

T.C
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TESTERE İLE KESME İŞLEMİNDE YAPAY ZEKA TABANLI
ADAPTİF KONTROL UYGULAMASI

İlhan ASİLTÜRK
DOKTORA TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
Konya, 2007

ÖZET

Doktora Tezi

TESTERE İLE KESME İŞLEMİNDE YAPAY ZEKA TABANLI ADAPTİF KONTROL UYGULAMASI

İLHAN ASİLTÜRK

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR

2007, 184 Sayfa

Jüri : Prof. Dr. Cemal ÇAKIR

Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR

Prof. Dr. M. Fatih BOTSALI

Yrd. Doç. Dr. Mete KALYONCU

Yrd. Doç. Dr. Ramazan AKKAYA

ÖZET

Bu çalışmada, yatay şerit testere tezgâhın zeki adaptif kontrolünün tasarım ve imalatı gerçekleştirilmiştir.

Testereyle kesme işleminde kesme kuvvetleri, ivme, akustik emisyon ve akım izlenmiştir. YSA kullanarak kesme parametrelerine bağlı kesme kuvvetleri tahmin modeli kurulmuştur. Kurulan modelin referans çıkışları ile gerçek zamanlı ölçülen kesme kuvvetleri karşılaştırılarak aradaki farklar ve farkların integrali bir bulanık kontrolöre girilmiştir. Bulanık kontrolör bu girişlere karşılık kesme hızı ve ilerleme

parametrelerini üretmektedir. Böylece sistem hatayı minimum eden hız ve ilerlemeyle çalışmaktadır.

Talaş kaldırma işlemlerinde sabit referans model yerine, sürekli kendini güncelleyen bir YSA adaptif kuvvet kontrolü amaçlı kullanılmıştır. Bu sayede kesme parametreleri ve gerçek kesme kuvvetlerine dayalı malzeme tanıma sistemi geliştirilmiştir.

Gerçekleştirilen sistem ile malzemenin kesilmeye başlanmasıyla referans model üretilmekte, malzeme sertliği veya geometri değişikliği (kesme derinliği ve genişliği) ile model sürekli yenilenmektedir. İlerleme ve kesme hızı adaptif olarak bu modele göre ayarlanmaktadır. Bu sayede minimum kesme zamanında ekonomik üretim gerçekleştirilmiştir.

Sistemin tasarım, yazılım ve modellenmesinde Matlab araçları kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Zeki Üretim, Adaptif Kontrol, Şerit Testere, Metal Kesme, Yapay Zeka,

ABSTRACT

PhD Thesis

ADAPTIVE CONTROL APPLICATION BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE BANDSAWING PROCESS

İLHAN ASİLTÜRK

**Selçuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Machine Engineer**

**Supervisor : Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR
2007, 184 Pages**

**Jury : Prof. Dr. Cemal ÇAKIR
Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR
Prof. Dr. M. Fatih BOTSALI
Asist Prof. Dr. Mete KALYONCU
Asist Prof. Dr. Ramazan AKKAYA**

ABSTRACT

In this study, the design and manufacture of intelligent adaptive control of horizontal band saw machine were made.

Cutting force, acoustic emission, current and acceleration were monitoring during band sawing process. Predicted model of the cutting force was set up using Neural Network. The reference outputs of this model and measured real time cutting

force were compared and differences between them and their integrals were input to Fuzzy logic controller. Cutting speed and feed rate parameters were produced by Fuzzy logic controllers

In the material removing processes, Neural Network adaptive control was used instead of constant force model. By this way, Material identification system was improved, depending on the cutting parameters and real cutting forces.

According to this, reference model was produced during cutting processes and this model continuously renewed with respect to cutting depth, cutting width the part length of cut and material hardness. Feed rate and cutting speed values were adjusted according to this adaptive model. Experimental results showed that minimum cutting time and maximum production rate was obtained.

Matlab Toolboxes were used for design, software and modeling of the system

Key Words: Intelligent Manufacturing, Adaptive Control, Bandsaw, Metal Cutting, Artificial Intelligence,

TEŐEKKÜR

Bu tez çalıőmasına baőlarken yapay zeka ve adaptif kontrol konusunun bu kadar detaylı bir konu olduğunu tahmin bile edemezdim. Tez çalıőmam sırasında zaman zaman gerçekten zorlandığım, sıkıldığım anlar da oldu; fakat bu periyotların sonunda, bugünlere gelmek bütün sıkıntılarıımı unutturdu doğrusu. Umarım alıőma yapay zekanın adaptif kontrolde uygulaması konularında çalışacak olan araştırmacılara yol gösterici kaynak olur.

Bu tez çalıőmasının hazırlanmasında emeği geçenlerden, öncelikle içindeki bilim aőkı hiç sönmeyen değerli tez danıőmanım Prof. Dr. Ali ÜNÜVAR hocama, tez projesini destekleyen S.Ü. BAP Koordinatörlüğüne, İMAŞ yetkililerine, teorik ve pratik bilgi desteklerini esirgemeyen değerli mesai arkadaşlarıma, yine bu uzun ve yorucu tez çalıőmamda bana her zaman inanan, destek olan ve daha bitmedi mi diyen, benden çok őeyler bekleyen aileme teőekkür ederim.

Bu tez çalışmasını, doktora sürecinde zamanlarını çaldığım, yaőadıėım her mekanı cennete eviren hayat arkadaşıma ve nasıl büyüdüklerini anlayamadığım iki afacanıma armağan ediyorum.

İlhan ASİLTÜRK

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	III
ÖNSÖZ	V
İÇİNDEKİLER	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR	X
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Talaş kaldırma İşlemlerinde İzleme ve Kontrol.....	6
2.2. Talaş kaldırma İşlemlerinde İzleme ve Kontrol.....	12
3. TESTERE İLE KESMEDE TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ	14
3.1. Kesmenin Tanım Ve Amacı.....	14
3.2. Testere Tezgahları.....	14
3.3. Yatay Şerit Testere Tezgahının Kısımları.....	15
3.4. Malzemelerine Göre Testere Şeritleri.....	16
3.4.1. Bi Metal Testere Şeritleri.....	16
3.4.2. Karbür Uçlu Testere Şeritleri.....	17
3.4.3. Karbon Çeliği Testere Şeritleri.....	17
3.5. Şeritlerdeki Diş Yerleşim Düzenleri.....	18
3.5.1. Çaprazlama.....	18
3.5.2. Diş Aralığı.....	18
3.5.3. Testere Şerit Geometrisi ve Karakteristikleri.....	19
3.6. Şerit Testere İle Kesmede Talaş Kaldırma Mekanîği.....	21
3.7. Aşınma Mekanizması.....	30
3.7.1. Testere Dişlerinin Aşınması.....	31
4.YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ	32
4.1. Yapay Zeka'nın Temel Özellikleri.....	34

4.2. Yapay Zeka Yöntemleri.....	38
4.2.1. Yapay Sinir Ağları.....	38
4.2.1.1. YSA Temel Yapısı.....	38
4.2.1.2. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Algoritmaları.....	42
4.2.1.3. YSA'nın Sınıflandırılması	43
4.2.1.4. Yapay Sinir Ağları Temel Özellikleri.....	45
4.2.1.5. Bir YSA'nın Tasarımı.....	47
4.2.1.6. YSA Ağ Yapısının Seçimi.....	48
4.2.1.7. Öğrenme Algoritmasının Seçimi.....	49
4.2.1.8. Ara Katman Sayısını Belirleme.....	50
4.2.1.9. Nöron Sayısının Belirlenmesi.....	50
4.2.1.10. Normalizasyon.....	50
4.2.1.11. Performans Fonksiyonunun Seçimi.....	51
4.2.1.12. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları.....	51
4.2.2. Bulanık Mantık	54
4.2.2.1. Bulanık Küme Teorisi.....	56
4.2.2.2. Bulanık Model Yapısı.....	57
4.2.2.3. Bulanık Modelleme Çeşitleri.....	63
4.2.2.4. Bulanık Modellemenin Avantajları ve Dezavantajları.....	66
5. TEMEL KONTROL İLKELERİ.....	69
5.1. Kontrole Giriş.....	69
5.2. Kontrol Organları(Etkileri)	72
5.2.1. Aç-Kapa (On – Off) Kontrol.....	72
5.2.2. Oransal Kontrol.....	74
5.2.3. Diferansiyel (Türev) Kontrol.....	75
5.2.4. İntegral Kontrol.....	76
5.2.5. Oransal + İntegral + Türevsel Kontrol (PID).....	77
5.3. Adaptif Kontrol	79
5.3.1. Tanımlama fonksiyonu.....	80
5.3.2. Karar Fonksiyonu.....	81
5.3.3. Değişim(Düzenleme) Fonksiyonu.....	82

5.4. Proseste Niçin Değişim Meydana Gelir?	84
6. TAKIM TEZGÂHLARININ İZLENMESİ VE ZEKİ ADAPTİF KONTROLÜ	85
6.1. Takım Tezgâhlarında İzleme Yöntemleri.....	85
6.1.1. Kesme Kuvvetlerinin İzlenmesi.....	87
6.1.2. Titreşimlerin İzlenmesi.....	89
6.1.3. Akustik Emisyonların İzlenmesi	91
6.1.4. Elektrik Direncinin İzlenmesi.....	92
6.1.5. Motor Akımının İzlenmesi.....	92
6.1.6. Ultrasonik İzlenme.....	93
6.1.7. Yüzey Pürüzlülüğünün İzlenmesi.....	93
6.1.8. Yakınlık (Proximity / Touch) İzlenmesi	94
6.1.9. Sıcaklığın İzlenmesi.....	94
6.1.10. Optik Sensörlerle İzleme.....	95
6.1.11. Sesin İzlenmesi.....	96
6.2. Talaş Kaldırmada Adaptif Kontrol Yöntemleri.....	96
6.2.1. Optimizasyonlu Adaptif Kontrol (OAK).....	96
6.2.2. Geometrik Adaptif Kontrol (GAK)	97
6.2.3. Kısıtlı Adaptif Kontrol (KAK)	98
6.2.3.1. Geri Beslemeli Kontrolör Tabanlı KAK Sistemi.....	100
6.2.3.2. Kendi Kendini Ayarlayan Kontrol Tabanlı KAK.....	101
6.2.3.3. Model Referans Adaptif Kontrol Tabanlı KAK(MRAK)	102
6.2.3.4. Değişken Yapılı Sistem Tabanlı KAK.....	104
6.2.3.5. Yapay Zeka Tabanlı KAK.....	104
6.3. Adaptif Kontrollü Talaş Kaldırma İşlemi.....	113
6.3.1. Talaş Kaldırma İşlemlerinin Kontrolündeki Zorluklar.....	114
6.3.1.1. Giriş Değişkenleri	112
6.3.1.2. Çıkış Değişkenleri.....	113
6.3.2. Adaptif Kontrolün Talaş Kaldırma İşleminde Gerekliliğinin Nedenleri...	116
6.3.3. Talaş Kaldırma İşlemlerinde Adaptif Kontrol Uygulaması.....	117

