilsel terimi 600.000 TL ve üzeri tutarlar ile ifade edilir.

Model oluşturmak için giriş değişkenleri ve çıkış değişkeni kullanılarak oluşturulan üyelik fonksiyonlarına ait bilgilerin işlenmesi ve çıkarım yapılabilmesi için işletme yöneticilerinden elde edilen bilgiler ışığında kural tabanı tanımlanmıştır. Kural tabanı fuzzy logic editöründe rules editöründe 125 adet kural tanımlanmıştır. Modelin sonuç değerlerinin elde edilmesini sağlayan kurallar şekil 3.7’de gösterilmiştir.

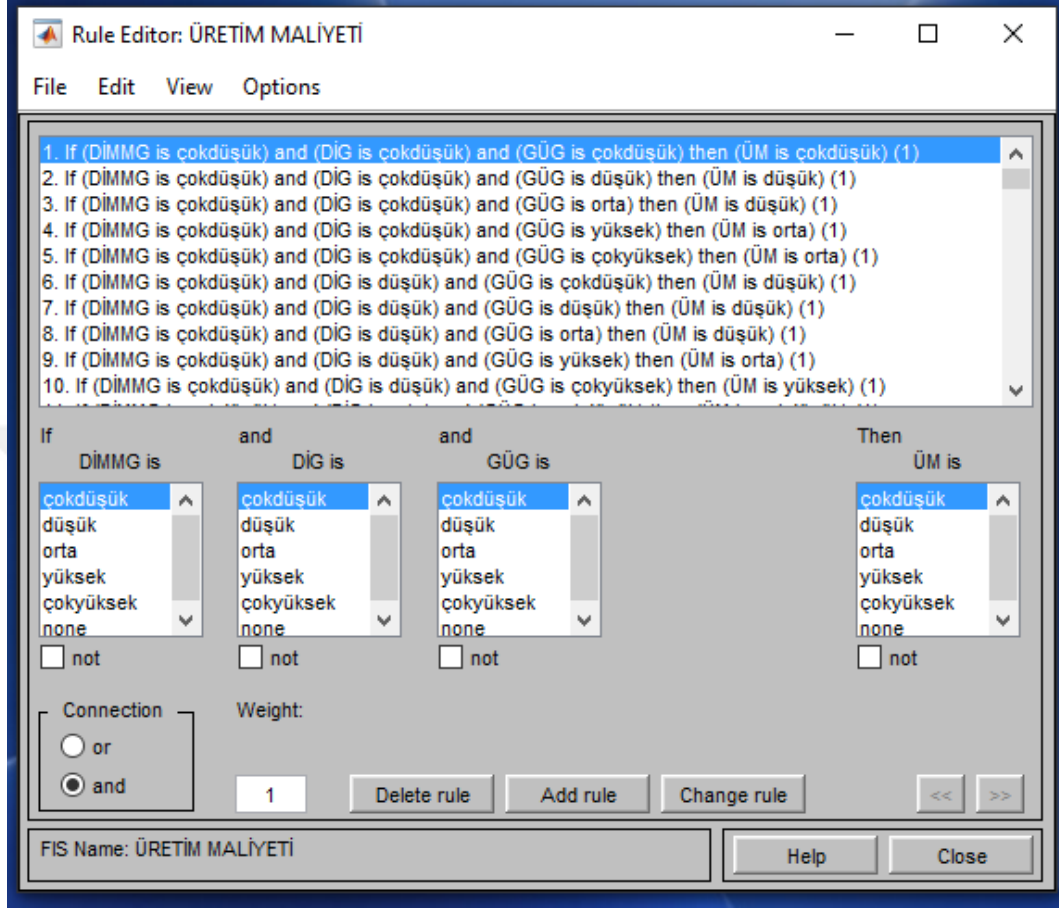
**Tablo 3. 7:** Bulanık Kurallar

|    |       |    |     |    |     |    |    |    |
|----|-------|----|-----|----|-----|----|----|----|
| 1  | DİMMM | ÇD | DİM | ÇD | GÜM | ÇD | ÜM | ÇD |
| 2  | DİMMM | ÇD | DİM | ÇD | GÜM | D  | ÜM | D  |
| 3  | DİMMM | ÇD | DİM | ÇD | GÜM | O  | ÜM | D  |
| 4  | DİMMM | ÇD | DİM | ÇD | GÜM | Y  | ÜM | O  |
| 5  | DİMMM | ÇD | DİM | ÇD | GÜM | ÇY | ÜM | O  |
| 6  | DİMMM | ÇD | DİM | D  | GÜM | ÇD | ÜM | D  |
| 7  | DİMMM | ÇD | DİM | D  | GÜM | D  | ÜM | D  |
| 8  | DİMMM | ÇD | DİM | D  | GÜM | O  | ÜM | D  |
| 9  | DİMMM | ÇD | DİM | D  | GÜM | Y  | ÜM | O  |
| 10 | DİMMM | ÇD | DİM | D  | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 11 | DİMMM | ÇD | DİM | O  | GÜM | ÇD | ÜM | ÇD |
| 12 | DİMMM | ÇD | DİM | O  | GÜM | D  | ÜM | D  |
| 13 | DİMMM | ÇD | DİM | O  | GÜM | O  | ÜM | O  |
| 14 | DİMMM | ÇD | DİM | O  | GÜM | Y  | ÜM | O  |
| 15 | DİMMM | ÇD | DİM | O  | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 16 | DİMMM | ÇD | DİM | Y  | GÜM | ÇD | ÜM | D  |
| 17 | DİMMM | ÇD | DİM | Y  | GÜM | D  | ÜM | D  |
| 18 | DİMMM | ÇD | DİM | Y  | GÜM | O  | ÜM | O  |
| 19 | DİMMM | ÇD | DİM | Y  | GÜM | Y  | ÜM | O  |
| 20 | DİMMM | ÇD | DİM | Y  | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 21 | DİMMM | ÇD | DİM | ÇY | GÜM | ÇD | ÜM | D  |
| 22 | DİMMM | ÇD | DİM | ÇY | GÜM | D  | ÜM | O  |
| 23 | DİMMM | ÇD | DİM | ÇY | GÜM | O  | ÜM | O  |
| 24 | DİMMM | ÇD | DİM | ÇY | GÜM | Y  | ÜM | Y  |
| 25 | DİMMM | ÇD | DİM | ÇY | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 26 | DİMMM | D  | DİM | ÇD | GÜM | ÇD | ÜM | D  |
| 27 | DİMMM | D  | DİM | ÇD | GÜM | D  | ÜM | D  |
| 28 | DİMMM | D  | DİM | ÇD | GÜM | O  | ÜM | D  |
| 29 | DİMMM | D  | DİM | ÇD | GÜM | Y  | ÜM | O  |
| 30 | DİMMM | D  | DİM | ÇD | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 31 | DİMMM | D  | DİM | D  | GÜM | ÇD | ÜM | D  |
| 32 | DİMMM | D  | DİM | D  | GÜM | D  | ÜM | D  |
| 33 | DİMMM | D  | DİM | D  | GÜM | O  | ÜM | O  |
| 34 | DİMMM | D  | DİM | D  | GÜM | Y  | ÜM | O  |
| 35 | DİMMM | D  | DİM | D  | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 36 | DİMMM | D  | DİM | O  | GÜM | ÇD | ÜM | D  |
| 37 | DİMMM | D  | DİM | O  | GÜM | D  | ÜM | D  |
| 38 | DİMMM | D  | DİM | O  | GÜM | O  | ÜM | O  |
| 39 | DİMMM | D  | DİM | O  | GÜM | Y  | ÜM | O  |
| 40 | DİMMM | D  | DİM | O  | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 41 | DİMMM | D  | DİM | Y  | GÜM | ÇD | ÜM | D  |

|    |       |   |     |    |     |    |    |   |
|----|-------|---|-----|----|-----|----|----|---|
| 42 | DİMMM | D | DİM | Y  | GÜM | D  | ÜM | D |
| 43 | DİMMM | D | DİM | Y  | GÜM | O  | ÜM | O |
| 44 | DİMMM | D | DİM | Y  | GÜM | Y  | ÜM | O |
| 45 | DİMMM | D | DİM | Y  | GÜM | ÇY | ÜM | Y |
| 46 | DİMMM | D | DİM | ÇY | GÜM | ÇD | ÜM | D |
| 47 | DİMMM | D | DİM | ÇY | GÜM | D  | ÜM | O |
| 48 | DİMMM | D | DİM | ÇY | GÜM | O  | ÜM | O |
| 49 | DİMMM | D | DİM | ÇY | GÜM | Y  | ÜM | Y |
| 50 | DİMMM | D | DİM | ÇY | GÜM | ÇY | ÜM | Y |
| 51 | DİMMM | O | DİM | ÇD | GÜM | ÇD | ÜM | D |
| 52 | DİMMM | O | DİM | ÇD | GÜM | D  | ÜM | D |
| 53 | DİMMM | O | DİM | ÇD | GÜM | O  | ÜM | O |
| 54 | DİMMM | O | DİM | ÇD | GÜM | Y  | ÜM | O |
| 55 | DİMMM | O | DİM | ÇD | GÜM | ÇY | ÜM | Y |
| 56 | DİMMM | O | DİM | D  | GÜM | ÇD | ÜM | D |
| 57 | DİMMM | O | DİM | D  | GÜM | D  | ÜM | D |
| 58 | DİMMM | O | DİM | D  | GÜM | O  | ÜM | O |
| 59 | DİMMM | O | DİM | D  | GÜM | Y  | ÜM | O |
| 60 | DİMMM | O | DİM | D  | GÜM | ÇY | ÜM | Y |
| 61 | DİMMM | O | DİM | O  | GÜM | ÇD | ÜM | D |
| 62 | DİMMM | O | DİM | O  | GÜM | D  | ÜM | D |
| 63 | DİMMM | O | DİM | O  | GÜM | O  | ÜM | O |
| 64 | DİMMM | O | DİM | O  | GÜM | Y  | ÜM | O |
| 65 | DİMMM | O | DİM | O  | GÜM | ÇY | ÜM | Y |
| 66 | DİMMM | O | DİM | Y  | GÜM | ÇD | ÜM | D |
| 67 | DİMMM | O | DİM | Y  | GÜM | D  | ÜM | O |
| 68 | DİMMM | O | DİM | Y  | GÜM | O  | ÜM | O |
| 69 | DİMMM | O | DİM | Y  | GÜM | Y  | ÜM | Y |
| 70 | DİMMM | O | DİM | Y  | GÜM | ÇY | ÜM | Y |
| 71 | DİMMM | O | DİM | ÇY | GÜM | ÇD | ÜM | O |
| 72 | DİMMM | O | DİM | ÇY | GÜM | D  | ÜM | O |
| 73 | DİMMM | O | DİM | ÇY | GÜM | O  | ÜM | O |
| 74 | DİMMM | O | DİM | ÇY | GÜM | Y  | ÜM | Y |
| 75 | DİMMM | O | DİM | ÇY | GÜM | ÇY | ÜM | Y |
| 76 | DİMMM | Y | DİM | ÇD | GÜM | ÇD | ÜM | D |
| 77 | DİMMM | Y | DİM | ÇD | GÜM | D  | ÜM | D |
| 78 | DİMMM | Y | DİM | ÇD | GÜM | O  | ÜM | O |
| 79 | DİMMM | Y | DİM | ÇD | GÜM | Y  | ÜM | O |
| 80 | DİMMM | Y | DİM | ÇD | GÜM | ÇY | ÜM | Y |
| 81 | DİMMM | Y | DİM | D  | GÜM | ÇD | ÜM | D |
| 82 | DİMMM | Y | DİM | D  | GÜM | D  | ÜM | O |
| 83 | DİMMM | Y | DİM | D  | GÜM | O  | ÜM | O |
| 84 | DİMMM | Y | DİM | D  | GÜM | Y  | ÜM | Y |

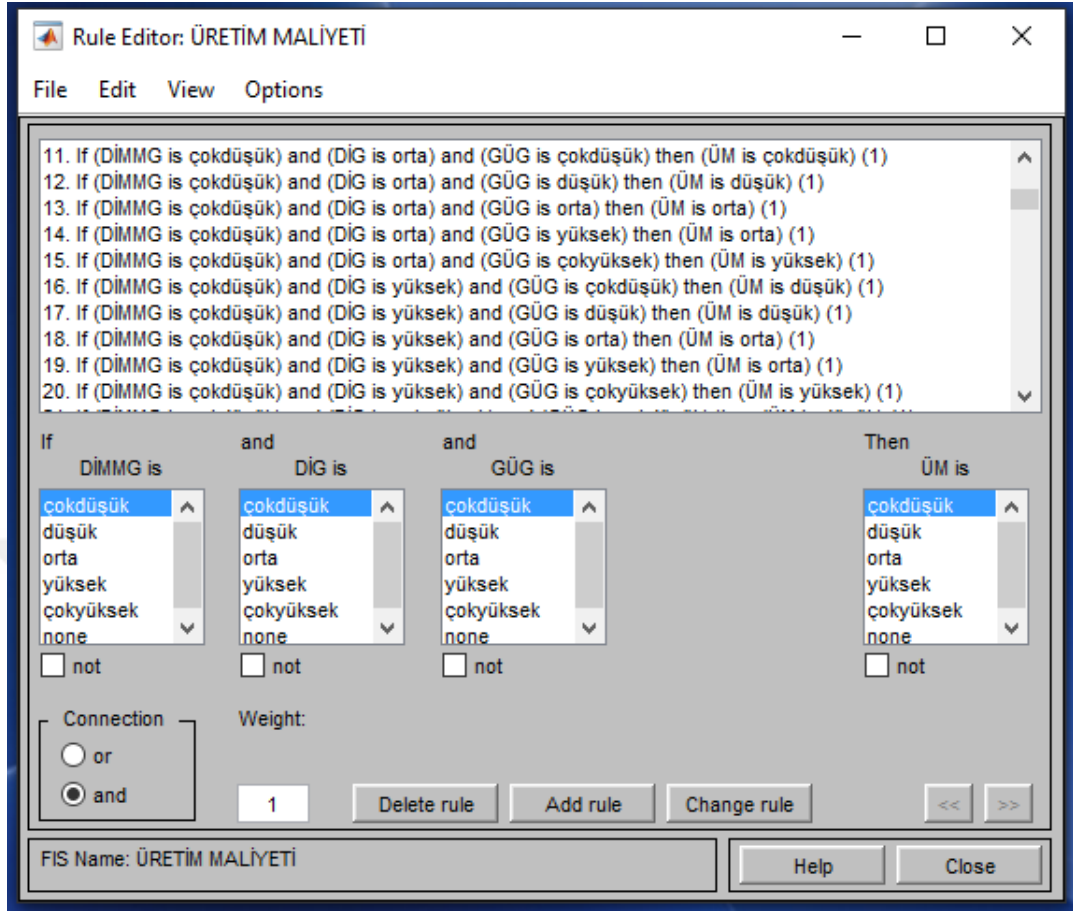
|     |       |    |     |    |     |    |    |    |
|-----|-------|----|-----|----|-----|----|----|----|
| 85  | DİMMM | Y  | DİM | D  | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 86  | DİMMM | Y  | DİM | O  | GÜM | ÇD | ÜM | D  |
| 87  | DİMMM | Y  | DİM | O  | GÜM | D  | ÜM | O  |
| 88  | DİMMM | Y  | DİM | O  | GÜM | O  | ÜM | O  |
| 89  | DİMMM | Y  | DİM | O  | GÜM | Y  | ÜM | Y  |
| 90  | DİMMM | Y  | DİM | O  | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 91  | DİMMM | Y  | DİM | Y  | GÜM | ÇD | ÜM | O  |
| 92  | DİMMM | Y  | DİM | Y  | GÜM | D  | ÜM | O  |
| 93  | DİMMM | Y  | DİM | Y  | GÜM | O  | ÜM | O  |
| 94  | DİMMM | Y  | DİM | Y  | GÜM | Y  | ÜM | Y  |
| 95  | DİMMM | Y  | DİM | Y  | GÜM | ÇY | ÜM | ÇY |
| 96  | DİMMM | Y  | DİM | ÇY | GÜM | ÇD | ÜM | O  |
| 97  | DİMMM | Y  | DİM | ÇY | GÜM | D  | ÜM | O  |
| 98  | DİMMM | Y  | DİM | ÇY | GÜM | O  | ÜM | Y  |
| 99  | DİMMM | Y  | DİM | ÇY | GÜM | Y  | ÜM | Y  |
| 100 | DİMMM | Y  | DİM | ÇY | GÜM | ÇY | ÜM | ÇY |
| 101 | DİMMM | ÇY | DİM | ÇD | GÜM | ÇD | ÜM | O  |
| 102 | DİMMM | ÇY | DİM | ÇD | GÜM | D  | ÜM | O  |
| 103 | DİMMM | ÇY | DİM | ÇD | GÜM | O  | ÜM | O  |
| 104 | DİMMM | ÇY | DİM | ÇD | GÜM | Y  | ÜM | Y  |
| 105 | DİMMM | ÇY | DİM | ÇD | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 106 | DİMMM | ÇY | DİM | D  | GÜM | ÇD | ÜM | O  |
| 107 | DİMMM | ÇY | DİM | D  | GÜM | D  | ÜM | O  |
| 108 | DİMMM | ÇY | DİM | D  | GÜM | O  | ÜM | O  |
| 109 | DİMMM | ÇY | DİM | D  | GÜM | Y  | ÜM | Y  |
| 110 | DİMMM | ÇY | DİM | D  | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 111 | DİMMM | ÇY | DİM | O  | GÜM | ÇD | ÜM | O  |
| 112 | DİMMM | ÇY | DİM | O  | GÜM | D  | ÜM | O  |
| 113 | DİMMM | ÇY | DİM | O  | GÜM | O  | ÜM | Y  |
| 114 | DİMMM | ÇY | DİM | O  | GÜM | Y  | ÜM | Y  |
| 115 | DİMMM | ÇY | DİM | O  | GÜM | ÇY | ÜM | Y  |
| 116 | DİMMM | ÇY | DİM | Y  | GÜM | ÇD | ÜM | O  |
| 117 | DİMMM | ÇY | DİM | Y  | GÜM | D  | ÜM | O  |
| 118 | DİMMM | ÇY | DİM | Y  | GÜM | O  | ÜM | Y  |
| 119 | DİMMM | ÇY | DİM | Y  | GÜM | Y  | ÜM | Y  |
| 120 | DİMMM | ÇY | DİM | Y  | GÜM | ÇY | ÜM | ÇY |
| 121 | DİMMM | ÇY | DİM | ÇY | GÜM | ÇD | ÜM | O  |
| 122 | DİMMM | ÇY | DİM | ÇY | GÜM | D  | ÜM | Y  |
| 123 | DİMMM | ÇY | DİM | ÇY | GÜM | O  | ÜM | Y  |
| 124 | DİMMM | ÇY | DİM | ÇY | GÜM | Y  | ÜM | Y  |
| 125 | DİMMM | ÇY | DİM | ÇY | GÜM | ÇY | ÜM | ÇY |

Yukarıda tablo 3.7’de gösterilen 125 adet kuralın rule editörüne tanımlanmış görünümü şekil 3.6 - 3.18 arasında gösterildiği gibidir.



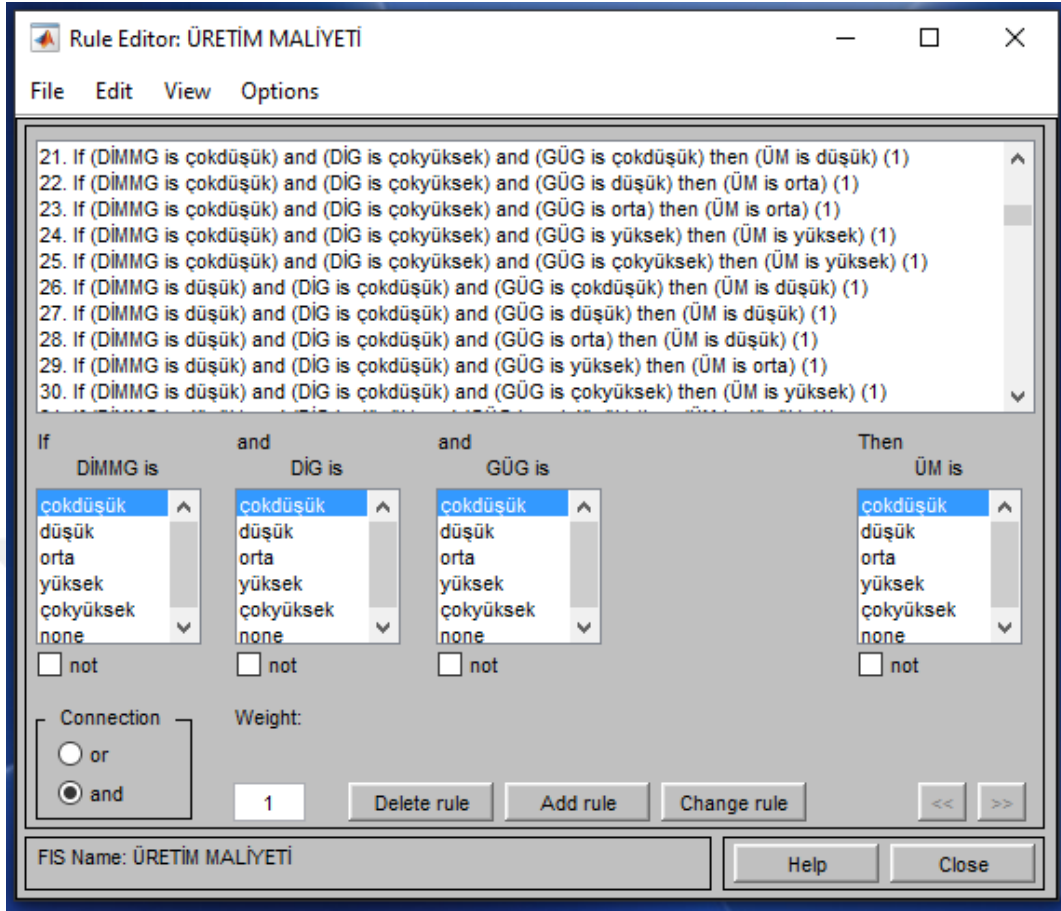
**Şekil 3. 6:** Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (1-10)

Kurallardan 1-10 arası şekil 3.6’da görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 1’nci kurala göre, eğer DİMMM “çok düşük”, DİM “çok düşük” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “çok düşük”, 5’nci kurala göre, DİMMM “çok düşük”, DİM “çok düşük” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “orta”, 8’nci kurala göre, eğer DİMMM “çok düşük”, DİM “düşük” ve GÜM “orta” olursa ÜM “düşük”, 10’ncu kurala göre, eğer DİMMM “çok düşük”, DİM “düşük” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek” çıkmaktadır.



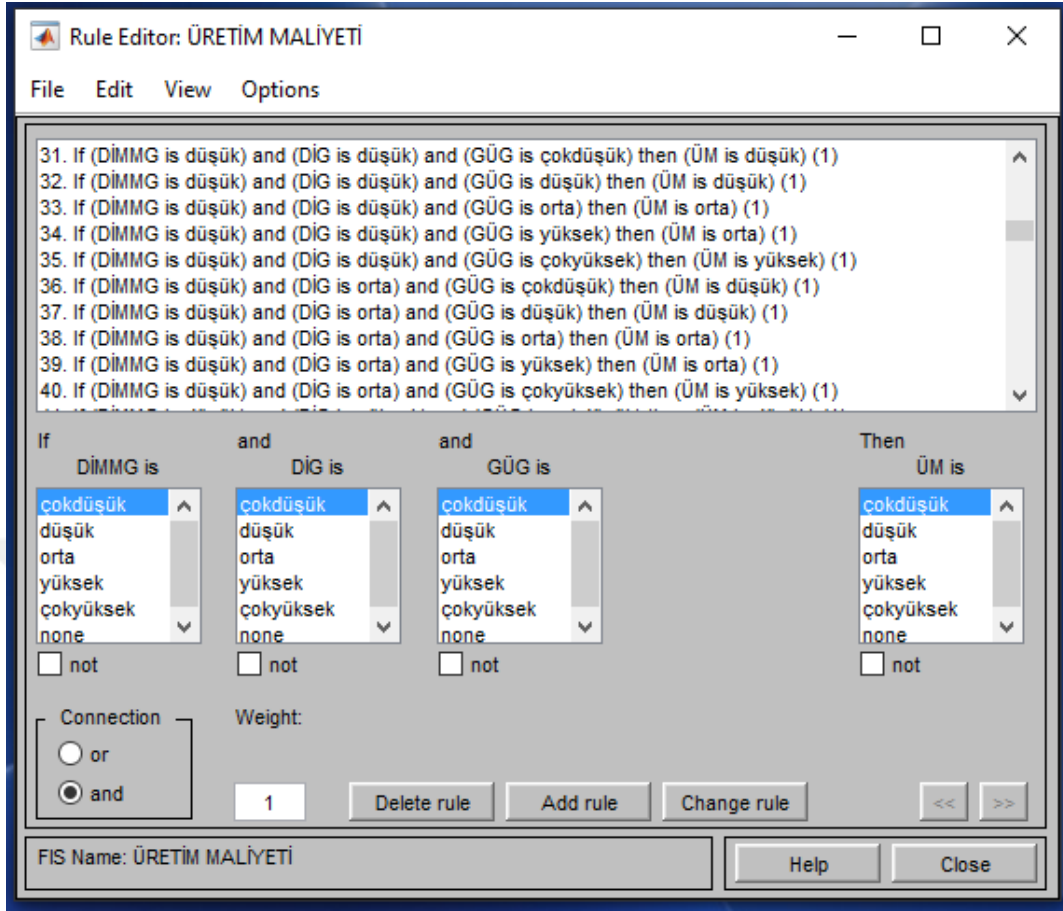
Şekil 3. 7: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (11-20)

Kurallardan 11-20 arası şekil 3.7’de görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 11’nci kurala göre, eğer DİMMG “çok düşük”, DİM “orta” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “çok düşük”, 15’nci kurala göre, DİMMG “çok düşük”, DİM “orta” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek”, 18’nci kurala göre, eğer DİMMG “çok düşük”, DİM “yüksek” ve GÜM “orta” olursa ÜM “orta”, 20’nci kurala göre, eğer DİMMG “çok düşük”, DİM “yüksek” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek” çıkmaktadır.