6.3.4. Talaş Kaldırmada Adaptif Kontrolün Faydaları.....	120
7. ŞERİT TESTERE TEZGAHININ YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİYLE ADAPTİF KONTROLÜ VE MALZEME TANIMA SİSTEMLİ HALE GETİRİLMESİ.....	123
7.1. Deney Malzemelerinin Özellikleri.....	124
7.2. Şerit Testere Özellikleri.....	125
7.3. Deney Parametreleri.....	125
7.4. Deney Testere Tezgahı Özellikleri.....	125
7.5. Deney Seti.....	127
7.6. Deney Seti Elemanları.....	129
7.6.1. Dinamometre.....	130
7.6.2. Şarj Amplifikatörü Özellikleri.....	130
7.6.3. Titreşim Sensörü.....	131
7.6.4. Akustik Emisyon Sensörü.....	132
7.6.5. Akım Sensörü.....	133
7.6.6. Oransal Valf.....	134
7.6.7. İnvörtör.....	135
7.6.8. Veri Toplama Kartı (Data Acquisition)	136
7.7. Deneylerin Yapılışı.....	137
7.8. Veri Toplama Deney Sonuçları.....	138
7.9. Zeki Adaptif Kontrol Sistemi (ZAKS).....	139
7.9.1. Yapay Zeka Modülü 1(YZM_1)	140
7.9.2. Yapay Zeka Modülü 2(YZM_2)	144
7.9.3. Yapay Zeka Modülü 3(YZM_3)	148
8. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	151
8.1. Şerit Testere Tezgahında Adaptif Zeki Kontrol Sistemi Uygulamasının Sonuçları.....	167
9. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	173
10. KAYNAKLAR.....	177
11. EKLER.....	185

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	Deforme Edilmemiş Talaş Kesiti	mm ²
a	Eğim Açısı	°
A_s	Özgül Kesme Alanı	mm ² / dak
B	İş Parçası Kesit Uzunluğu	mm
d	Gerçek Talaş Derinliği	mm
E	Çıkış hatası	
f	İlerleme Hızı	mm/dak
F_d	Ölçülen kesme kuvveti	
f_i	Anlık İlerleme	
Fr, Fz	Radyal Kuvvet	N
fr, fz	Diş Başına Ortalama Radyal Kuvvet	N/diş
ft, fx	Diş Başına Ortalama Teğetsel Kuvvet	N/diş
Ft, Fx	Teğetsel Kuvvet	N
G	Malzeme Grup No	
K_c	Kontrolör kazancı	
K_D	Dönüşüm oranı	
K_d	Türev Katsayısı	
K_e	Efektif Kesme Sabiti	N
K_I	İntegral Katsayısı	
K_m	Servo kazanç	
K_p	Oransal kazanç sabiti	
k_s	Özgül Kesme Kuvveti	N/mm ²
l	Kesme Uzunluğu	mm
l_b	Şerit Uzunluğu	mm
n_t	Kesmede İş Parçası İle Temas Eden Diş Sayısı	diş
p	Diş Adımı (Hatve)	mm
q	Talaş Kesiti	mm ²
S	Sertlik	HRB

t	Şerit Kalınlığı	mm
T	Kontrol çevrimi	
tc	Deforme Edilmiş Talaş Kalınlığı	mm
T_d	türev zaman sabiti	
T_i	İntegral zaman sabiti	
U	Giriş parametresi	
U_s	Kontrolör çıkışı	
V	Kesme Hızı	m/dak
V_f	İlerleme komutu	
y	Bilinmeyen sistem çıkışı	
Z_w	Şerit Diş Sayısı	diş
δa	Diş Başına Ortalama Talaş (Kesme) Derinliği	mmx10 ⁻³
ε	Servo sönümleme oranı	
μ	Üyelik Değeri	
ω_n	Servo doğal frekansı	

Kısaltmalar

AE	Akustik Emisyon
AKS	Adaptif Kontrol Sistemi
ALM	Associative Learning Memory
ART	Adaptive Resonance Theory
BM	Bulanık Mantık
CNC	Computer Numeric Control
ÇKA	Çok Katmanlı Ağlar
FFT	Fast Fourier Transfer
FIS	Fuzzy İnterface System
GA	Genetik Algoritma
HSS	High Speed Steel
KAK	Kısıtlı Adaptif Kontrol

LCRAC	Low Cost Retrofitable Adaptive Control
LVQ	Learning Vector Quantization
MF	Üyelik Fonksiyonu
MRAK	Model Referans Adaptif Kontrol
MSE	Ortalama hataların karesi
NC	Nümerik Kontrollü
OAK	Optimizasyonlu Adaptif Kontrol
P	Oransal
PD	Oransal-Türevsel
PI	Oransal-İntegral
PID	Oransal-İntegral-Türevsel
Pİ	Performans İndeksi
RBF	Radial Basis Function
TAH	Takım Aşınma Hızı
TKH	Talaş Kaldırma Hızı
US	Uzman Sistemler
YSA	Yapay Sinir Ağları
YZ	Yapay Zeka
YZM_1	Yapay Zeka Modülü_1
YZM_2	Yapay Zeka Modülü_2
YZM_3	Yapay Zeka Modülü_3
ZAKS	Zeki Adaptif Kontrol Sistemi

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. RBF Yapay Sinir Ağı Yapısı.....	11
Şekil 3.1. Şerit Testere Tezgahları.....	15
Şekil 3.2. Sürekli Hareketli Yatay Şerit Testere Tezgahları.....	16
Şekil 3.3. Bi Metal Testere Şerit Yapısı.....	17
Şekil 3.4. Dişlerin Yerleşim Düzenleri.....	18
Şekil 3.5. Şerit Testere Diş Adımları.....	19
Şekil 3.6. Şerit Testerede Diş Açılımları.....	20
Şekil 3.7. Şerit Testere Diş Geometrisi.....	20
Şekil 3.8. Şerit Testere Kesiti.....	21
Şekil 3.9. Şerit Testere Kesme Mekanizması.....	22
Şekil 3.10. Kesme Kuvvetleri.....	23
Şekil 3.11. Şerit Testere ile Talaş Kaldırma Hareketi.....	23
Şekil 3.12. Özgül Kesme Kuvvetinin Hıza Bağlı Değişimi.....	24
Şekil 3.13. Diş Başına İtme Kuvvetinin Hıza ve Diş Adımına Bağlı Değişimi.....	26
Şekil 3.14. Diş Başına Kesme Kuvvetinin Hıza ve Diş Adımına Bağlı Değişimi.....	27
Şekil 3.15. Diş başına asıl kesme kuvvetlerinin kesme hızı ile değişimi 62 mm/dk İlerleme hızı ve Ç1040 malzeme için.....	27
Şekil 3.16. Diş başına İtme kuvvetlerinin kesme hızı ile değişimi 62 mm/dk. İlerleme hızı ve Ç1040 malzeme için.....	28
Şekil 3.17. Diş Başına İtme Kuvvetinin İlerleme ve Diş Adımına Bağlı Değişimi.....	29
Şekil 3.18. Diş Başına Esas Kesme Kuvvetinin İlerleme ve Diş Adımına Bağlı Değişimi.....	29
Şekil 3.20. İlerleme hızı ile diş başına teğet kuvvetin değişimi.....	30
Şekil 3.21. En44E Çeliği Aşınma Testlerinin Mikroskop incelemeleri.....	30
Şekil 4.1. YSA Temel Elemanları.....	39
Şekil 4.2. Farklı Eşik fonksiyonu Grafikleri.....	40
Şekil 4.3. YSA'nın Sınıflandırılması.....	44
Şekil 4.4. Klasik Küme Teorisi.....	56
Şekil 4.5. Bulanık Küme Teorisi.....	56
Şekil 4.6. Üyelik Fonksiyonları Örnekleri.....	58

Şekil 4.7.	Bulanık Bir Sistemin Ana Blokları.....	60
Şekil 4.8.	Mamdani Tipi Bulanık Model Çıkış Değeri.....	64
Şekil 5.1.	Açık Döngü Kontrol Sistemi.....	71
Şekil 5.2.	Oda Sıcaklığının Açık Döngü Kontrolü.....	71
Şekil 5.3.	Kapalı-Döngü Kontrol Sistemi.....	71
Şekil 5.4.	Oda Sıcaklığının Kapalı-Döngü Kontrolü.....	72
Şekil 5.5.	Aç-Kapa (On-Off) Kontrol Etkisi.....	73
Şekil 5.6.	Aç-Kapa Kontrol Çalışma Prensibi.	74
Şekil 5.7.	Oransal Kontrol Çalışma Prensibi.....	75
Şekil 5.8.	Diferansiyel Kontrol Çalışma Prensibi.....	76
Şekil 5.9.	İntegral Kontrol Çalışma Prensibi.....	77
Şekil 5.10.	PID Kontrol Çalışma Prensibi.....	78
Şekil 5.11.	PID Kontrol Sistemi.....	78
Şekil 5.12.	Adaptif Kontrolün Fonksiyonları.....	83
Şekil 6.1.	Takım/Tezgaah İzleme Modülleri.....	86
Şekil 6.2.	Piezo Elektrik Sensör İç Yapısı.....	88
Şekil 6.3.	Piezo Elektrik İvme Sensörü.....	90
Şekil 6.4.	Broşlama İşleminde AE Sinyalleri.....	92
Şekil 6.5.	Optik Sensörlerin Çalışma Prensibi.....	95
Şekil 6.6.	Frezelemede Optimizasyonlu Adaptif Kontrol.....	97
Şekil 6.7.	Tornalamada Kısıtlı Adaptif Kontrol.....	98
Şekil 6.8.	Tornalamada İntegral Kontrolörlü Kısıtlı Adaptif Kontrol.....	101
Şekil 6.9.	Kendi Kendini Ayarlayan Adaptif Kontrol Blok Şeması.....	102
Şekil 6.10.	Model Referans Adaptif Kontrol Blok Şeması.....	103
Şekil 6.11.	Tornalamada Değişken Yapılı Kontrol.....	104
Şekil 6.12.	Bir Uzman Sistem Blok Şeması.....	107
Şekil 6.13.	Genel Bir Bulanık Kontrolör Yapısı.....	108
Şekil 6.14.	Bir Bulanık-PD Kontrol Sistemi Blok Şeması.....	108
Şekil 6.15.	Danışmanlı YSA Ters Kontrol Şeması.....	110
Şekil 6.16.	NN Kazanç Ayarlamalı PID Kontrol Şeması.....	110
Şekil 6.17.	GA-PID Kazanç Ayarlamalı Kontrol Şeması.....	112
Şekil 6.18.	Üretim Prosesi Yapısal Modeli.....	115