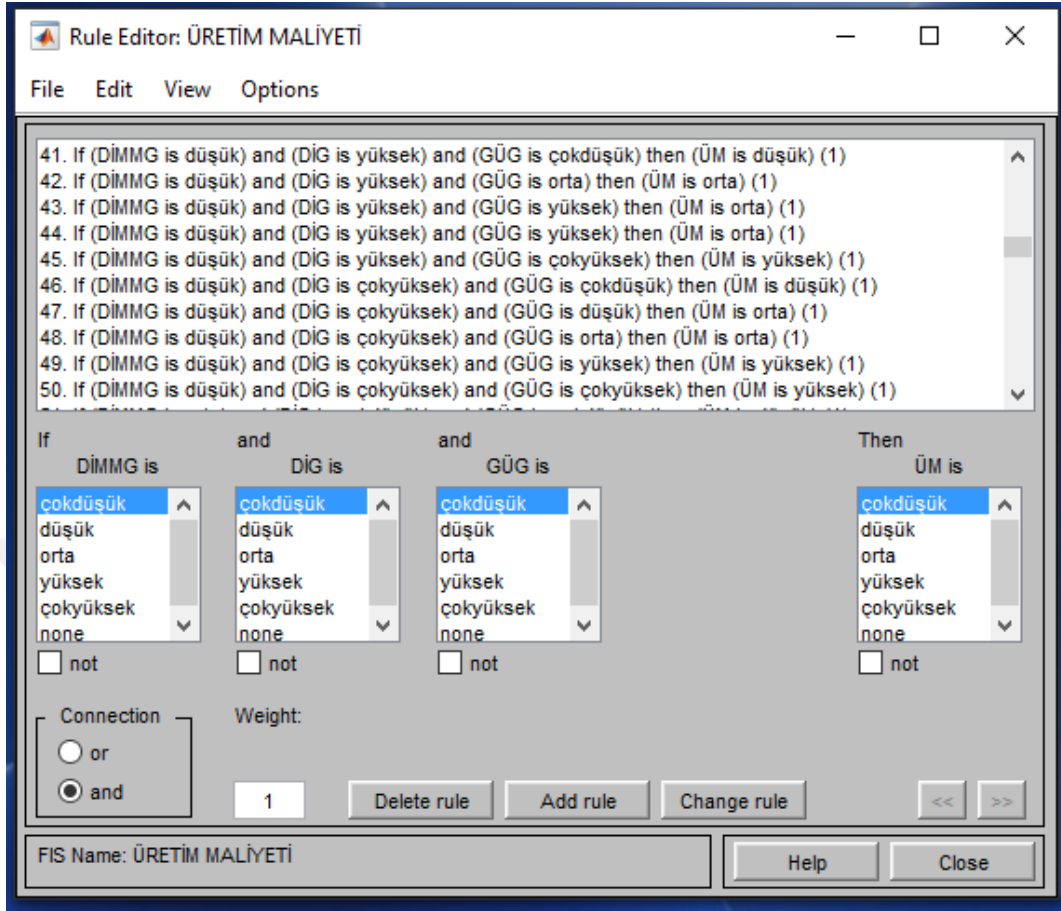
Şekil 3. 8: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (21-30)

Kurallardan 21-30 arası şekil 3.8’de görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 21’nci kurala göre, eğer DİMMG “çok düşük”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “düşük”, 25’nci kurala göre, DİMMG “çok düşük”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek”, 28’nci kurala göre, eğer DİMMG “düşük”, DİM “çok düşük” ve GÜM “orta” olursa ÜM “düşük”, 30’ncu kurala göre, eğer DİMMG “düşük”, DİM “çok düşük” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek” çıkmaktadır.



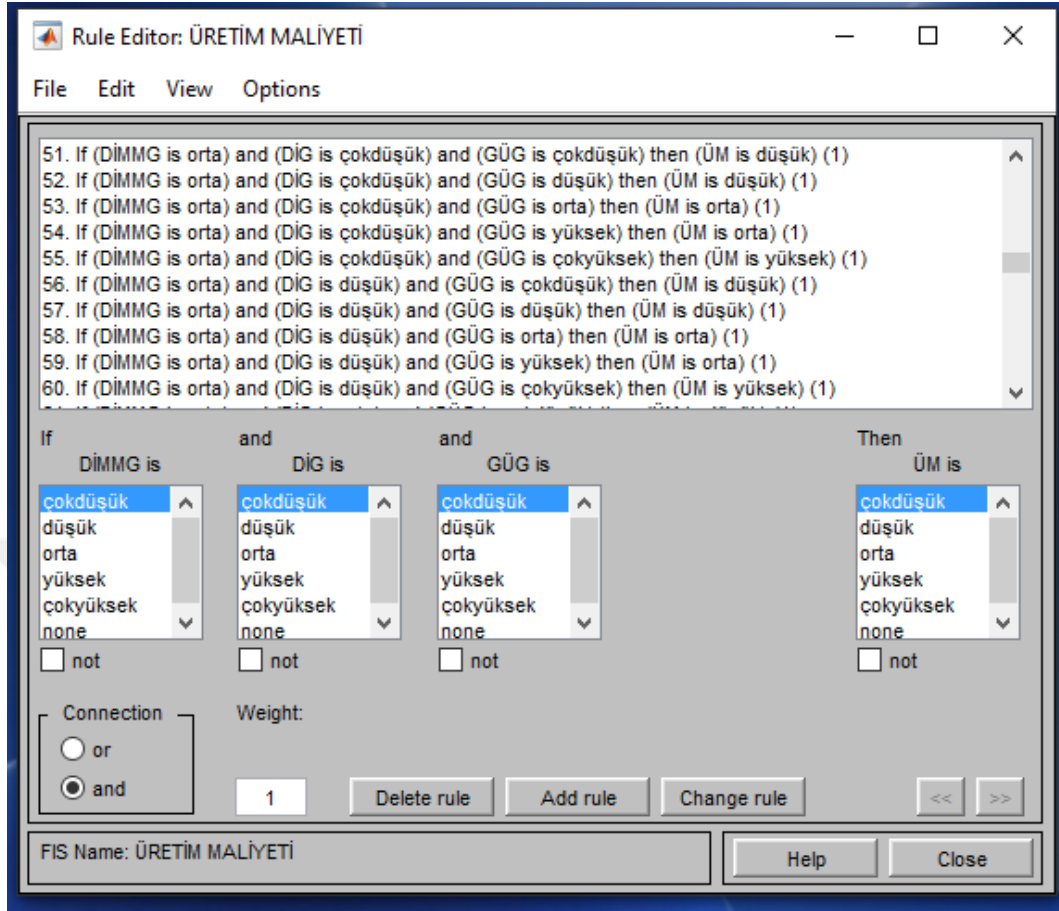
**Şekil 3. 9:** Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (31-40)

Kurallardan 31-40 arası şekil 3.9’da görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 31’nci kurala göre, eğer DİMMM “düşük”, DİM “düşük” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “düşük”, 35’nci kurala göre, DİMMM “düşük”, DİM “düşük” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek”, 38’nci kurala göre, eğer DİMMM “düşük”, DİM “orta” ve GÜM “orta” olursa ÜM “orta”, 40’nci kurala göre, eğer DİMMM “düşük”, DİM “orta” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek” çıkmaktadır.



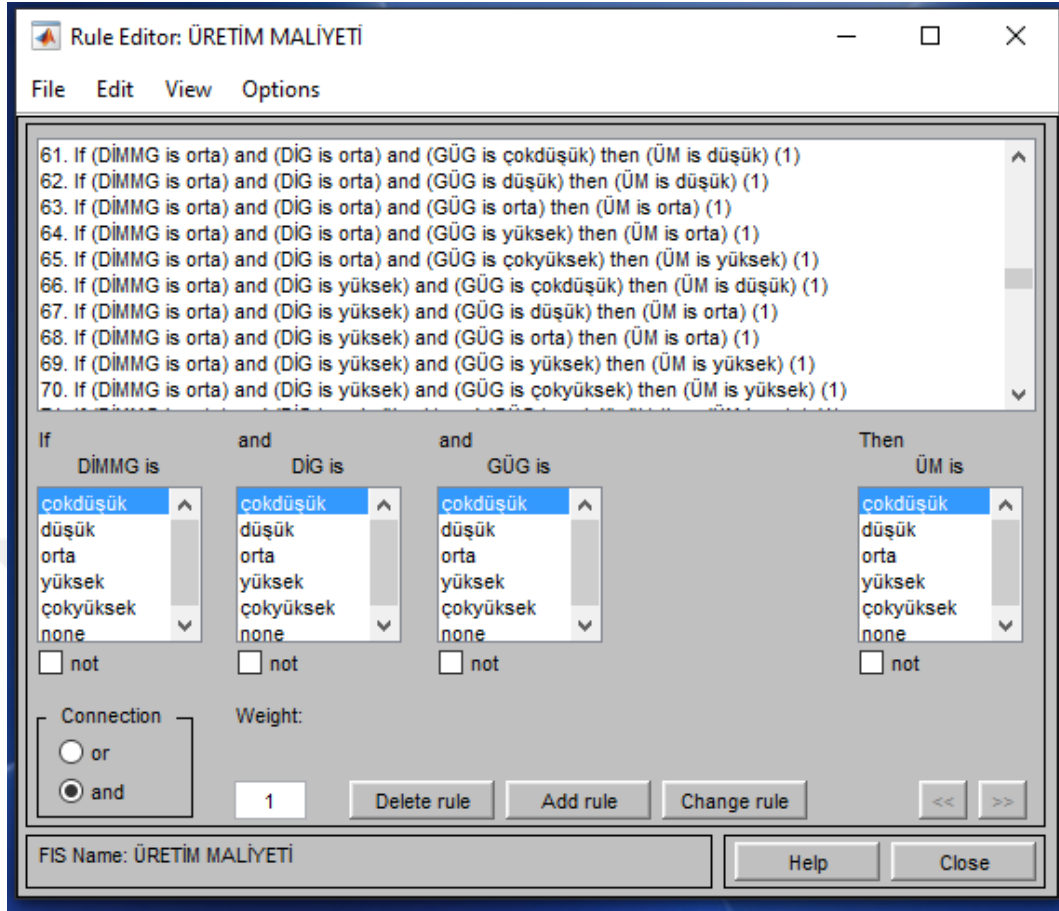
Şekil 3. 10: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (41-50)

Kurallardan 41-50 arası şekil 3.10’da görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 41’nci kurala göre, eğer DİMM “düşük”, DİM “yüksek” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “düşük”, 45’nci kurala göre, DİMM “düşük”, DİM “yüksek” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek”, 48’nci kurala göre, eğer DİMM “düşük”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “orta” olursa ÜM “orta”, 50’nci kurala göre, eğer DİMM “düşük”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek” çıkmaktadır.



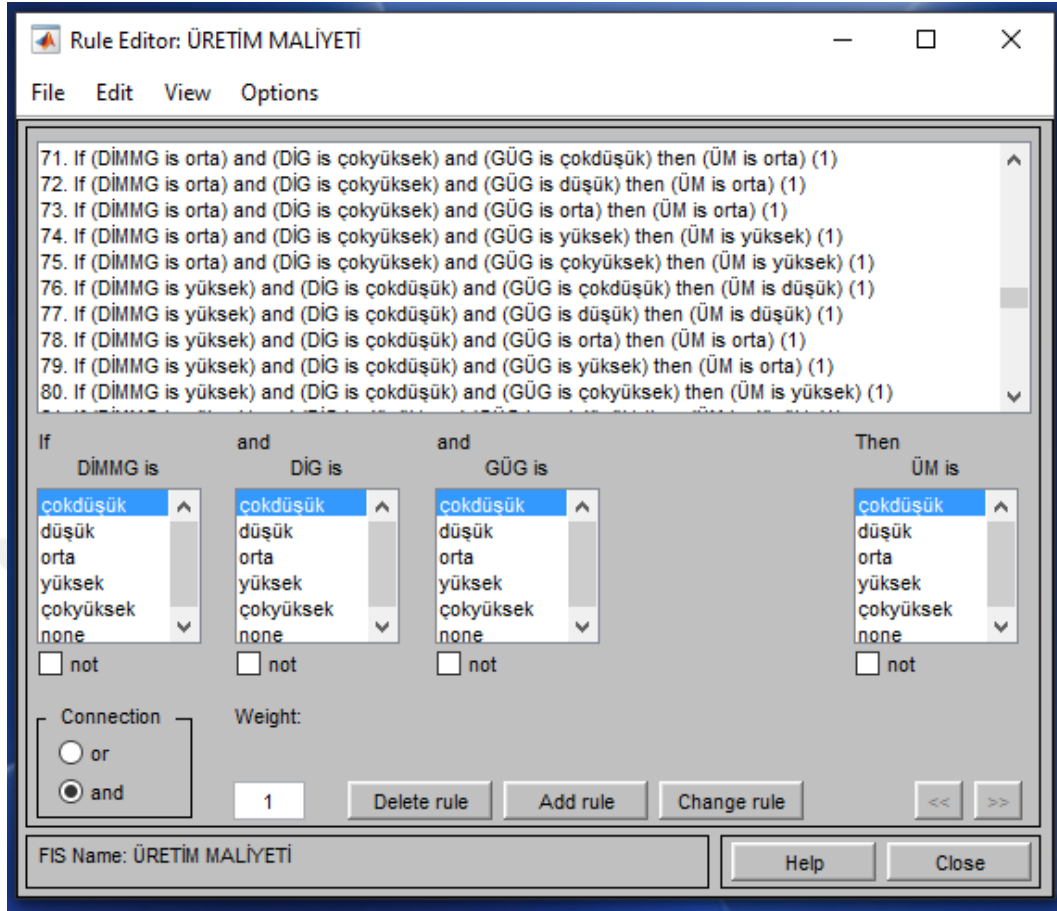
**Şekil 3. 11:** Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (51-60)

Kurallardan 51-60 arası şekil 3.11’de görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 51’nci kurala göre, eğer DİMMM “orta”, DİM “çok düşük” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “düşük”, 55’nci kurala göre, DİMMM “orta”, DİM “çok düşük” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek”, 58’nci kurala göre, eğer DİMMM “orta”, DİM “düşük” ve GÜM “orta” olursa ÜM “orta”, 60’nci kurala göre, eğer DİMMM “orta”, DİM “düşük” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek” çıkmaktadır.



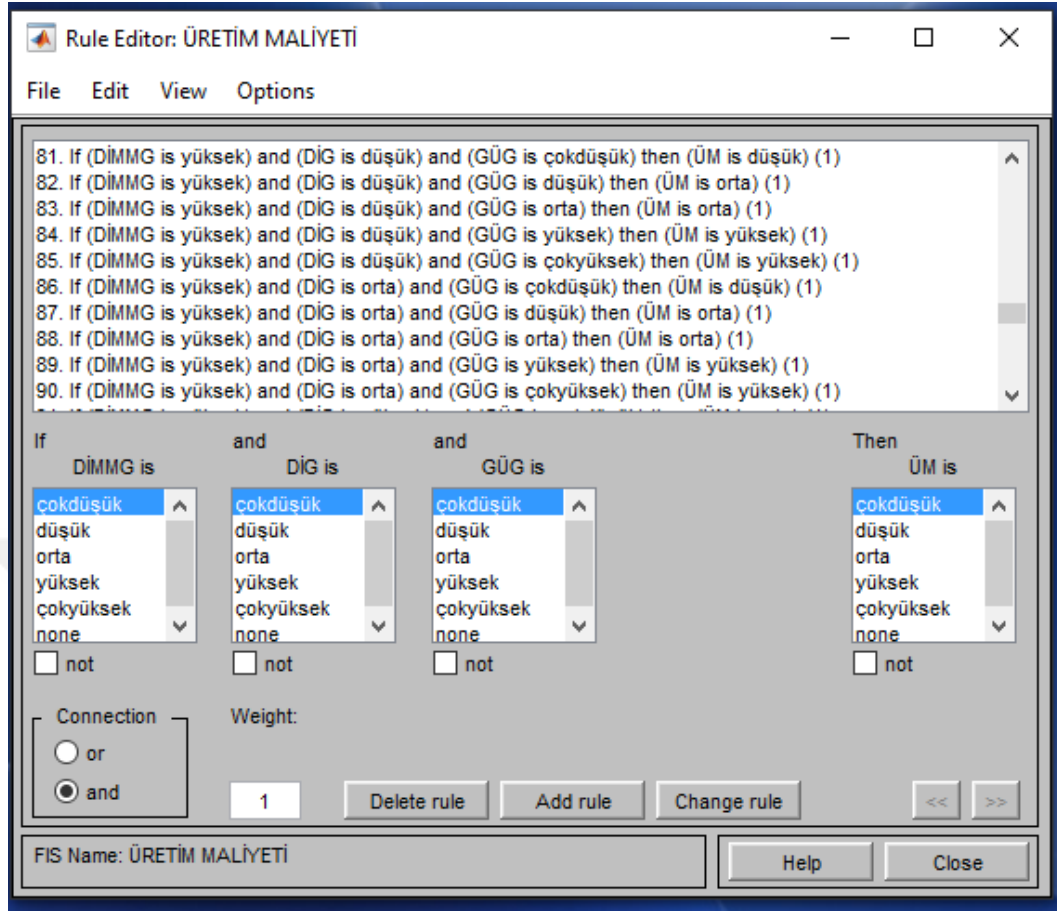
**Şekil 3. 12:** Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (61-70)

Kurallardan 61-70 arası şekil 3.12’de görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 61’nci kurala göre, eğer DİMMM “orta”, DİM “orta” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “düşük”, 65’nci kurala göre, DİMMM “orta”, DİM “orta” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek”, 68’nci kurala göre, eğer DİMMM “orta”, DİM “yüksek” ve GÜM “orta” olursa ÜM “orta”, 70’nci kurala göre, eğer DİMMM “orta”, DİM “yüksek” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek” çıkmaktadır.



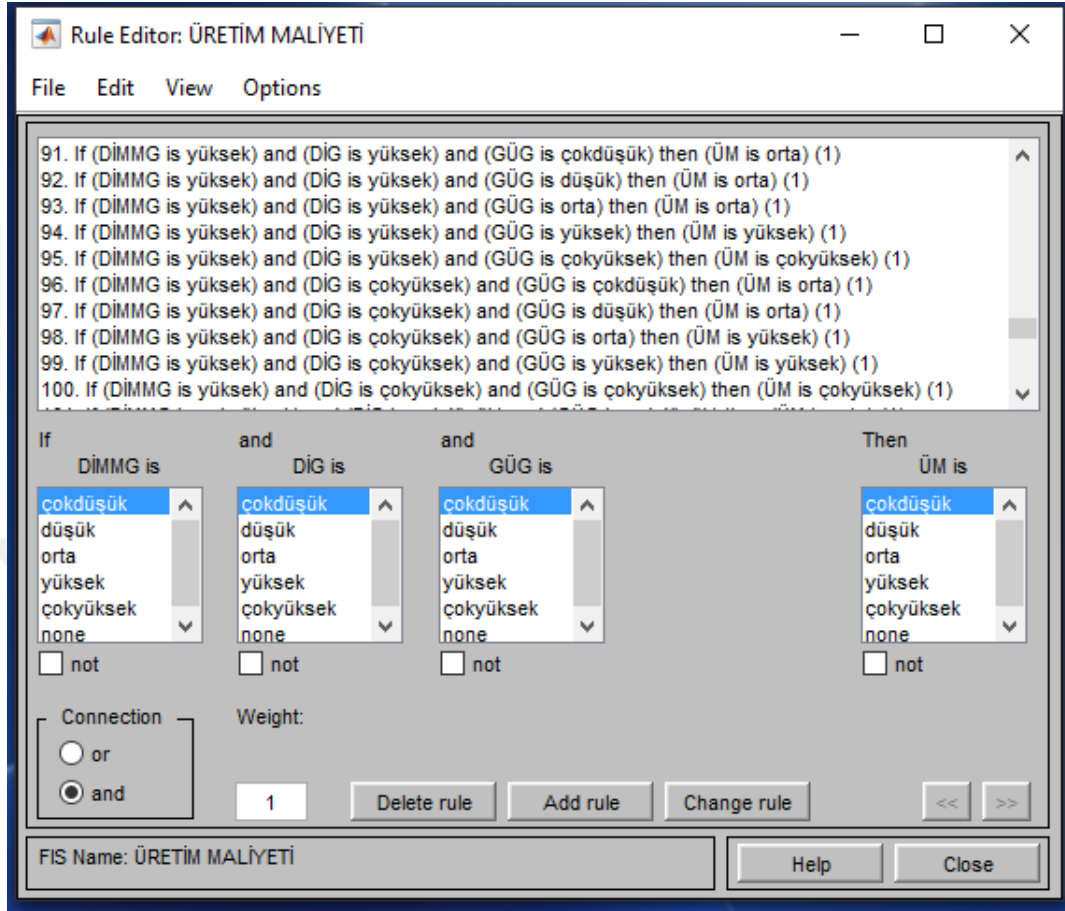
Şekil 3. 13: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (71-80)

Kurallardan 71-80 arası şekil 3.13’de görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 71’nci kurala göre, eğer DİMMG “orta”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “orta”, 75’nci kurala göre, DİMMG “orta”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek”, 78’nci kurala göre, eğer DİMMG “yüksek”, DİM “çok düşük” ve GÜM “orta” olursa ÜM “orta”, 80’nci kurala göre, eğer DİMMG “yüksek”, DİM “çok düşük” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek” çıkmaktadır.



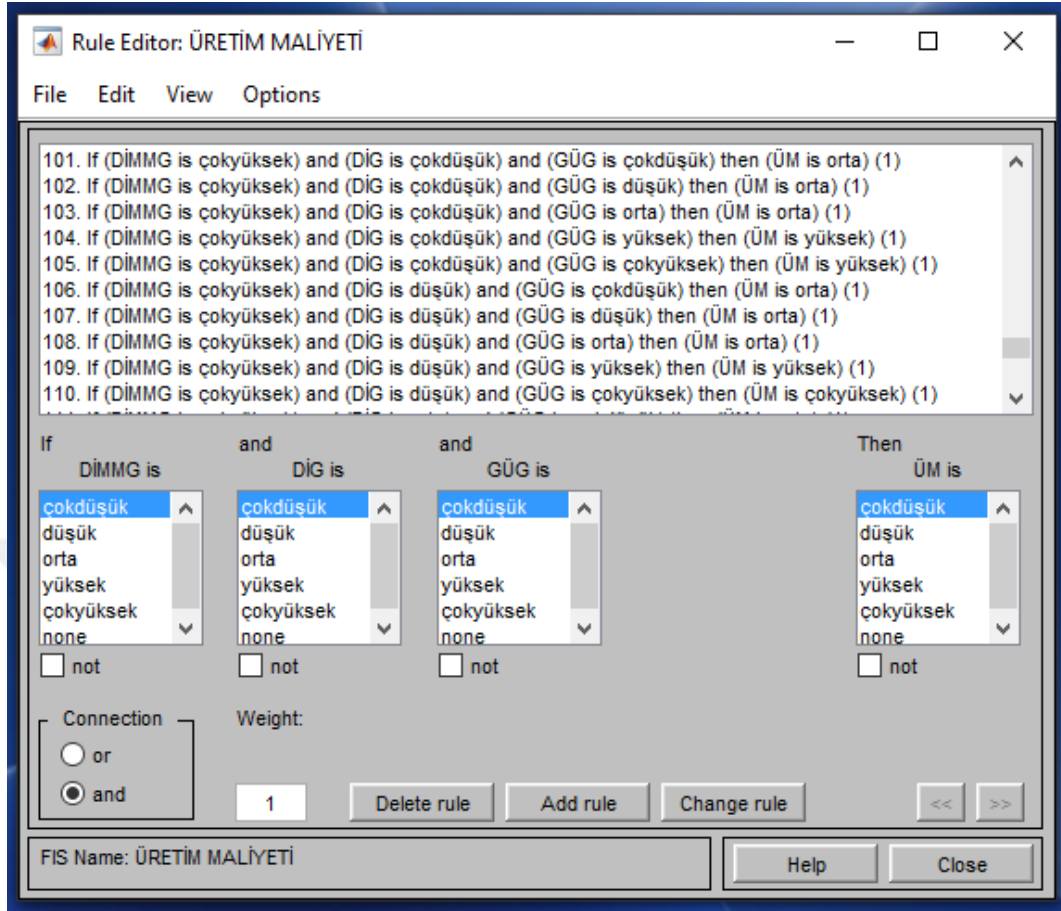
Şekil 3. 14: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (81-90)

Kurallardan 81-90 arası şekil 3.14’de görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 81’nci kurala göre, eğer DİMM “yüksek”, DİM “düşük” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “düşük”, 85’nci kurala göre, DİMM “yüksek”, DİM “düşük” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek”, 88’nci kurala göre, eğer DİMM “yüksek”, DİM “orta” ve GÜM “orta” olursa ÜM “orta”, 90’nci kurala göre, eğer DİMM “yüksek”, DİM “orta” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek” çıkmaktadır.