Şekil 6.19.	Adaptif Kontrollü Frezelemede İlerleme Değişimi	118
Şekil 6.20.	Adaptif Kontrollü ve Klasik Frezeleme İşleminde İlerleme Değişimi.....	119
Şekil 6.21.	Kesme Derinliğine Göre İlerlemenin Adaptif Kontrollü.....	120
Şekil 7.1.	Deneyde Kullanılan Testere Tezgahı.....	126
Şekil 7.2.	Deney Seti Blok Şeması.....	127
Şekil 7.3.	Deney Seti Resimlendirilmiş Şeması.....	128
Şekil 7.4.	Deney Seti Dinamometre Uygulama Resmi.....	130
Şekil 7.5.	Deney Seti Amplifikatör Resmi.....	131
Şekil 7.6.	Deney Seti İvme Sensörü Uygulama Resmi.....	132
Şekil 7.7.	Deney Seti AE Sensörü Uygulama Resmi.....	133
Şekil 7.8.	Deney Seti Akım Sensörü Uygulama Resmi.....	134
Şekil 7.9.	Deney Seti Oransal Valfi Resmi.....	134
Şekil 7.10.	Deney Seti Valf Kontrolörü.....	134
Şekil 7.11.	Hız Kontrol İnvvertörü.....	135
Şekil 7.12.	Data Toplama Kartı ve Data Kartı Konektörü.....	136
Şekil 7.13.	Veri Toplama Yazılımı Kullanıcı Arayüzü.....	137
Şekil 7.14.	Zeki Adaptif Kontrol Sistemi.....	139
Şekil 7.15.	Kesme Kuvvetlerini Tahmin Eden Yapay Sinir Ağı Modeli.(YZM_1).....	141
Şekil 7.16.	Gerçek ve Tahmin Edilen YSA Çıkışı Kesme Kuvvetinin(Fx) Karşılaştırma Grafiği.....	143
Şekil 7.17.	Gerçek ve Tahmin Edilen YSA Çıkışı İtme Kuvvetinin(Fz) Karşılaştırma Grafiği.....	143
Şekil 7.18.	Bulanık Mantık Kontrolör Ekran Görünüşü.....	146
Şekil 7.19.	Bulanık Mantık Kontrolör Kural Tablosu Ekran Görünüşü.....	147
Şekil 7.20.	Yapay Sinir Ağı Modeli.(YZM_3).....	148
Şekil 8.1.	V=40 m/dk. Sabit Hızda Akımın İlerlemeye Göre Değişimi....	151
Şekil 8.2.	V=63 m/dk. Sabit Hızda Akımın İlerlemeye Göre Değişimi....	151
Şekil 8.3.	V=100 m/dk. Sabit Hızda Akımın İlerlemeye Göre Değişimi...	152
Şekil 8.4.	V=40 m/dk. Sabit Hızda Kesme Kuvvetlerinin İlerlemeye Göre Değişimi.....	152
Şekil 8.5.	V=63 m/dk. Sabit Hızda Kesme Kuvvetlerinin İlerlemeye Göre Değişimi.....	152
Şekil 8.6.	V=100 m/dk. Sabit Hızda Kesme Kuvvetlerinin İlerlemeye Göre Değişimi.....	153
Şekil 8.7.	V=40 m/dk. Sabit Hızda Akustik Emisyonun İlerlemeye Göre	153

	Değişimi.	
Şekil 8.8	V=63 m/dk. Sabit Hızda Akustik Emisyonun İlerlemeye Göre Değişimi.....	154
Şekil 8.9.	V=100 m/dk. Sabit Hızda Akustik Emisyonun İlerlemeye Göre Değişimi.....	154
Şekil 8.10	V=40 m/dk. Sabit Hızda İvmenin İlerlemeye Göre Değişimi..	155
Şekil 8.11	V=63 m/dk. Sabit Hızda İvmenin İlerlemeye Göre Değişimi..	155
Şekil 8.12.	V=100 m/dk. Sabit Hızda İvmenin İlerlemeye Göre Değişimi.....	155
Şekil 8.13.	V=40 m/dk. Sabit Hızda Yüzey Pürüzlülüğünün İlerlemeye Göre Değişimi.....	156
Şekil 8.14.	V=63 m/dk. Sabit Hızda Yüzey Pürüzlülüğünün İlerlemeye Göre Değişimi.....	156
Şekil 8.15.	V=100 m/dk. Sabit Hızda Yüzey Pürüzlülüğünün İlerlemeye Göre Değişimi.....	157
Şekil 8.16.	f=35 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akımın Kesme Hızına Göre Değişimi.....	157
Şekil 8.17.	f=66 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akımın Kesme Hızına Göre Değişimi.....	158
Şekil 8.18.	f=125 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akımın Kesme Hızına Göre Değişimi.....	158
Şekil 8.19.	f=35 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Kesme Kuvvetlerinin Kesme Hızına Göre Değişimi.....	159
Şekil 8.20.	f=66 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Kesme Kuvvetlerinin Kesme Hızına Göre Değişimi.....	159
Şekil 8.21.	f=125 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Kesme Kuvvetlerinin Kesme Hızına Göre Değişimi.....	159
Şekil 8.22.	f=35 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akustik Emisyonun Kesme Hızına Göre Değişimi.....	160
Şekil 8.23.	f=66 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akustik Emisyonun Kesme Hızına Göre Değişimi.	160
Şekil 8.24.	f=125 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akustik Emisyonun Kesme Hızına Göre Değişimi.	161
Şekil 8.25.	f=35 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında İvmenin Kesme Hızına Göre Değişimi.....	161
Şekil 8.26.	f=66 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında İvmenin Kesme Hızına Göre Değişimi.	162
Şekil 8.27.	f=100 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında İvmenin Kesme Hızına Göre Değişimi.....	162
Şekil 8.28.	f=35 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Yüzey Pürüzlülüğünün Kesme Hızına Göre Değişimi.	162
Şekil 8.29.	f=66 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Yüzey Pürüzlülüğünün Kesme Hızına Göre Değişimi.	163
Şekil 8.30.	f=125 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Yüzey Pürüzlülüğünün Kesme Hızına Göre Değişimi.....	163
Şekil 8.31.	Dönme Motoru Akımın İlerleme Hızı ve Kesme Hızına Göre Değişimi.	164

Şekil 8.32.	Kesme Kuvvetinin İlerleme Hızı ve Kesme Hızına Göre Değişimi.	165
Şekil 8.33.	İlerleme Kuvvetinin İlerleme Hızı ve Kesme Hızına Göre Değişimi.	165
Şekil 8.34.	Akustik Emisyonun İlerleme Hızı ve Kesme Hızına Göre Değişimi.....	166
Şekil 8.35.	SAE 4140 D70 Malzemenin ZAKS ile Kesimi.....	168
Şekil 8.36.	SAE 4140_D70 Malzemenin ZAKS ile Kesiminde İlerleme ve Kesme Hızı Değişimi.....	169
Şekil 8.37.	SAE 4140_D70 Malzemenin ZAKS ile Kesiminde Malzemenin Tanınması.....	170
Şekil 8.38.	SAE 4140_D70 Malzemenin Konvansiyonel Tezgâh ile Kesiminde Kesme Kuvvetleri Değişimi.....	171
Şekil 8.39.	SAE 4140_D70 Malzemenin Konvansiyonel Tezgâh ile Sabit ilerleme İle Kesimi.....	171

TABLolar LİSTESİ

	Sayfa	No
Tablo 4.1.	Ağ Türleri ve Başarılı Oldukları Alanlar.....	48
Tablo 4.2.	Yapay Sinir Ağı Algorİtmaları ve Uygulandıkları Alanlar.....	49
Tablo 5.1.	Kp, Ki, Kd Katsayılarının Çıkışa Etkisi.....	79
Tablo 7.1.	Deney Malzemesi Özellikleri.....	124
Tablo 7.2.	Şerit Testere Kimyasal Analizi.....	125
Tablo 7.3.	Deney Testere Tezgahtı Teknik Özellikleri.....	126
Tablo 7.4.	Kistler 9257B Dinamometre Özellikleri.....	130
Tablo 7.5.	Kistler 5019B Şarj Amplifikatör Özellikleri.....	131
Tablo 7.6.	Kistler 8792A500 İvme Sensörü Özellikleri.....	132
Tablo 7.7.	Kistler 8152B111 Akustik Emisyon Sensörü Özellikleri.....	133
Tablo 7.8.	Rexroth 2FRE 6 B-2X/K4RV Valf Özellikleri.....	135
Tablo 7.9.	Veri Toplama Kartı Özellikleri.....	136
Tablo 7.10.	YSA Gizli Katman Nöron Sayıları ve Eğitim MSE' leri.....	142
Tablo 7.11.	Seçilen YSA Mimarisinin Eğitim ve Test Hataları.....	144
Tablo 7.12.	Seçilen Bulanık Mantık Mimarisi Giriş Bilgileri.....	145
Tablo 7.13.	Seçilen Bulanık Mantık Mimarisi Çıkış Bilgileri.....	146
Tablo 7.14.	YSA Gizli Katman Nöron Sayıları ve Eğitim MSE' leri.....	149

1. GİRİŞ

1950'lerin ortasında ortaya çıkan Yapay Zeka (YZ) yöntemleri normal insan zekası ile modellenmesi ve çözümü zor mühendislik problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapay zeka yöntemlerinin yaygın olanları; Yapay Sinir Ağları (YSA), Bulanık Mantık (BM), Genetik Algoritmalar (GA), Uzman Sistemler (US) ve bunların hibrid kullanımınıdır. Günümüzde YZ üretimin her alanında kullanılmaktadır.

İmalat sanayindeki temel üretim işlemlerinin şüphesiz en önemlisi talaş kaldırarak üretimdir. Üreticinin globalleşen dünyada ayakta kalabilmesi ve rekabet edebilmesi; en düşük maliyet ve en kısa sürede istenen boyutta ve yüzey kalitesinde parça üretmesine bağlıdır.

Talaş kaldırarak imalat konusunda kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği gibi teknolojik değerler operatör tecrübeleri ve imalatçı kataloglarından alınmaktadır. Parametre seçim aralıklarının çok geniş olması sebebiyle bu değerlerle yapılan üretim her zaman optimum verim ve maliyeti yakalayamaz. İşlem sırasında büyüklüğü ve kaynağı belli olmayan bir takım bozucu faktörler oluşur.

Gerek optimum değerde çalışmak gerekse bozucu etkilerini telafi etmek için adaptif kontrol yöntemleri talaş kaldıran tezgahlara uygulanarak aşağıdaki amaçlar gerçekleştirilir.

-Adaptif kontrol sistemli üretim ile optimum şartların yakalanması sağlanır.

-Tezgaha uygun iş parçası ataması yapılır.

-Talaş kaldırmada oluşan titreşimler ve kaynaklarının belirlenmesiyle, verimli bir imalat gerçekleştirilir.

-Talaş kesme derinliği ve genişliğinin değişmesi gibi durumlarda uygun hız ve ilerlemelerle tezgah, takım ve iş parçası koruması sağlanır.

-Malzemenin işleme kabiliyetini etkileyen sertliğin ve malzeme yapısının değişmesi durumlarında takımın ve tezgahın korunması sağlanmaktadır.

-Takım aşınması, anında tespit edilerek iş parçasında istenmeyen yüzey pürüzlülükleri önlenmekte, ıskarta maliyetler düşürülmektedir.

İşleme operasyonlarının başarılı ve verimli olmasında işleme parametrelerinin önemli rolü olduğundan dolayı en iyi ya da optimum işleme şartlarının bulunması hala çoğu araştırma çalışmalarının konusudur. Yüksek maliyetleri dolayısıyla Nümerik Kontrollü (NC) tezgahlarla işlemede optimum şartlar daha da önemlidir. Optimum işleme parametrelerine en büyük ilgi pazardaki rekabette anahtar rol oynayan üretim çevrelerinden olmaktadır. NC tezgahlarda yönetim zamanı düşük olmasına rağmen, işleme zamanı aynıdır. Yüksek ilk yatırım ve işletme maliyetleri sebebiyle geri ödeme zamanının kısalması için NC tezgahların daha verimli kullanılması gerekmektedir.

Talaş kaldırma operasyonlarının ekonomisini etkileyen değişkenler çoktur. Tezgah kapasitesi, istenen iş parçası geometrisi, ilerleme, kesme hızı, kesme derinliği v.b. temel değişkenlerdir. Talaşlı üretimdeki takım tezgâhlarının, kendilerinden beklenen fonksiyonlarını yerine getirebilmeleri için, tasarımının ve imalatının amaca uygun olarak yapılması gerekir. Tezgâhın mekanik yapısı, üzerinde bulunan takım ve aparatları, tezgâhın rijitliğini bozmadan taşıyabilmelidir. Daha da önemlisi ise, tezgâh çalışırken kesici takıma gelen kesme kuvvetlerinin etkisiyle tezgâh makine elemanları rijitliğini koruyabilmeli ve istenilmeyen şekilde deforme olmamalıdır. Tezgâhın uzun ömürlü olabilmesi için özellikle hareketli parçaların çalışma yüzeylerinin aşınması önlenmelidir.

Talaş kaldırmadan dolayı meydana gelen kesme kuvvetlerinin güvenle karşılanabilmesi için kesici takımın mukavemet özellikleri araştırılmalıdır. Tezgâhların uzun ömürlü olabilmesi, tezgâhın hassasiyetini uzun süre koruyabilmesi ve üretimin kalitesini artırabilmek için tezgâhı etkileyen yük, kuvvet ve zorlanmaların etkisiyle meydana gelen gerilmelerin iyi etüt edilmesi gerekmektedir. Bu etüt ve değerlendirmelere göre, tezgâhın tasarımı ve boyutları belirlenebilmektedir. Bu amaçla kuvvetlerin ölçülmesine ihtiyaç duyulur.

Malzemelerin maruz kaldığı iç ve dış gerilme ölçümleri, basınç ve yükün sebep olduğu kuvvet ölçümleri, tasarımda büyük önem taşır. Bütün parça ve sistemlerin dayanım hesaplarının teorik olarak yapılması her zaman kolay olmayabilir. Hesaba katılmayan ve belirlenemeyen kuvvetler olumsuz sonuçlara neden olabilirler. Bu sebeple, mühendislik faaliyetlerinin sürdürüldüğü bütün alanlarda emniyetli bir çalışma ortamının gerçekleşmesi, üretilecek ürün ve sistemlerin uzun ömürlü, kaliteli, emniyetli ve ekonomik olabilmesi için, takım ve tezgâhı etkileyen tüm kuvvetlerin doğru ve hassas olarak ölçülmesi gerekir. Ayrıca, kesme kuvvetleri ile takım aşınması arasında bir ilişki kurabilmek için kesme kuvvetlerinin ölçülmesi gerekir. Özellikle de kesme parametrelerine göre kuvvet değişimlerinin gözlenmesi isteniyorsa, kuvvetlerin hassas bir ölçme sistemi tarafından belirlenmesi gerekir.

Mühendislik problemlerinin birçoğu, sistem parametreleri ve giriş sinyallerindeki beklenmedik büyük değişimler ve belirsizlikler yüzünden otomatik kontrol gerektirmektedirler. Böyle durumlarda konvansiyonel bir kontrol algoritması, sistemin performansını istenen bir seviyede tutamaz. Bu yüzden parametrelerdeki ve giriş sinyallerindeki bu beklenmedik değişimleri otomatik olarak dengeleyecek özel bir kontrol sistemine gereksinme duyulmaktadır. Yüksek performanslı kontrol sistemlerinin dizaynı, kontrol edilecek proses parametreleri yeterince bilinmiyorsa veya çalışma esnasında değişiyorsa genellikle adaptif kontrol tekniklerinin kullanımını zorunlu hale gelir.

Gerek belirli bir parametreye göre optimum bir düzeyde çalışmak, gerekse bozucu faktörlerin etkilerini telafi etmek için ilave kontrol sistemleri kullanılır. Metal kesme işlemleri için adaptif kontrol (Adaptive Control) sistemi CNC 'nin mantıksal bir uzantısıdır. Parça programcısı kesme hızı ve ilerleme hızını belirlemek zorundadır. Bu kesme parametrelerinin seçimi tecrübenin yanında iş parçası, takım malzemesi, tezgah özellikleri, soğutma etkileri gibi faktörlerin bilinmesine bağlıdır. Kesme parametrelerinin seçimi direk olarak ekonomiklik faktörünü, ürünün boyutsal doğruluğunu, yüzey düzgünlüğünü, takım aşınma hızı ve takımın kırılmasını etkiler. Adaptif kontrolle bu üretim ve ürün kalitesine etki eden faktörler işleme sırasında iyileştirilebilir. Bu işlem değişkenleri gerçek zamanlı olarak ölçülerek kontrol edilir.

Talaş kaldırma işlemlerinin adaptif kontrolüne yönelik çalışmalar literatürde yaygındır. Zeki yöntemler kontrolde konvansiyonel sistemlere göre daha kararlı ve verimli işleme şartları oluşturmaktadır. Yapay zeka tekniklerinin imalat ve kontrolde sağladığı; karar verme, problem çözme, yorumlama, planlama, sembolik işleme, eksik ve belirsiz bilgileri işleyebilme avantajları vardır. Günümüzde geliştirilen birçok entegre sistem bunun doğruluğunu göstermektedir. Bu konuda yapılan çalışmaların başarılı olması uygun tekniğin yerinde doğru şekilde kullanılmasına bağlıdır.

Matematik modeli kurulamayan, değişken çevre şartlarına uyum sağlayabilen, sistem dinamiğindeki bozucuların değişimlerine karşı kendi kendini çevrim-içi adapte edip gerçek zamanlı kontrol eden zeki sistemlerin imalat proseslerinde kullanılması verim ve kaliteyi artırmaktadır.

Zeki kontrol; optimizasyon, bilgisayar teknolojisi, yapay zeka ve endüstriyel prosesleri içine alan çok disiplinli bir konudur. Çevre şartlarının sistem parametrelerini büyük ölçüde değiştirdiği ve giriş değerlerinin önceden kestirilemediği uygulamalarda klasik kontrol yöntemleri yetersiz kalmaktadır.

Artan işçilik ve malzeme maliyetleri, çeşitli tüketici talepleri testereyle kesme işlemlerini doğru ve verimli yapmayı önemli hale getirmiştir. Bu, üretimin iyi izlenmesi ve teşhisiyle mümkündür.

Bu çalışmada, yarı otomatik bir şerit testere tezgahına yapay zeka yöntemleriyle adaptif kontrol uygulanmış ve malzeme tanıma sistemi geliştirilmiştir. Talaşlı ve talaşsız imalat ortamına girecek bir çok mamul ya da yarı mamul malzeme birincil işlem olarak şerit testere tezgahlarında işlenmektedir. Bu tezgahlar imalat ortamında eğitim seviyesi düşük operatörler tarafından kullanılmaktadır. Şerit ömrü ve verimini operatör tecrübesi ve becerisi belirlemektedir. Aynı şartlarda farklı operatörler arasında ekonomiklik açısından büyük değişimler gözlenmektedir. Endüstri çevrelerinden şerit testere tezgahlarında ekonomik kesme konularında akademik destek talepleri bizi bu çalışmaya yönlendirmiştir. Çalışmamızla operatör becerisi ve tecrübesi olmadan yapay zeka tahmin ve karar algoritmalarıyla en uygun şartlarda kesme gerçekleştirilmiştir.