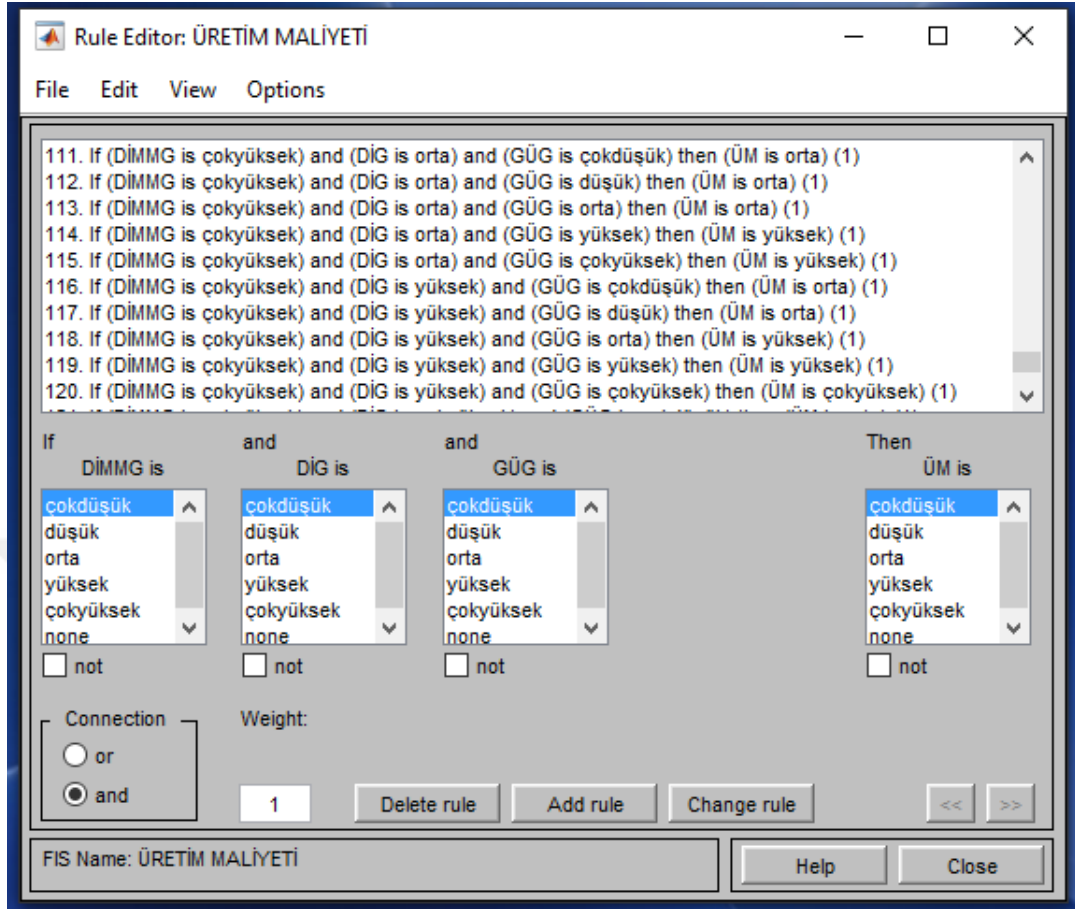
Şekil 3. 15: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (91-100)

Kurallardan 91-100 arası şekil 3.15’de görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 91’nci kurala göre, eğer DİMMM “yüksek”, DİM “yüksek” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “orta”, 95’nci kurala göre, DİMMM “yüksek”, DİM “yüksek” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “ çok yüksek”, 98’nci kurala göre, eğer DİMMM “yüksek”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “orta” olursa ÜM “yüksek”, 100’ncü kurala göre, eğer DİMMM “yüksek”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “çok yüksek” çıkmaktadır.



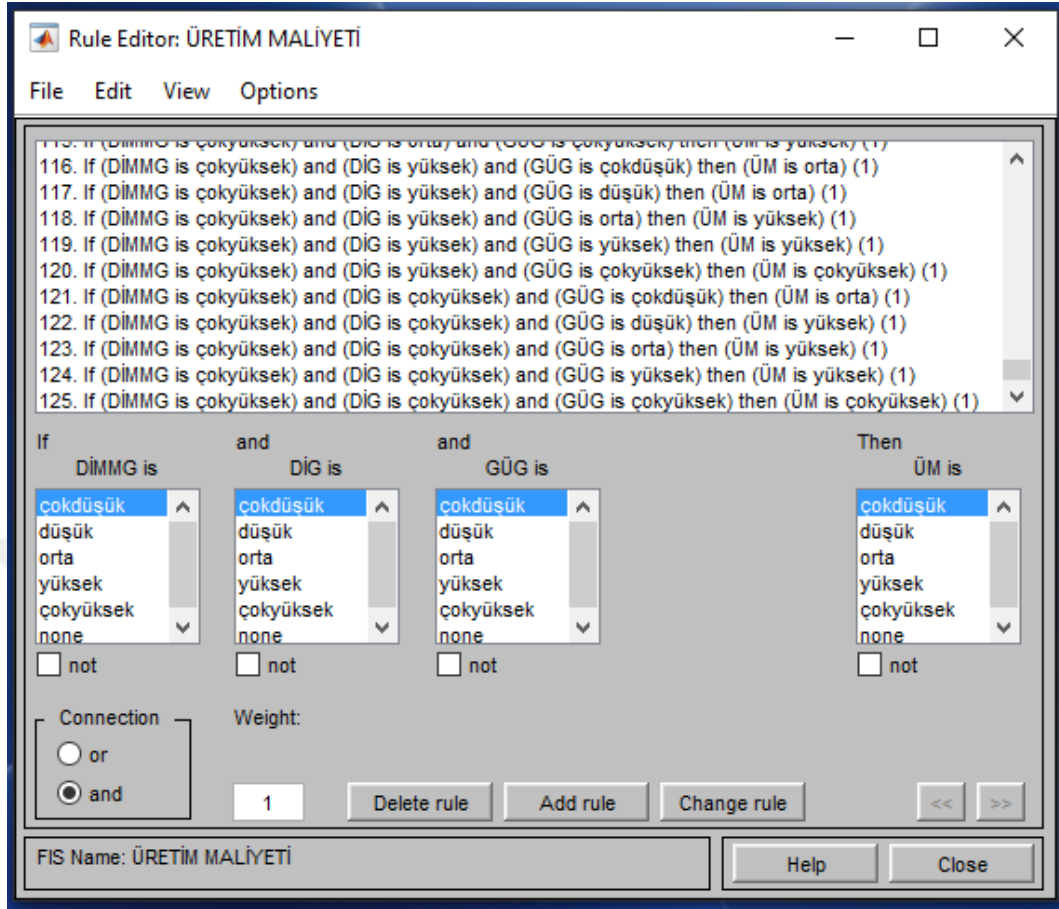
Şekil 3. 16: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (101-110)

Kurallardan 101-110 arası şekil 3.16’de görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 101’nci kurala göre, eğer DİMMG “çok yüksek”, DİG “çok yüksek” ve GÜG “çok düşük” olursa ÜM “orta”, 105’nci kurala göre, DİMMG “çok yüksek”, DİG “çok düşük” ve GÜG “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek”, 108’nci kurala göre, eğer DİMMG “çok yüksek”, DİG “düşük” ve GÜG “yüksek” olursa ÜM “orta”, 110’ncu kurala göre, eğer DİMMG “çok yüksek”, DİG “düşük” ve GÜG “çok yüksek” olursa ÜM “çok yüksek” çıkmaktadır.



Şekil 3. 17: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (110-120)

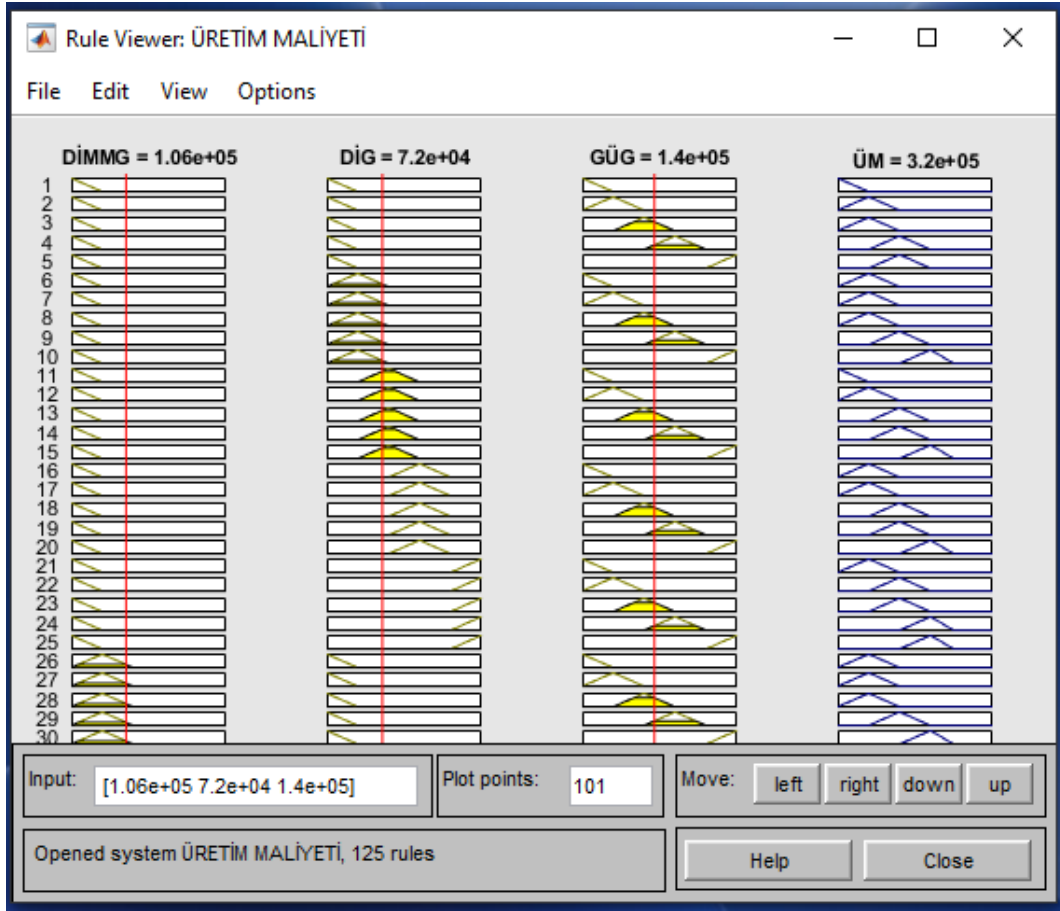
Kurallardan 111-120 arası şekil 3.17’de görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 111’nci kurala göre, eğer DİMMG “çok yüksek”, DİM “orta” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “orta”, 115’nci kurala göre, DİMMG “çok yüksek”, DİM “orta” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “yüksek”, 118’nci kurala göre, eğer DİMMG “çok yüksek”, DİM “yüksek” ve GÜM “orta” olursa ÜM “yüksek”, 120’ncu kurala göre, eğer DİMMG “çok yüksek”, DİM “yüksek” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “çok yüksek” çıkmaktadır.



Şekil 3. 18: Bulanık Kural Tabanının Oluşturulması (116-125)

Kurallardan 116-125 arası şekil 3.18’de görüldüğü gibidir. Bu kurallardan, 121’nci kurala göre, eğer DİMM “çok yüksek”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “orta”, 122’nci kurala göre, DİMM “çok yüksek”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “çok düşük” olursa ÜM “yüksek”, 123’ncü kurala göre, eğer DİMM “çok yüksek”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “orta” olursa ÜM “yüksek”, 124’ncü kurala göre, eğer DİMM “çok yüksek”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “yüksek” olursa ÜM “yüksek”, 125’nci kurala göre, eğer DİMM “çok yüksek”, DİM “çok yüksek” ve GÜM “çok yüksek” olursa ÜM “çok yüksek” çıkmaktadır.