Yapay zeka dallarından Yapay Sinir Ağları ile kesme kuvvetleri modellenmiş, model çıktısı kesme kuvvetleri gerçek kesme kuvvetleriyle mukayese edilip Bulanık Mantık Kontrolör ile uygun şartlarda prosesin sürmesi sağlanmaktadır. Çevresel bozucuların modeli güncellemesi için ikinci bir Yapay Sinir Ağı kullanılarak şerit testere tezgahı adaptif kontrollü hale getirilmiştir. Model kuvvetlerine karşılık inme hızının ve kesme hızının gerçek zamanlı optimum kontrolü ile zamandan tasarruf sağlanmıştır. Deneysel olarak kesme kuvvetlerine dayalı malzeme tanıma sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemle operatör sadece malzemeyi tezgaha bağlamakta ve kesmenin başlamasıyla malzeme tanınıp, gerçek zamanlı referans kuvvet modeli üretilerek en uygun hız ve ilerlemede sistem çalışmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatürde, talaş kaldırma işlemlerinin izlenmesi ve kontrolünde yapay zekanın kullanımına ilişkin yapılan bir çok çalışma vardır. Kronolojik sıra ile yapılan çalışmaların önemlilerinin literatür özetleri iki kısımda verilmiştir:

1. Talaş kaldırma İşlemlerinde İzleme ve Kontrol
2. Şerit Testere Tezgahlarında İzleme ve Kontrol

2.1. Talaş kaldırma İşlemlerinde İzleme ve Kontrol

Groover (1987), Referans kuvveti sabit tutarak proses değişkenlerini değiştiren kontrol yaklaşımının modern üretim proseslerinde uygulanabileceğini belirtmiştir. İşleme şartlarındaki bozucu değişkenlerin klasik bir kontrol teorisinin kararlılığını verimsiz yapmaya sebep olduğunu, kesme kuvvetlerini sabit almanın takım ömrü ve talaş kaldırma oranının artması için yararlı bir yaklaşım olacağını belirtmiştir.

Dornfeld (1992), Talaş kaldırma işlemlerinin izlenmesi üzerine detaylı inceleme çalışması yapmıştır. İşleme prosesinin izlenmesi ve modellenmesindeki proses kısıtları olarak; kesme kuvvetleri, sıcaklık, takım şartları, aşınma, kırılma, parça boyutsal ve yüzey kalitesinin alınabileceğini belirtmiştir.

İşleme prosesinin gerçek zamanlı izlenmesi ve kontrolü ile operatör becerisi ve kabiliyetine bağlı olmaksızın optimum işlemenin başarılmasının mümkün olacağını, *Zhang ve ark. (1993)* bildirmiştir. Sensör tabanlı zeki karar destek sistemlerini kullanarak çevrimiçi izleme yapan bir sistem kurmuşlardır. İzleme için sensörlerden alınan sinyaller kontrol hareketi için bir karar oluşturmada kullanılmıştır. Gerçek zamanlı tornalama operasyonları için kuvvet sensörlerinden alınan sinyaller işlenmiş YSA ile tahmin edilen kuvvetlerle kıyaslanmıştır. Bunun sonucunda yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve geometrik toleranslarla ilgili tahmin modeli kurmuşlardır. YSA mimarisi olarak ileri beslemeli geriye yayımlı algoritmalar kullanmışlardır.

Lineer olmayan sistemlerin tanınması, dinamik sistemlerin karmaşıklığı, mühendislik sistemlerinin hemen hemen tüm kollarında yapay sinir ağlarının kullanımının zorunlu hale geldiğini *Goh ve Edwards (1995)* belirtmişlerdir. Hızlı hesaplama özelliği, lineer olmayan dönüşüm yeteneği, hata toleransı ve gürbüz optimal çözümler YSA' ları karmaşık kontrol ve sistem tanıma uygulamaları için ideal bir aday yaptığını belirtmişlerdir. Sistemin girişi ve çıkışı arasında lineer olmayan ilişki tanıyıcı olarak YSA' ların birçok probleme uygulanabileceğini bildirmişlerdir.

Talaş kaldırma olayı en genel şekilde *Akkurt (1996)*, tarafından belirli bir malzemedan hareket ederek ve talaş kaldırarak, en düşük maliyet ve en kısa sürede istenen boyutta ve yüzey kalitesinde parçayı imal etmektir şeklinde tanımlanmıştır. Gerek teknik gerekse ekonomik faktörlerin talaş kaldırma koşullarını belirleyen kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği gibi kesme parametrelerine bağlı olduğunu bildirmiştir.

Davies ve ark. (1996), İşleme prosesinde takım aşınmasının izlenmesi ve takım kırılmasının kontrolü çalışmalarını yapmışlardır. Çalışmalarında işlemede takım maliyetini azalttıklarını ve kesme prosesindeki giriş değişkenlerinden yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmişlerdir.

Ordenez ve ark. (1997), doğrudan ve dolaylı adaptif bulanık teknikler ile bazı konvansiyonel adaptif ve doğrusal olmayan uyarlamasız kontrol yöntemlerini, simülasyon çalışmaları ile karşılaştırmışlardır.

Ko ve Cho (1998), İşleme prosesinin izlenmesi ile maliyetlerin düşürülmesi, daha kaliteli ve verimli üretim için kontrol yaklaşımları çalışmalarını yapmışlardır. İşleme prosesinin izlenmesi, sensör teknolojisi, işlemede kuvvet kontrolü zeki yöntemler ile ilgili çalışmalar yapmışlardır.

Rodolfo ve ark. (1998), Frezeleme işlemlerinde kesme kuvvetinin sabitliğinin sürdürülmesi için adaptif kontrollü yaklaşım önermişler ve ilerlemeye göre kuvveti zaman gecikmeksizin sabitlemeye çalışmışlardır.

Yüzey pürüzlülüğü profil metrelerle imalat sonrasında ölçülebilir. Burada ölçüm için süreç kesintiye uğratılmaktadır. *Kiran ve ark. (1998)*, Yapay görme sistemleri ile daha hızlı, daha güvenli ve direkt olarak gerçek zamanlı yüzey

pürüzlülüğünün ölçülebileceğini belirtmişlerdir. Sinyal işlemedeki gelişmeler ve yapay zeka yöntemleri, yansıyan ışık yoğunluğunun ölçümü temel alınarak gerçek zamanlı yüzey pürüzlülüğünün ölçülebileceği imalatta üretim maliyetini düşürecektir.

Bayramoglu ve Dungal (1998), İşlemeyi izleme için uygun tekniklerden birinin, takım aşınmasının değerlendirilmesi olduğunu belirtmişlerdir. İşlemede artan kesme kuvvetlerinin takım geometrisinden etkilendiğini, takım aşınırsa geometrisinin değiştiğini ve kesme kuvvetlerinin artacağını, burun aşınması radyal kuvvetlere boşluk aşınmasının ilerleme ve radyal kuvvetleri etkilediğini belirtmişlerdir. Kesme kuvvetleri oranından takım aşınmasının tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir.

Ghasemipoor ve ark. (1998), Tornalama operasyonlarında takım aşınmasının tahmin edilmesi için yapay sinir ağlarını kullanarak bir model geliştirmişlerdir. Kesme parametrelerindeki değişikliklerden kesme kuvvetlerini izlenmişler, çok katmanlı ileri beslemeli statik ve dinamik YSA mimarileri kullanılarak her aşınma bileşenini izlemişlerdir. İşleme parametrelerindeki değişimin, meydana getirilen dinamik yapı ile anlık izlenmesi kesme kuvveti sinyalleri ölçerek çoklu aşınma bileşenlerini tahmin etmede kullanmışlardır. Önerilen hiyerarşik YSA mimarisinde çıkış değişkenleri olarak kesme kuvvetleri, giriş değişkenleri olarak da ilerleme, kesme derinliği, kesme hızını almışlardır. Tornalamada takım aşınmasını önerilen mimari ile büyük bir olasılıkla tahmin ettiklerini belirtmişlerdir. Dinamik ağ yapısı ile kesme şartları değişimi ve gürültü problemlerinin dezavantajını ortadan kaldırdıklarını deneysel olarak göstermişlerdir.

Tsai ve ark. (1999), Yüzey pürüzlülüğünün deneysel ya da teorik bir veya daha fazla niceliğin ölçülmesinden belirlenebileceğini belirtmişlerdir. Takım ile iş arasındaki bağıl kesme titreşimini temel alan yüzey pürüzlülüğü tahmin modeli geliştirmişlerdir. Yapay sinir ağlarını temel alan bir çalışma ile ivme metre ve yaklaşım sensörü sinyallerinden çeşitli kesme şartları için yüzey pürüzlülüğünü % 96-99 doğrulukta tahmin etmişlerdir.

Talaşlı imalatta en önemli isteklerden birisi bitmiş iş parçası yüzey pürüzlülüğü değerinin minimum olmasıdır. Bu değer diğer işleme parametrelerinin doğru seçilmesine bağlıdır. *Monostori ve Viharos (1999)*, yapmış oldukları çalışmada

tornalama işleminde optimum parametrelerin tespitinde YSA'yı kullanmışlardır. Tornalama için; Hız değerini 2.12 – 4.89 m/s aralığında, kesme derinliğini 0.25 – 1.75 mm., ilerleme 0.1 – 0.45 mm/devir aralığında almışlar ve çıkışta ölçülen pürüzlülük değerinin 0.4 – 4.95 mikrometre aralığında olduğunu gözlemlemişlerdir. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlarla YSA tahmin modeli kurmuşlardır. YSA modelinde giriş olarak kesme derinliği, ilerleme, kesme hızı, çıkış olarak Ra'yı kullanmışlardır. Ra'nın minimum olmasını sağlayan optimizasyon modellerini kullanarak, üretim zamanının düşürüldüğünü gözlemlemişlerdir.

Liu ve Wang (1999), İşleme proseslerinin optimizasyonlu Adaptif kontrolünü BP ve ALM Yapay sinir ağları algoritmalarıyla gerçekleştirilmiştir. Bu işlemin sadece kararlılık değil aynı zamanda frezeleme işlemlerinde işleme verimini de artırdığını gözlemlemişlerdir. Frezeleme sistemlerinin çevrim içi modellenmesi için, YSA'nın öğrenme hızını ayarlayan ve öğrenme prosesine dinamik bir faktör katan Modifiye edilmiş Geriye Yayımlı Yapay Sinir Ağı önermişlerdir. Simülasyon ve deneysel sonuçlarla adaptif kontrollü frezelemenin sadece yüksek doğruluk ve evrensel bir kararlılığa sahip olmadığını ayrıca geleneksel CNC frezelemeden daha yüksek işleme verimine sahip olduğunu göstermişlerdir. Frezeleme, için YSA kullanarak adaptif kontrollü optimizasyonu gerçekleştirmişlerdir.

Lin ve ark. (2001), Adaptif kontrol teknikleri, bulanık mantık, yapay sinir ağları ile kontrolör kazanç ataması konularında genel araştırma çalışması yapmışlardır.

1987'de Hitachi firmasının bulanık kontrolörlerle ilgili dünyanın en gelişmiş metro sistemini geliştirdiğini ve bunun bulanık kontrol konusundaki en önemli uygulama olduğunu *Kosko (2001)*, belirtmiştir.

Talaşlı imalat sürecinin kontrol yöntemlerinden birinin Kısıtlı Adaptif Kontrol olduğu *Liu ve ark. (2001)*, tarafından belirtilmiştir. Yapmış oldukları çalışmada Kısıtlı Adaptif Kontrol Sistemleri, Geri Beslemeli Kontrol, Parametrik Adaptif Kontrol, Değişken Yapılı Kontrol, Kayar Mode Kontrol, YSA Kontrol ve Bulanık Kontrol konularını teorik olarak incelemişlerdir.

Coğun ve Özses (2002), Malzemelerin işlenebilirliği ve bitmiş parçadaki yüzey pürüzlülüğünün tahmini çalışmalarını yapmışlardır. Bu çalışmada işleme şartlarını değiştirerek pürüzlülüğü tahmin etmeye çalışmışlardır.

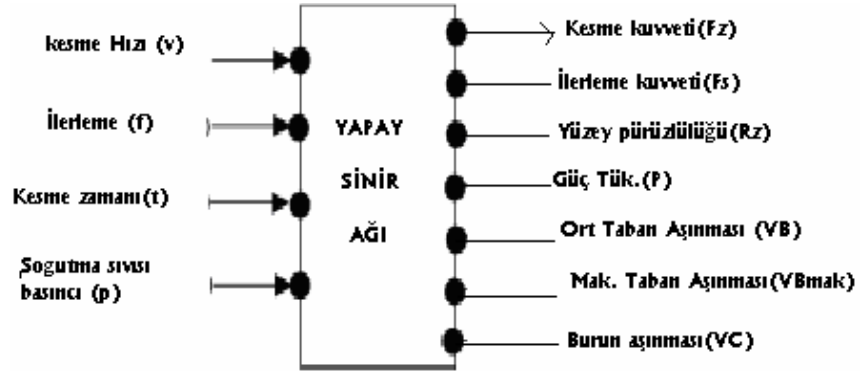
El-Mounayri ve ark. (2002), Frezelemede optimizasyonlu bir arayüz ile CNC tezgahların geliştirilmesi çalışmasını yapmışlardır. Kesme kuvvetlerini tahmin ederek ilerleme değerini sabit kuvvete karşılık ayarlamaya çalışmışlardır.

Üretim prosesinin optimum olarak sürmesi için prosesin izlenmesi ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Çeşitli çevresel bozucu değişkenler sebebiyle gerçek sistemler lineer olmayan bir durum arz ederler. Takım tezgahları ve işleme operasyonları için proses seviyesinde otomasyon hem akademik hem de endüstri çevreleri tarafından yakın ilgi görmektedir. Bu alandaki araştırmalar serbest parça tasarım kısıtları, azaltılmış maliyetler, iyileştirilmiş parça kalitesi, artan verimlilik gibi konularda güçlü bir beklentiye sebep olmaktadır. Proses otomasyonu büyük parti işler ya da esnek küçük parti işler için avantajlı stratejiler uygulama imkanı verir ve arzulanan performansı takip eden işleme parametrelerinin (ilerleme, hız, kesme derinliği v.s.) otomatik ayarlanmasını sağlar. Arzulanan performansın ölçüsü toleranslar, yüzey pürüzlülüğü, işleme zamanı, işleme maliyeti v.s.olabilir. Genellikle talaş kaldırmada izlenen değerler takım aşınması, takım kırılması, takım titreşimi ve talaş şekillerinin izlenmesi, yüzey pürüzlülüğü, titreşim, kesme kuvvetleri, akım, akustik emisyon v.s. dir. Takım durumu genellikle takım aşınması veya parça yüzey kalitesi ile takip edilir. Talaş kaldırma işlemlerinde kullanılan farklı izleme yöntemleri ve kullanım alanlarıyla ilgili çalışmayı *Steven ve ark. (2004)*, yapmıştır.

Prosesin çevrim-içi izlenmesinde kullanılan sistem üç unsurdan oluşmaktadır. Bunlar; tanımlama, matematiksel işlemler ve karar verme-analizdir. Tanımlama işlemi, takım durumu ile ilgili parametrelere bağlı sinyallerden oluşmaktadır. Burada yüzey kalitesi dikkate alınmadan işlem performansının gerçek durumu ölçülmekte, kesme kuvvetleri ve serbest yüzey aşınma miktarı izlenmektedir. Matematiksel işlemlerde bu değerler giriş verilerine göre hesaplanabilmektedir. Karar verme analizi bölümünde ise çevrim-içi izleme bilgileri ile istenilen bilgiler karşılaştırılmaktadır. Bu konudaki çalışma *Işık (2004)*, tarafından yapılmıştır.

Özel ve ark. (2005), Kesme kenarı geometrisi, iş parçası sertliği, ilerleme, kesme hızı, yüzey pürüzlülüğü ve sabit kesme kuvveti arasındaki ilişki deneysel olarak torna tezgâhında yapılan çalışma ile ortaya koymuşlardır. Bilenmiş kesme kenarına sahip ve serliği düşük iş parçalarıyla işlemede daha iyi yüzey kalitesi elde edildiğini gözlemlemiştir.

Sonar ve ark. (2005), Tornalama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğünü tahmin için Radyal Tabanlı Fonksiyon'un performansından yararlanmışlardır. Malzeme olarak yumuşak çelik, kesici takım olarak HSS ve karpit kullanılarak kuru ve ıslak kesme şartlarında 4 ayrı deneysel plan yapmışlardır. Tornalama proseslerinin kalitesinin en önemli göstergelerinden birisi de yüzey pürüzlülüğüdür. Literatürde çoğunlukla çok katmanlı, geriye yayılma algoritmali ve perceptron mimarili YSA modelleri kullanılmıştır. Sonar ve ark. olayları daha hızlı kavrayıp öğrenen Radyal tabanlı fonksiyonları (RBF = Radial Basis Function) kullanarak yüzey pürüzlülüğünü daha doğru tahmin etmişlerdir. RBF mimarisini giriş katmanı 4 nöronlu, gizli katman 4 nöronlu çıkış katmanı 1 nöronlu olarak tasarlayıp gerçekleştirmişlerdir. Kurulan YSA yapısı Şekil 2.1.de görülmektedir.



Şekil 2.1. RBF Yapay Sinir Ağı Yapısı (Sonar ve ark. (2005)).

Ezugwu ve ark. (2005), Talaş kaldırmada YSA'ya giriş parametreleri olarak hız, ilerleme, kesme derinliği ve kesme zamanı ve soğutma sıvısı basıncını vermişler. Çıkış parametresi olarak teğetsel kuvvet, eksenel kuvvet, motor gücü, yüzey

pürüzlülüğü, boşluk aşınması, uç (burun) aşınmasını seçmişlerdir. Başarılı bir şekilde çıkış değişkenlerini elde etmişlerdir.

2.2. Şerit Testereyle Kesmede İzleme ve Kontrol

Ahmad ve ark. (1987) Şerit testere ile kesme işleminde hız, ilerleme ve iş parçası şeklinin kesme prosesine etkisi üzerine çalışmışlardır. Yapılan deneysel çalışmalarda birim kalınlık için diş başına itme ve kesme kuvvetleri kesme hızında artma ile azaldığını gözlemlemişlerdir. Birim metal hacmini kaldırmak için istenen enerji, kesme hızı artarken azalır. Isı artışı sebebiyle kesme kolay talaş kaldırılmaktadır. İtme kuvvetinde bir azalma kavranan dişler tarafından alınan kesme derinliğinde bir azalmaya neden olurlar.

Smith (1997), Şerit testerelede ilerleme hızını, yanal pozisyon kontrolü ile gerçekleştiren bir metot geliştirmiştir. Sistem şerit testerelede hareketi ve yan pozisyonunun analizini temel almıştır. Yanal hareketin ön seçimi ve yanal hareket karşılaştırıldığında ilerleme hızı işleme performansına bağlı olarak azaltılmakta veya artırılmaktadır.

Ko ve Kim (1999), Yaptıkları çalışmada testere ile kesmenin mekanik bir modelini kurmuşlar ve bu amaçla özgül kesme basıncını kesme deneyleriyle tespit etmişlerdir. Belirlenen kesme kuvvetlerinin, ilerleme hızının adaptif kontrolü için kullanılabileceğini işaret etmişlerdir.

Ulusoy (1999), Yaptığı doktora çalışmasında, metal testere tezgahının hidrolik impulsla çalışmasında titreşimin testere lamasının aşınma hızına ve kesme süresine etkilerini deneysel olarak incelemiştir.

Anderson ve ark. (2001), Yaptıkları çalışmalarda testere ile kesmede mekanik bir kesme kuvveti modeli kurmuşlardır. Takım aşınmasının kesme kuvvetlerine etkisini modelde göstermişlerdir.

Sağlam ve ark. (2003), Testere ile kesmeye kesme parametrelerinin etkilerini incelemişler ve kesme kuvvetlerine kesme hızı, ilerleme hızı ve diş hatvesinin etkisini araştırmışlardır.

Sandak ve Tanaka (2003), Şerit testerenin ilerleme hızının adaptif kontrolü için ilerleme hızı ve testere sehimini arasındaki ilişkiyi kullanarak deneysel bir model kurmuş, bulanık kontrolle ilerlemeyi ayarlamışlardır. Testere sehimini arttığı zaman bu ilişkilere göre ilerleme hızı doğru değere değiştirilmektedir.

3. TESTERE İLE KESMEDE TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ

Metallerin kesilmesi üzerine yapılan çalışmalar uzun zamandır devam etmektedir. Metal işlemede birincil talaş kaldırma işlemlerinden biride testere ile kesme işlemidir. Teknolojideki gelişmelere paralel olarak yapılan çalışmalarla, modern talaş kaldırma tezgahları üretilmektedir. Ancak testerede kesme ile ilgili çalışmalar istenilen seviyede değildir.