Bulanık kümelerin kural tabanında işlenip anlaşılır sayılar haline gelmesi için durulaştırma işlemi yapılmıştır. Bu işlem için tercih edilen yöntem ağırlık merkezi yöntemidir. Çıktı değişkeni için çıkarımlar ortaya konulması için mamadani çıkarım yöntemi max-min çıkarım mekanizması kullanılmıştır. Uygulamanın yapıldığı (X) Süt Üretim İşletmesi için yapılan Bulanık Tabanlı üretim maliyet analizi sonucu Şekil 3.19’daki gibidir:



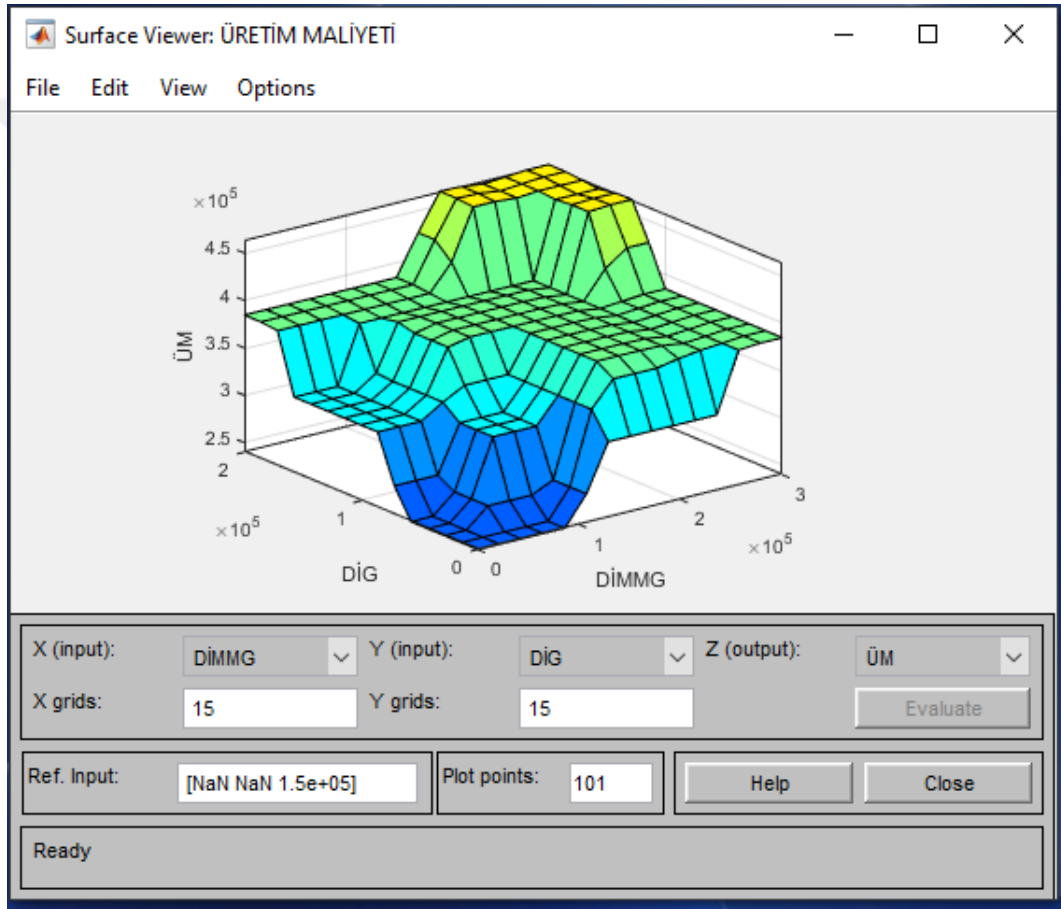
**Şekil 3. 19:** Üretim Maliyetine Ait Çıkarım Sonucu

Şekil 3.19 incelendiğinde, model sonucunda 2019 yılı verileri girilerek elde edilen tahmini maliyet sonucu 320.000 TL olarak bulunmuştur. İşletmenin 2019 yılı boyunca yapmış olduğu fiili toplam üretim maliyeti yaklaşık 318.000 TL'dir. Model sonucu elde edilen tahmini maliyet tutarı ile birbirine oldukça yakın olup aradaki fark 2.000 TL'dir. Yani modelin %1 den daha az bir hata payı ile tahminde bulunduğu görülmüştür. Bu modelin en büyük kolaylığı modelde girdi değişkenleri üzerinde yapılacak oynamalarla çıktı değişkeni üzerinde nasıl bir değişikliğe yol açtığı görülebilmektedir. Sonuç olarak model karar vericilerin hızlı karar almaları için istedikleri bilgiyi en kısa sürede elde edebilmelerine olanak sağlamaktadır.

Bununla birlikte üretim maliyet analizi modelini oluşturan girdi değişkenlerinin çıktı değişkeni üzerindeki etkisini üç boyutlu yüzey şemalarında görmek mümkündür. Şemalar 3 girdi değişkeninin aldığı değer aralıklarında, “üretim maliyet” çıktı değişkeninin hangi değerleri aldığını göstermektedir.

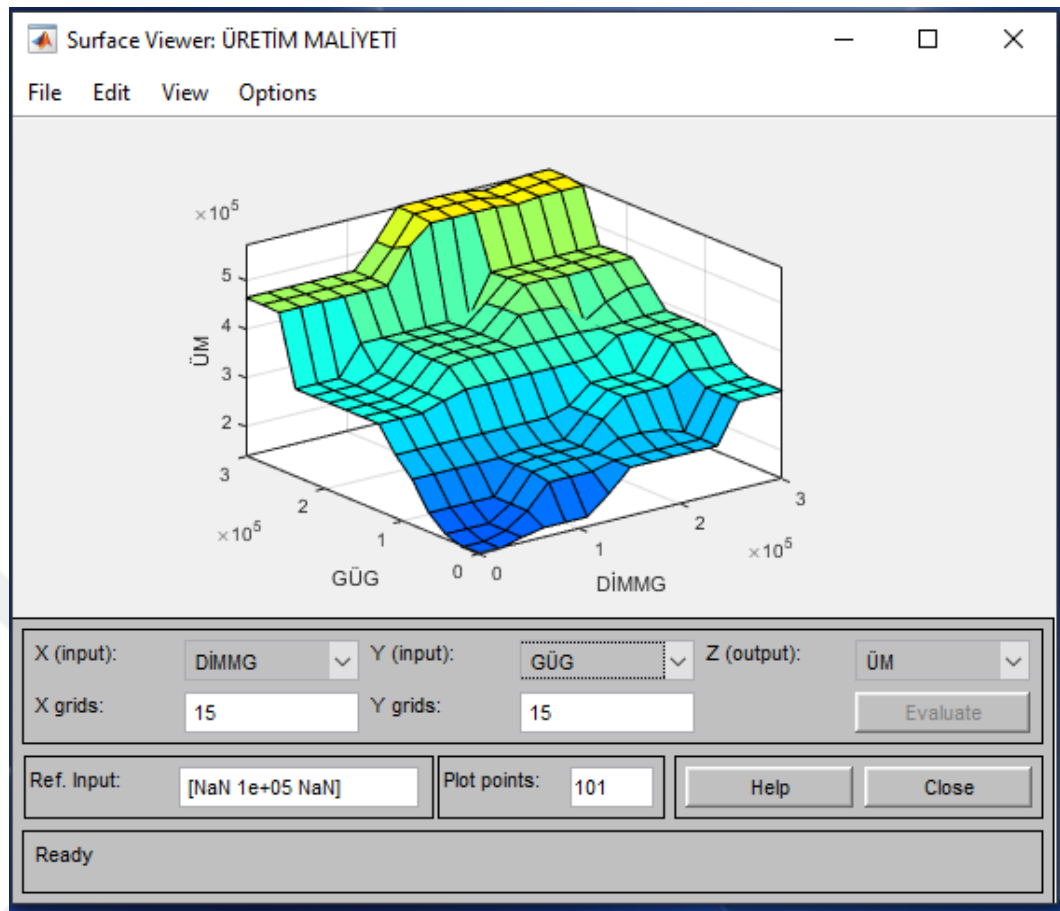
Örneğin,

- ✓ DİMMM ve DİM giriş değişkenlerindeki değişikliklerin üretim maliyetine etkisi,
- ✓ DİMMM ve GÜM giriş değişkenlerindeki değişimin üretim maliyeti üzerindeki etkisi,
- ✓ DİM ile GÜM giriş değişkenlerindeki değişiminin üretim maliyeti üzerindeki etkisini bu şemalarda görmek mümkündür.



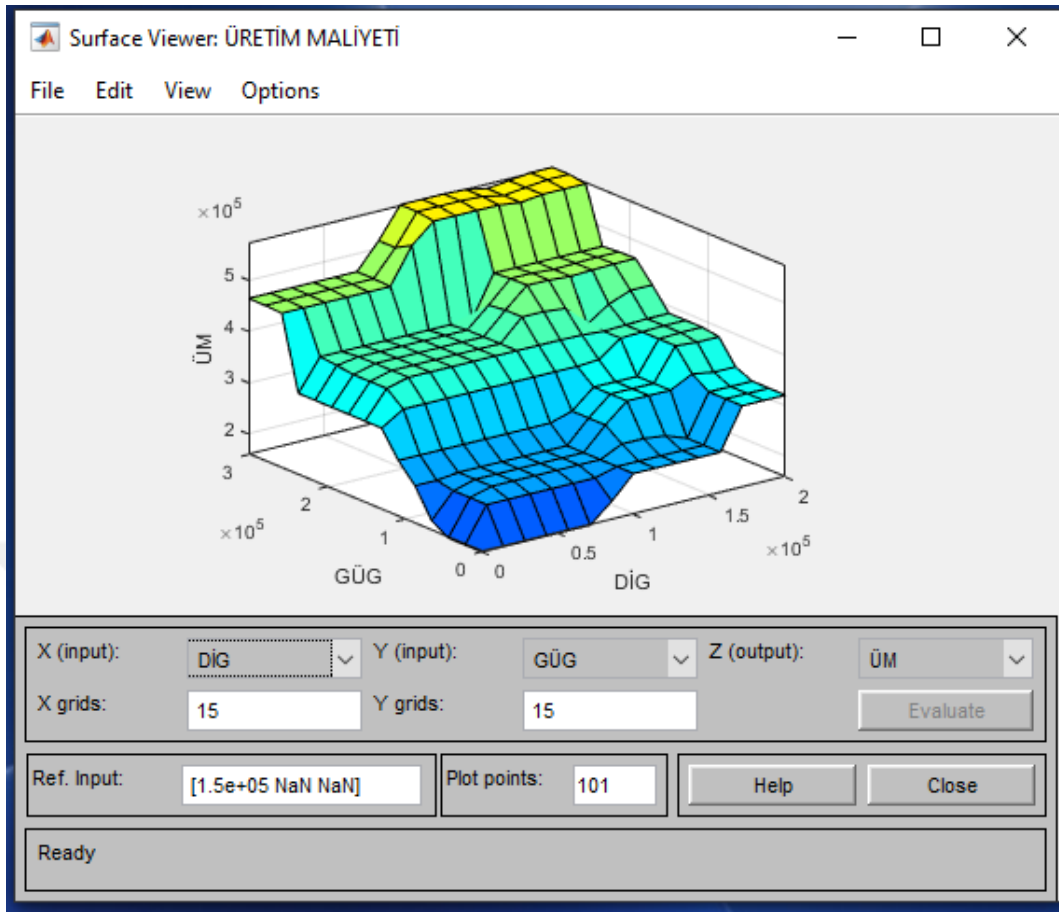
**Şekil 3. 20:** DİMMM ve DİM Değişimin Maliyete Etkisi

Oluşturulan 125 adet kural ile DİMMM ve DİM giriş değişkenleri değişiminin üretim maliyeti üzerindeki etkisini gösteren üyelik fonksiyonu Şekil 3.20’de gösterilmiştir.



**Şekil 3. 21:** DİMMM ve GÜM Değişimin Maliyete Etkisi

Oluşturulan 125 adet kural ile DİMMM ve GÜM giriş değişkenlerinin üretim maliyeti üzerindeki etkisini gösteren üyelik fonksiyonu Şekil 3.21’de gösterilmiştir.



**Şekil 3. 22:** DİM ve GÜM Değişimin Maliyete Etkisi

Oluşturulan 125 adet kural ile DİM ve GÜM giriş değişkenleri değişiminin üretim maliyeti üzerindeki etkisini gösteren üyelik fonksiyonu Şekil 3.22’de gösterilmiştir.

### 3.5.3. Gri Tahmin ve Bulanık Mantık Yöntemlerine Göre Elde Edilen Bulguların Karşılaştırılması

Gri tahmin ve bulanık mantık yöntemi kullanılarak oluşturulan modeller yardımıyla elde edilen sonuçlar tablo 3.8’de gösterilmiştir.

**Tablo 3. 8:** Gri Tahmin ve Bulanık Mantık Bulgularının Karşılaştırılması

| Yıl  | Gri Tahmin | Bulanık Mantık |
|------|------------|----------------|
| 2019 | 317.924    | 317.924        |
| 2020 | 584.692    | 320.000        |

Buna göre, gri tahmin yöntemi kullanılarak oluşturulan model sonucunda işletmenin 2019 yılı verileri kullanılarak 2020 yılı verileri tahmin edilmiştir. Modele göre, işletmenin 2020 yılında maliyet tutarının 266.769 TL artması öngörülmüştür. Modelin

doğruluğunu test etmek için işletmenin 2020 yılı tahmini sonuçları ile 2020 yılı fiili sonuçları karşılaştırılmış olup, veriler arasında yaklaşık % 7'lik sapma olduğu görülmüştür. Böylece modelimizin güvenilirlik oranının ise % 93 olduğu tespit edilmiştir.