Metal kesme işleminde kullanılan testere tezgahları günümüzde çelik satıcılarında, fabrikalarda, küçük işletmelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.1. Kesmenin Tanım Ve Amacı

Metallerin istenilen ölçülerde iş parçasına dönüştürülmesi için malzemelerin çeşitli metotlarla ayırma işlemine kesme denir. Metaller genel olarak talaş kaldırarak, talaş kaldırmadan ve ergiterek kesilebilir. Testere ile kesme, günümüzde halen en çok kullanılan talaş kaldırma yöntemidir. Kalın ve çapı büyük olan metalsel malzemeler testere tezgahlarında kesilirler (Ulusoy 1999).

Testerelerin tasarımları kullanım amaçlarına göre değişir. Bunları kullanan kişi her tip testerenin kısıtlarını bilmelidir. Bir testere tasarım sınırlarının ve amacının dışında kullanılırsa insan makine ve ürün açısından sakıncalar doğurabilir ve verim alınmaz.

3.2. Testere Tezgahları

Metal parçaların kesimi için kullanılan bu tezgahlar da testerenin hareketi sürekli. Üst ve altta bulunan kasnaklara sarılan ince dişli şeridin gerginliği ayarlanabilir. Kesilecek olan şerit, font, saç vb. malzemeler tezgahın tablası üzerinde elle veya tezgahın iticileri ile testereye verilmektedir. Yatay şerit testere tezgahlarında şerit yukardan aşağıya doğru hareket eder. Şeridin geriye doğru kaçmaması için arkada makaralarla desteklenmiştir. Kesme işleminde soğutucu akışkan olarak kesme sıvıları kullanılmaktadır. Bu tezgahlar kalıplılıkta ve seri

imalatta çok kullanılmaktadır. Bu tezgahlar programlanarak, işin istenen boyda ayarlanıp kesimi, malzemeyi sıkma ve çözme, malzemeyi sürme, tekrar istenen boyda ayarlama işlemleri için sistem otomatik hale getirilmiştir.

Şerit testere tezgahlarının mafsallı ve sütunlu tiplerine ait üretimler şekil 3.1 de verilmiştir.



a. Mafsallı Tip



b. Sütunlu Tip

Şekil 3.1. Şerit Testere Tezgahları.

3.3. Yatay Şerit Testere Tezgahının Kısımları

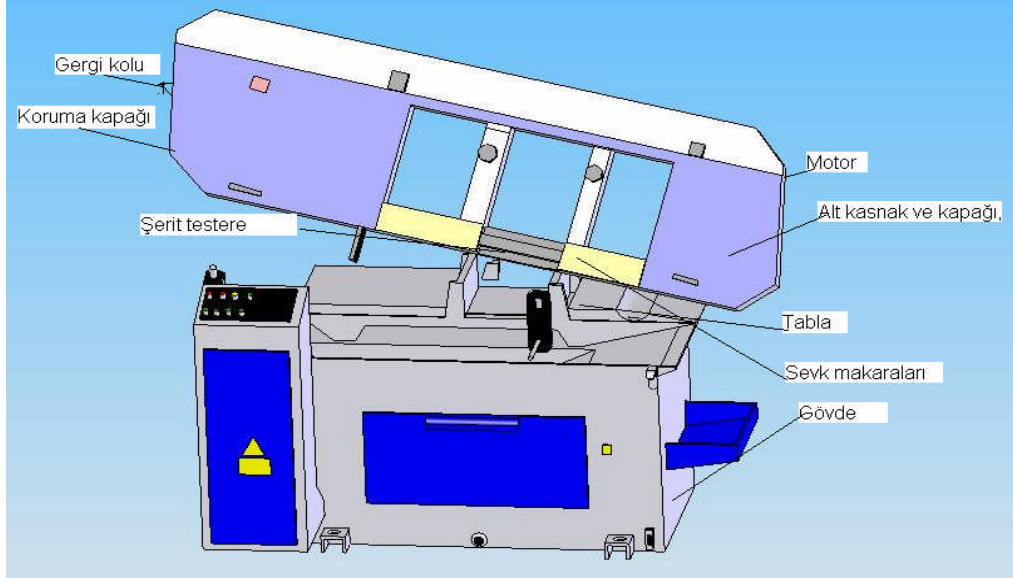
Gövde; Dökme demirden yapılmış, yere yaygın ayaklar üzerine oturan, üzerine bütün parçaların bağlandığı ana elemandır. Gövde içerisi boş olup, ayaklar betona gömülmüş civatalar ile sabitlenmiştir.

Tabla; Tabla kısmı yatay olarak gövdeye bağlanmış olup, bazı tip tezgahlarda istenilen açıda eğik olarak ayarlanabilir.

Testere; Şerit halinde olan testere uçları birbirine kaynatılarak kasnaklar üzerine geçirilir. Çatlamayı önlemek için diş dipleri kavisli yapılmıştır. Testere genişlikleri, tezgahın büyüklüğüne göre değişir.

Testere boşluğu; Tablanın orta kısmında testere lamasının çalışması için açılmış yuvarlak veya dikdörtgen şekilli boşluktur.

Şekil 3.2’de yatay şerit testere tezgahının temel kısımları görülmektedir.



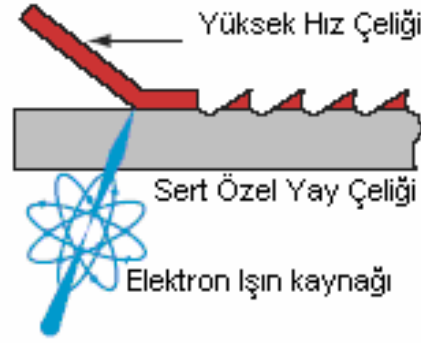
Şekil 3.2. Sürekli Hareketli Yatay Şerit Testere Tezgahları

3.4. Malzemelerine Göre Testere Şeritleri

3.4.1. Bi Metal Testere Şeritleri

Bi metal testere, testere gövdesinin ve diş kısmının ayrı ayrı malzemelerden özel bir elektrot kaynağı ile birleştirilmesi sonucu meydana gelmektedir. Şerit yapısı şekil 3.3 de verilmiştir. Testerenin diş kısmı üstün performanslı HSS (High Speed Steel) yüksek hız çeliğidir. İleri teknoloji ile kaynak edilmiş bu şeritler sanayideki bir çok uygulamanın yüksek güvenilirlikli ve esneklikle yapılabilmesine imkan sağlar. HSS bi metal şeritler istenilen ölçülere kaynak edilip kullanılabilir. En yaygın kullanılan testere ağız malzemelerinden birisi M 42 yüksek hız çeliğidir.

Değişken diş sayıları sayesinde farklı özellikleri bir arada bulunduran yüksek performanslı şerit testere yüksek ısı, aşınma dayanımı ve hassas kesim özelliği ile birçok kesim uygulamasında kullanılır.



Şekil 3.3. Bi Metal Testere Şerit Yapısı.

3.4.2. Karbür Uçlu Testere Şeritleri

Karbür uçlu şerit testereler özel bir üretim prosesi ile üretilmektedir. Bu testereler çok sert ve kesilmesi oldukça zor olan sert metallerin özel metal alaşımların ve metal olmayan alaşımların çok ağır çalışma şartları altında bile kesilmesinde kullanılır. Karbür uçlu şeritler istenilen ölçülerde kaynak edilip kullanılabilir. Çok iyi performans sağlarlar. Maliyetlerinin yüksekliği dezavantajlarındandır. Özellikle alüminyum, titanyum ve özel dökümlerin kesilmesinde yüksek performans sağlarlar.

3.4.3. Karbon Çeliği Testere Şeritleri

Karbon çeliği şeritler iki tip de imal edilirler. Birincisinde krom ihtiva eden karbon çeliğinin dış kısmı sertleştirilmiştir. Yüksek aşınma dayanımı vardır. Çok kolay kaynak edilebilirler. Çoğunlukla kesmesi kolay olan malzemelerin kesilmesinde kullanılır.

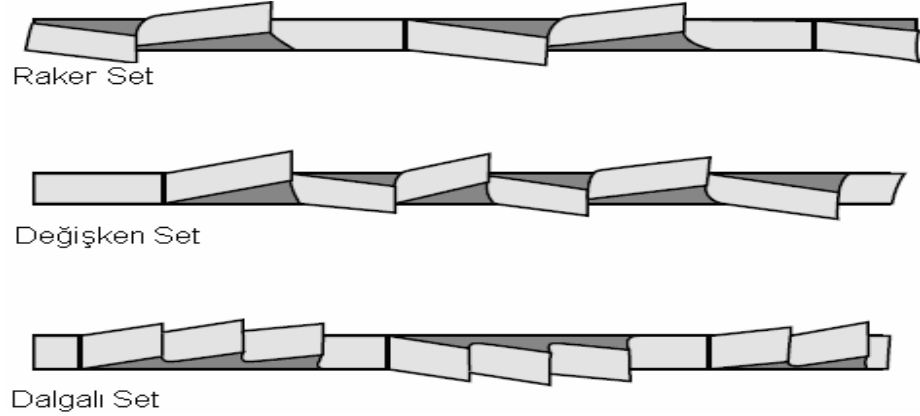
İkinci tip de ise alaşımların üstün kalite karbon çeliklerinin kesme performansını ve aşınma dayanımını arttırmak için ısıtılmalara ihtiyaç vardır. Genel olarak alaşımların ve daha sert olan malzemelerin kesiminde kullanılır. Karbon çeliği şeritler istenilen ölçülerde kaynak edilip kullanılabilir. Basit atölye uygulamalarının yanı sıra küçük hacimli hassas ve seri imalatlar için de kullanılırlar.

3.5. Şeritlerdeki Diş Yerleşim Düzenleri

3.5.1. Çaprazlama (Set)

Şerit testere kesme karakteristikleri testere dişlerinin, kesme esnasında sıkışmaması ve düzgün kesim sağlaması için iki taraflı veya farklı şekillerde çaprazlanmıştır. Standart formda dişler, değişken, dalgalı ve raker olarak düzenlenmiştir (Şekil 3.4). Raker tip diş düzenlemesi genel amaçlı kesmelerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Dişlerin tek tek veya gruplar halinde çaprazlanması ile kesme esnasında açılan kanallar testere şerit kalınlığından büyük olur. Testere ağzı üzerinde birbiri ardınca sıralanmış küçük, kesici ağızlı, aynı yönde tesir eden, çaprazlanmış veya dalgalandırılmış çok sayıda dişler vardır. Kesme sırasında iş parçasından küçük parçalar halinde çıkan talaşlar çaprazlama ile şeridi sıkıştırmamış olur.