Bulanık Mantık yöntemiyle üretim maliyeti modeli için giriş değişkenleri olarak DİMMM, DİM ve GÜM çıkış değişkeni olarak ÜM kullanılmıştır. Bu değişkenlere bulanık mantık model aşamaları uygulanarak elde edilen model sonucunda işletmenin 2019 yılı elde edilen tahmini maliyet sonucu 320.000 TL olarak bulunmuştur. İşletmenin 2019 yılı boyunca yapmış olduğu fiili toplam üretim maliyeti yaklaşık 318.000 TL olarak tespit edilmiştir. Model kullanılarak elde edilen maliyet tutarı ile fiili tutarlar birbirine oldukça yakın olup aradaki fark 2.000 TL'dir. Sonuç olarak model oluşturularak elde edilen tahmini maliyet tutarı ile geleneksel yöntemle hesaplanan maliyet tutarı arasındaki farkın %1'den daha düşük olduğu görülmüştür.

Her iki model karşılaştırıldığında iki modelinde %10'den daha az hata payı ile öngöründe bulunduğu, başka bir deyişle iki modelin güvenilirlik oranının %90'nın üzerinde olduğu görülmüştür.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmelerin ekonomik hayatta faaliyetlerini devam ettirebilmek, toplumsal fayda, süreklilik, karlılıkları artırabilmek vb. birçok amaçları vardır. Bu amaçlara ulaşabilmek için çeşitli fedakârlıklara katlanmak zorundadırlar. Katlanmak zorunda oldukları bu fedakârlıkların mali nitelikteki karşılığı üretilen ürünlerin maliyetini oluşturmaktadır.

İşletmelerin yoğun rekabet ortamında faaliyetlerini sürdürebilmeleri ve karlılıklarını devam ettirebilmeleri için kısa süreli elde edilen bilgilerle etkin bir maliyet kontrolü sağlamaları gerekmektedir. Geleneksel tahmin yöntemleri için büyük miktarda veri ve varsayım gerekmektedir. Bu nedenle az miktarda veri ve büyük belirsizliğe sahip sistemlerde, doğru tahminler yapılabilmesi önemli bir hedef haline gelmektedir.

Tahmin günümüzde bilimsel yönetimde çok önemli bir yere sahiptir. Doğru tahmin, karar vericilerin doğru karar almasına yardımcı olmaktadır. Maliyet tahmini, üretim faaliyeti yürüten işletmeler için ürün yaşam döngüsünün kalitesini artırmak amacıyla üretilen ürünün gelecek dönemler için yapılan tahminidir. İşletmelerin gelecek dönemler için düşük oranlı hatalarla yaptıkları maliyet tahminleri, ürettikleri ürünlerin kontrolünü, verimliliğini ve maliyet yönetimini artırmada önemli faydalar sağlamaktadır. Etkili maliyet tahmini, motivasyon, maliyet bilinci, fiyatlandırma kararları, maliyet düşürme, maliyetlendirme ve raporlama gibi birçok konuda karar vericiler için çok önemlidir. Literatürde maliyet tahmini için kullanılan birçok yöntem vardır. Her işletme kendi bünyesine uygun farklı maliyet tahmin yöntemleri uygulamalıdır.

Günümüz dünyasında dijitalleşmenin hızlı bir şekilde gelişmesiyle işletmelerin sınırlı bilgi ile kısa bir sürede hızlı karar verme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bundan dolayı seçilen tahmin yönteminin en önemli özelliği sınırlı sayıda sahip olunan bilgiler ile mümkün olduğu kadar doğruya yakın tahmin yapabilmesi olmalıdır. Bu çalışma ile sınırlı sayıda veri seti ve belirsizlik içinde işlem yapabilen gri tahmin yöntemi ve bulanık mantık yöntemi ile maliyet tahmini yapılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada altı aşamadan oluşan ve literatürde oldukça yaygın kullanılan GM(1,1) yöntemi kullanılmıştır. Yöntemde işletmenin 3'er aylık maliyet verileri girdi olarak kullanılarak bir tahmin modeli oluşturulmuştur. Bu model kullanılarak işletmenin 2020 yılı için üretim maliyeti hesaplanmıştır. Modelin doğruluğunu test etmek için Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) metodu kullanılmıştır. Metoda göre model,

güvenilirlik düzeyi %10'luk hata payının altını temsil eden 'oldukça güvenilirlik' düzeyine sahip model kategorisine girmiştir.

X süt üretimi işletmesinin 2019 yılı verileri gri sistem teorisi unsurlarından olan gri tahmin yöntemi kullanılarak oluşturulan model sonucunda işletmenin 2020 yılı için maliyetlerinin 584.693 TL olacağı tahmin edilmiştir. Yani işletmenin 2020 yılında maliyetlerinin 266.769 TL artması beklenmektedir. Modelin doğruluğunu test etmek için 2020 yılının ilk çeyreği için elde edilen tahmini tutarlarıyla, fiili tutarlar karşılaştırılmış ve veriler arasında yaklaşık % 7'lik sapma olduğu görülmüştür. Böylece araştırmada kullanılan modelin hata payının % 7 olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca araştırmanın diğer yöntemi olan bulanık mantık yönteminde yine işletmenin 2019 yılı verileri kullanılmıştır. Bulanık Mantık yöntemi yardımıyla oluşturulan model için giriş değişkenleri olarak DİMMM, DİM ve GÜM çıkış değişkeni olarak ÜM kullanılmıştır. Hem giriş değişkenleri için hem de çıkış değişkeni için "çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek" olmak üzere 5 dilsel terim tanımlanmıştır. Dilsel terimlerin oluşturulmasından sonra işletme yöneticilerinin tecrübeleri de dikkate alınarak kural tabanı oluşturulmuştur. Kural tabanı oluşturulmasından sonra bulanıklaştırma işlemi yapılmış ve elde edilen sonuçların sayısal olarak ortaya çıkarılması için durulaştırma işlemi yapılmıştır. Bütün bu işlemlerden sonra elde edilen model sonucu işletmenin 2019 yılı tahmini maliyet sonucu 320.000 TL olarak bulunmuştur. İşletmenin 2019 yılı boyunca yapmış olduğu fiili toplam üretim maliyeti yaklaşık 318.000 TL gerçekleşmiştir. Model kullanılarak elde edilen tutar ile fiili tutar arasındaki farkın 2.000 TL olduğu ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak oluşturulan model yardımıyla elde edilen tahmini maliyet tutarının %1'lik hata payıyla hesaplandığı ortaya çıkarılmıştır. Model yardımıyla işletme yöneticileri girdi değişkenlerinde yapacakları değişikliklerle maliyetin ne kadar etkilendiğini kolayca görebilmektedirler. Başka bir deyişle girdi değişkenleri üzerinde yapılacak bir değişikliğin üretim maliyeti üzerindeki etkisini kolaylıkla görmek mümkündür. Oluşturulan model yardımıyla karar vericilerin hızlı bir şekilde değişiklikleri izleyebilme ve karar verebilme şansına sahip olmaları mümkündür.

Sonuç olarak (X) Süt Üretim İşletmesinin 2019 yılı verileri kullanılarak oluşturulan gri modelin ve bulanık modelin güvenilirliklerinin %90'nın üzerinde olduğu görülmüştür. Bu oranın anlamlı olup olmadığının anlaşılabilmesi için literatürde yapılmış diğer çalışmalara bakılması gerekmektedir. Gri tahmin yönteminin kullanıldığı çalışmalar

incelendiğinde Bayrakçı ve Aksoy (2019) çalışmalarında kurulan modelin güvenilirlik oranını %95'in üzerinde hesaplamışlardır. Yılmaz ve Yılmaz (2012) çalışmalarında gri tahmin modelinin güvenilirlik oranının %90'nın üzerinde olduğu sonucuna varmışlardır. Bulanık Mantık yönteminin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde, Arslan (2012) çalışmasında kâr tutarı tahmini yapmaya çalışmıştır. Sonuç olarak, geleneksel MHK analizi ile bulunan kâr tutarını %3,5 hata payıyla, KT ile bulunan kâr tutarını %2 hata payıyla hesaplamıştır. Aslan (2017) çalışmasında yaptığı maliyet tahmininde Bulanık Mantık yöntemini kullanarak %9 hata payıyla hesaplama yapmıştır. Doğan (2018) çalışmasında yaptığı kar tahmininde bulanık mantık yöntemini kullanarak yaklaşık %1 hata payıyla hesaplama yapmıştır. Bundan dolayı çalışmamızda uygulanan bu iki yöntemin işletmelerin maliyet tahmininde oldukça başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Gri tahmin ve bulanık mantık yöntemi kullanılarak elde edilen maliyet tahminlerinin gerçekleşen maliyete yakın olması, yöntemin işletmelerin gelecekte sağlıklı bir maliyet tahmini yapabileceği yöntemler olarak kullanılmasına imkân vermektedir. Gri tahmin ve bulanık mantığın kullanım kolaylığı, karar vericiler için yalnızca zaman ve para tasarrufu sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda kendi tahminlerini kullanabilecekleri karmaşık formüller olmadan maliyetleri kolayca hesaplamalarına olanak tanımaktadır.

Sonuç olarak; bu tez çalışmasıyla, işletmelerin yoğun rekabet ortamında gelecek için maliyet tahmininde gri tahmin ve bulanık mantık yöntemlerinin kullanılması önerilebilir. Çünkü gri tahmini az sayıda veri kullanması, bulanık mantığın ise insan düşünce ve davranış biçimine uygun özellikler taşıması bu iki yöntemi daha çok ön plana çıkarmaktadır. Ayrıca, diğer mühendislik uygulamalarında geniş bir uygulama alanı bulan gri tahmin ve bulanık mantık yöntemlerinin maliyet tahmini çalışmalarında da kısa bir zaman içerisinde yaygın olarak kullanılacağı ve yapılan bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara kaynak oluşturacağı düşünülmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda iki yöntemle ilgili farklı metotlar uygulanarak oluşturulacak modeller sonucu iki yöntemi geliştirmeye yönelik araştırmalar yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- Abdioğlu, H. (2013). *Maliyet muhasebesi*. (2.Baskı). Dora Yayınevi
- Acun, Ö. (2018). *Gri Temelli Maliyet Tahmininin Mobilya Üretim Sektöründe Uygulanması*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Akdoğan, N. (2015). *Maliyet muhasebesi uygulamaları* (9.Baskı). Gazi Kitabevi
- Akıllı, A., ve Atıl, H. (2014). Artificial intelligence technologies in dairy science: Fuzzy logic and artificial neural network. *Hayvansal Üretim (Journal of Animal Production)*, 55(1): 39-45.
- Altaş, İ. H. (1999). Bulanık mantık: Bulanıklık kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e* (62): 80-85.
- Aram, S., Eastman, C., ve Beetz, J. (2014). Qualitative and quantitative cost estimation: A methodology analysis. *In Computing in Civil and Building Engineering*, 381-389.
- Arslan, M. C. (2012). *Kısıtlar Teorisi İle Maliyet-Hacim Kâr Analizlerinde Bulanık Mantık Uygulamaları*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Aslan, T. (2017). *Modern Maliyet Muhasebesinde Bulanık Mantık Yaklaşımı: Bir Hastane Uygulaması*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Aslan, T. ve Yılmaz, E. (2018). Bulanık mantık yöntemi ile belirsizlik şartlarında faaliyet-hacim- kar analizi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*.10(2): 534-553
- Atlas, M. ve Bedirhanoğlu, Ş. B. (17-20 Kasım 2018). *Bulanık Küme Yaklaşımlarının Sınıflandırılması*. [Sözlü Sunum]. 19. Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması Ve İstatistik Sempozyumu Tam Metin Bildiri Kitabı. (ss. 600-614), 19.Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu Antalya, Türkiye.
- Avcı, S.(2018). *Temizlik Kâğıdı Sektöründe Gri Sistem Teorisi Temelli Stok Kontrol Uygulaması* [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Aydemir, E., Bedir, F, ve Özdemir, G.(2013), Gri sistem teorisi ve uygulamaları: Bilimsel yazın taraması, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3):187-200.
- Ayrıçay, Y., Özçalıcı, M. ve Kaya, A., (2013), Gri ilişkisel analizin finansal kıyaslama aracı olarak kullanılması: İMKB-30 endeksindeki finansal olmayan firmalar üzerine bir uygulama, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1):219-238.
- Bahadır, E. (2017). Bulanık mantık yaklaşımının eğitim çalışmalarında kullanılmasının alan yazın ışığında değerlendirilmesi. *Uluslararası Sosyal ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 4(7):28-42.
- Baral, G. (2011). *Bulanık Mantık Kuramını Kullanarak Belirsizlik Şartlarında Maliyet-Hacimkar Analizleri*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Baral, G. ve Aslan, T. (2018). Bulanık maliyet tahminlemesi. *Muhasebe ve Denetime Bakış Dergisi*, (53): 199-214.
- Baykal, N. ve Beyan, T. (2004). *Bulanık mantık ilke ve temelleri*. (9.Baskı). Bıçaklar Kitabevi.
- Bayrakçı, E., ve Aksoy, E. (2019). Gri tahmin yöntemi: Bireysel emeklilik sistemi üzerine bir uygulama. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(1):20-33.
- Bekçi, İ. ve Toraman, A. (2011). Kalite maliyetleri ve bir hastanede hesaplanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(2):39-57.
- Büyükmirza, H.K.(2016). *Maliyet ve yönetim muhasebesi*.(21.Baskı). Gazi Kitabevi
- Bolayır, B. (2016). *Bulanık Doğrusal Programlamanın Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarının Geri Dönüşümünde Faaliyet Gösteren Bir İşletmede Uygulaması*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bozüyük, T., Yağcı, C., Gökçe, İ., ve Akar, G. (2005). Yapay zeka teknolojilerinin endüstrideki uygulamaları. *Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Elektrik Programı*

- Chen, C.K. ve Chiang,J.K. (2008). Application of grey prediction to inverse nonlinear heat conduction problem. *International Journal of Heat and Mass Transfer* (51):576–585
- Çabuk, Y. (2005). Kalite maliyetleri ve kalite maliyetlerini ölçmede kullanılan yöntemler. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7(7):1-8.
- Çakır, E. (2015). *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Altı Sigma Projeleri Seçiminde Uygulanması*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çelik, M. (2016). Bulanık sürece dayalı faaliyet tabanlı maliyetleme sistemi. *Muhasebe Ve Finansman Dergisi*, (70): 91-110
- Çiftçi, H.N. (2012). *Mamul Yaşam Dönemi Maliyetleme Yöntemi: Bir İşletme Uygulaması*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi] . İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Deran, A. ve Ergülen, A. (2009). Taşıma maliyetlerinin bulanık mantık (fuzzy logic) yaklaşımı ile yönetilmesi ve finansal performans üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Muhasebe Ve Finansman Dergisi*.(43): 227-236
- Doğan, Ö. (2018). *Bulanık Mantık Ve Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Temelinde Maliyet Hacim Kâr Analizleri: Bir Konaklama İşletmesi Örneği*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Duman, H., Arsu, T., ve Apak, İ. (2014). Tam zamanında üretim sistemi (TZÜ) / maliyetleme: Türkiye örneği (Literatür Taraması). *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 1(3):14-24
- Dikmen, C, F. (2015). Grey theory approach in selection of the best supplier. *International Journal of Business and Finance Management Research*. 3(5):44-52.
- Erden, C. ve Ceviz, E. (2015). Gri sistem teorisi kullanılarak türkiye'nin büyüme oranı faktörlerinin analizi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*.19(3):361-369
- Eren, T. (2017). *Doğal Gaz Tüketim Planlamasında Gri Tahmin Yöntemi Ve Türkiye Uygulaması*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ertaş, F.C. (2015). Maliyet muhasebesi.(1.Baskı). Taşhan Kitap

- Ertuğrul, İ. (2005). Bulanık hedef programlama ve bir tekstil firmasında uygulama örneği. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2):45-79.
- Ertuğrul, İ. (2006). Akademik performans değerlendirmede bulanık mantık yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1):155-176.
- Garrido, A. (2012). A brief history of fuzzy logic. *broad research in artificial intelligence and neuroscience (Brain) journal*. 3(1):71-77.
- Gençoğlu, Ü. G. (2008). Türkiye muhasebe standartları ile uyumlu maliyet muhasebesi.(1.Baskı). MKM Yayıncılık.
- Gülcan, B. (2012). *Bulanık Doğrusal Programlama Ve Bir Bisküvi İşletmesinde Optimum Ürün Formülü Oluşturma*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Güneş, M. ve İncekırık, A. (2016). Ege bölgesinde faaliyet gösteren KOSGEB kapsamındaki farklı ölçeklerdeki şirketlerin (KOBİ) bulanık kümeleme analizi ile gruplandırılması. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 22(4):314-323.
- Halis, N. (2018). *Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Portföy Optimizasyonu*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Hsu, C.I. ve Wen, Y.H. (1998). Improved grey prediction models for the trans pasific air passange market. *Transportation Planning And Techonology*.22(2): 87-107
- Hsu, L.C., (2003).Applying the grey prediction model to the global integrated circuit industry. *Techonological Forecasting and Social Change*, (70): 563-574
- İşcan, F. (2009). *Arazi Düzenleme Çalışmalarında Bulanık Mantık Uygulaması*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Konya Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ji, P., Zhang, J., Zou, H., ve Zheng, W. (2011). A modified unbiased GM (1, 1) model. *grey systems: Theory and application*. 1(3):192 – 201.
- Karal, Ö. (2004). *Java Ortamında Bulanık Mantık Kontrol: Kamyon Yükleme Boşaltma Uygulaması*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Denizli Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Karataş, İ.(2018). Bulanık mantık ile klasik ve sembolik mantık ilişkisi (karşılaştırılması). *European Journal of Educational and Social Sciences*, 3(2):144-163.

- Karataş, Ö.N., Bekçi, İ. ve Ömürbek, V. (2014). Bulanık faaliyet tabanlı maliyetleme ve bir uygulama. *Muhasebe Öğretim Üyeleri Bilim Ve Dayanışma Vakfı*. (1): 61-93
- Kayacan, E., Ulutas, B., Ve Kaynak, O. (2010). Grey system theory-based models in time series prediction. *Expert Systems With Applications*, 37(2):1784-1789.
- Keçe, F.Ö., Ömürbek, V. ve Acar, D. (2016). Gri temelli maliyet tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(2):453-461.
- Keskenler, M. F., ve Keskenler, E. F. (2017). Bulanık mantığın tarihi gelişimi. *Takvim-i Vekayi*, 5(1):1-10.
- Köse, E., Ağlak, H.S. ve Kabak, M. (2015). Yetersiz veri ortamında tahminler için örnek bir uygulama: Gri tahmin yönetimi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 31(1):(83-88).
- Khurana, N. (2020). Importance of responsibility accounting in an organizational framework. *International Journal of Business and Management Invention* 9(7): 24-32
- Kung, C.Y. ve Chang, C.P. (2004). Application of grey prediction model on china automobile industry. *Journal of Grey System*, 16 (2): 147-154.
- Lian, R. J., Lin, B. F. ve Huang, J. H. (2005). A grey prediction fuzzy controller for constant cutting force in turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45(9):1047-1056.
- Meydan, Y. A. (2007). *Talep Tahmin Yöntemleri Ve Orta Ölçekli Bir İşletmede Uygulanması*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Üniversitesi.
- Meydan, C, Yıldırım, B,F ve Senger, Ö. (2016). BIST’te işlem gören gıda işletmelerinin finansal performanslarının gri ilişkisel analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmesi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*. (69): 147-165.
- Mislick, G. K., ve Nussbaum, D. A. (2015). Cost estimation: Methods and tools. *John Wiley & Sons*.
- Mohammadalirezaei, K. (2019). *Gri Sistem Teorisi İle Tahminleme ve Bir Uygulama*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Murat, Y.Ş. (2001). *Sinyalize Kavşaklarda Bulanık Mantık Tekniği İle Trafik Uyumlu Sinyal Devre Modeli*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Niazi, A., Dai, J. S., Balabani, S., ve Seneviratne, L. (2006). Product cost estimation: Technique classification and methodology review. *Journal Of Manufacturing Science And Engineering* 127(1):1-244  
<https://doi.org/10.1115/1.2137750>
- Nikos C. T. ve Yannis A. P. (1998). Manufacturing flexibility measurement: A fuzzy logic framework. *Ieee Transactions On Robotics And Automation*, 14(4): 513-524.
- Otlu, F. ve Karaca, S. (2005). Maliyet yönetimi ve yaşam seyri maliyet analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2):245-270.
- Öğünç, H., ve Doğru, E. (2017). Kaizen felsefesi ile toplam kalite yönetiminin verimlilik ve maliyet üzerine etkisi. *Alanya Akademik Bakış Dergisi*, 1(1):1-13.
- Ömürbek, V., Aksoy, E., ve Akçakanat, Ö. (2018). Bankaların grup bazlı karlılıklarının gri tahmin yöntemi ile değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(23):75-89.
- Özdamar, İ.H. (2006). *Bulanık İstatistiksel Kalite Kontrolü Ve Bir Orman Endüstrisi İşletmesinde Uygulama*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özek, A. ve Sinecen, M. (2004). Klima sistem kontrolünün bulanık mantık ile modellenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(3):353-358.
- Özkan, C.G. (1999). *Fuzzy Lineer Programlamanın Bir Üretim Problemine Uygulanması*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özkan, M. (2013). Yönetim muhasebesi açısından sorumluluk muhasebesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi*, 17(1):155-182.
- Özkan, M. ve Bircan, H. (2016). Bulanık hedef programlama ile ürün hedef optimizasyonu: Yang, Ignizio ve Kim modeli. *Istanbul University Journal of the School of Business Administration*, 45(2):109-119.
- Saban, M. ve Erdoğan, N. (2014). Maliyet ve yönetim muhasebesi. (6.Baskı). Beta Basım Yayın

- Savcı, M. (2009). Maliyet muhasebesi. (10. Baskı). Murathan Yayınevi.
- Sıramkaya, E. (2005). *Veri Madenciliğinde Bulanık Mantık Uygulaması*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Konya Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tanış, İ.F. (2018). *Kaynak Tüketim Muhasebesi Ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulama*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Adana Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Üniversitesi.
- Terzi, A. (2017). Hedef maliyetleme, değer mühendisliği ve kaizen maliyetleme üçlüsünün çay işletmelerinde birlikte uygulanabilirliği. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2):221-248.
- Topel, A. (2006). *Analitik Hiyerarşi Prosesinin Bulanık Mantık Ortamındaki Uygulamaları-Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türk, M. (2018). *Bulanık Zamana Dayalı Faaliyet Tabanlı Maliyet Sistemi ve Bir Kamu Hastanesi Uygulaması*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Tsai, C. H., Chang, C. L., ve Chen, L. (2003). Applying grey relational analysis to the vendor evaluation model. *International Journal of The Computer, The Internet and Management*, 11(3):45-53.
- Tsai, M.T., Hsiao, S.W. ve Liang, W.K., (2005). Using grey theory to develop a model for forecasting the demand for telecommunications. *Journal of Information and Optimization Sciences*, 26 (3): 535-547.
- Tien, T.L., (2009). A New Grey prediction model FGM(1,1). *Mathematical and Computer Modelling*. 49: 1416-1426
- Tuş, A. (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama Ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Denizli Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ünsal, S. ve Alışkan, İ. (1-3 Aralık 2016). *Mamdani ve Takagi-Sugeno Çıkarım Yöntemlerine Sahip Bulanık Mantık Denetleyicilerin Özgün Yazılım ve Araç Kutusu Performans Analizi*. [Sözlü Sunum]. Elektrik - Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı. (ss.237-241). Elektrik Mühendisleri Odası, Uludağ

- Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü ve İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi. Bursa, Türkiye.
- Vural, M. (2002). Düşünce tarihinde mantık: aristoteles mantığından bulanık mantığa. *kutadgubilig: Felsefe Bilim Araştırmaları*. 0(2), 179 - 192.
- Yağanoğlu, A.M. (2017). *Gri İlişkisel Analiz ve Bulanık Sistem Teorisinin Hayvancılıkta Kullanımı*. [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Erzurum Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yen, J. (1999). Fuzzy logic-a modern perspective. *IEEE Transactions On Knowledge And Data Engineering*, 11(1):153-165.
- Yener, F. (18-20 Haziran 2014). *Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Nakliye Maliyetlerinin Hesaplanması*. [Sözlü Sunum]. International Symposium On Innovative Technologies In Engineering And Science. (ss.1457-1463). Karabük Üniversitesi: Akademik Platform. Karabük, Türkiye.
- Yıldıran, A., ve Kandemir, S. Y. (2018). Yağış miktarının yapay sinir ağları ile tahmini. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 97-104.
- Yılmaz, H. (2013). *Türkiye'deki Seragazi Emisyon Envanterinin Geliştirilen Gri Tahmin Yöntemi İle İncelenmesi Ve Bir Uygulama*. [Yayınlanmamış Yüksek Lisan Tezi]. Erzurum Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, H. ve Yılmaz, M. (2013). Gri tahmin yöntemi kullanılarak Türkiye'nin CO2 emisyon tahmini, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 31: 141-148
- Yükçü, S. (2015). Yönetim açısından maliyet muhasebesi. (8.Baskı). Altın Nokta Yayınevi
- Zhang, H. C., ve Huang, S. H. (1994). A fuzzy approach to process plan selection. *The international journal of production research*, 32(6):1265-1279.
- Zeng, B., Chen. G. ve Liu, S. (2013). A novel interval grey prediction model considering uncertain information. *Journal Of The Franklin Insitute, Issue.(350)*: 3400-3416.
- Xu, H., Liu, B. ve Fong, Z. (2014). New grey prediction model and its application in forecasting land subsidence in coal mine. *Nat Hazards*, 71: 1181-1194
- Wang, Y.F., (2002). Predicting stock price using fuzzy grey prediction system. *Expert System With Application*, 22: 33-39