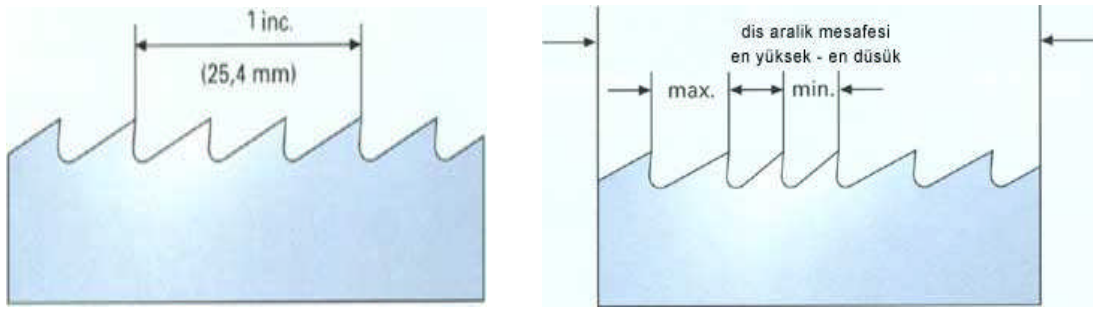
Şekil 3.4. Dişlerin Yerleşim Düzenleri

3.5.2. Diş Aralığı (Hatve)

Testere şeridi üzerinde, birbirini izleyen iki diş arasındaki uzaklığa, hatve denir. Dişler testere şeridinde belli bir hatvede (adım) küçük kesimler biçiminde dizilmiştir. Dizilen dişlerin 1" uzunlukta sayısı hatve ölçüsünü verir. Sert gereçler için diş sayısı çok (adım küçük), yumuşak gereçler için diş sayısı az (adım büyük) alınır.

Metal kesme işlemi için, hatve mesafesi, her bir diş ölçüsü, çaprazlama, parça kesim şekillerine ve kesilecek metalin çeşidine göre belirlenir. Dişler, hatve uzunluğunun sabit ya da değişken olmasına göre şerit üzerine dizilirler. Şekil 3.5

Sabit Dişler; Genel uygulamalarda küçük ve orta kesitli dolu malzemelerin boruların ve platinlerin kesilmesinde kullanılırlar. Uzun talaş çıkaran düşük karbon ihtiva eden çeliklerin orta ve büyük kesitleri ile demir dışı metallerin kesilmesinde pozitif açılı sabit diş hatveli şeritler kullanılır.



a. Sabit Adımlı Diş

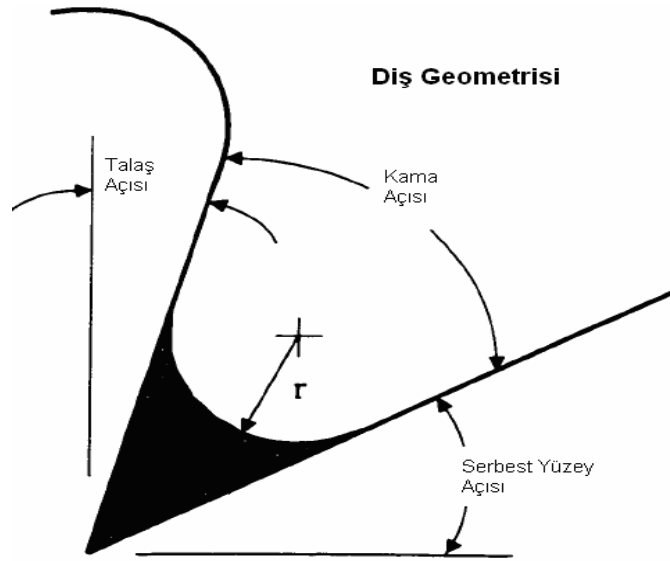
b. Değişken Adımlı Diş

Şekil 3.5. Şerit Testere Diş Adımları.

Değişken Diş; Değişken dişin özelliği hatve ile birlikte diş derinliklerinin de periyodik olarak değişen olmasıdır. Değişik çaplarda malzemeleri aynı şerit ile kesme avantajı sağlarlar. Malzemelerde kesme esnasında oluşan enine ve boyuna olan titreşimi azaltarak düzgün kesim ve az gürültülü ortam oluştururlar.

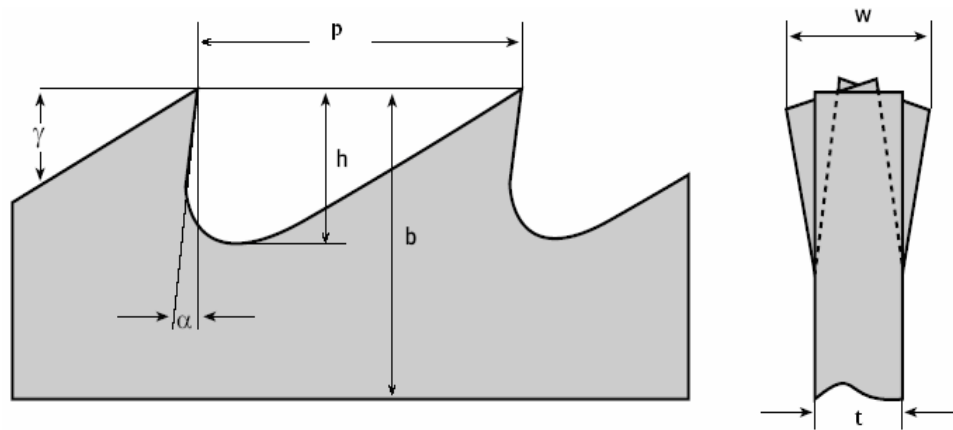
3.5.3. Testere Şeridindeki Diş Geometrisi ve Karakteristikleri

Testere şeridinin dişleri açılırken, uygun değerlerde talaş açısı (γ), kama açısı (β) ve boşluk açısı (α) verilir. Kesme açısı 0° açılı ve pozitif açılı olmak üzere iki çeşittir. 0° kesme açılı diş genel uygulamalarda küçük ve orta kesitli dolu malzemelerin boruların ve platinlerin kesilmesinde kullanılır. Pozitif açılı diş şekli uzun talaş çıkaran çeliklerin orta ve büyük kesitleri ile demir dışı metallerin kesilmesinde kullanılır. Şerit testere diş açıları Şekil 3.6 da verilmiştir.



Şekil 3.6. Şerit Testerede Diş Açıları.

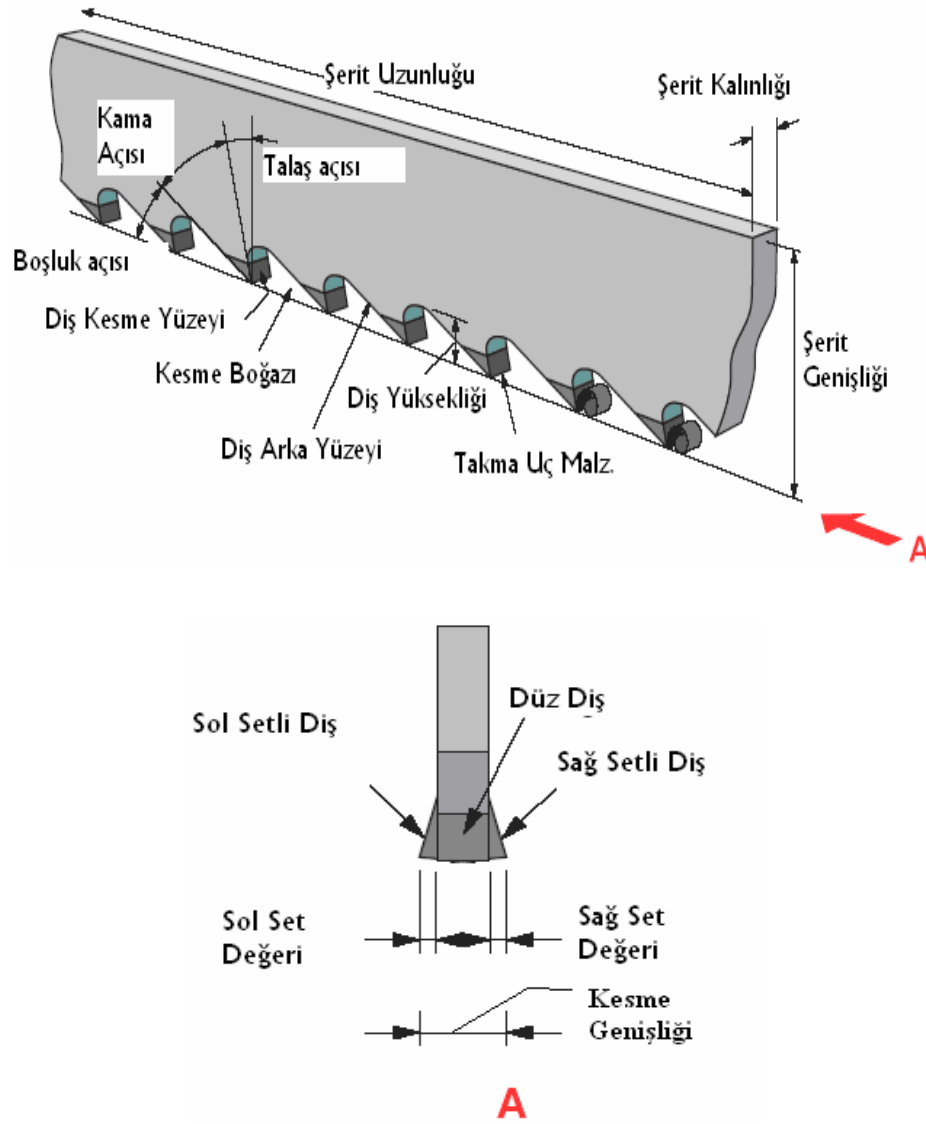
Maksimum kesme performansını ve takım ömrünü sağlayabilmek için diş adımı ve diş geometrisinin önemi büyüktür. Dişin kesme kenarının şekli; takım ömrü, gürültü seviyesi, kesmenin düzgünlüğü ve talaş taşıma kapasitesi gibi faktörleri ve dolayısıyla kesme verimini etkiler (Ünüvar ve Ark. 2005).



Şekil 3.7. Şerit Testere Diş Geometrisi.

Testere tezgahlarında kullanılan testere şeritleri, ana diş boyutları, diş hatvesi, dişlerin yerleşim düzeni kullanılan tezgaha ve kullanım amacına göre çok farklılık arz eder. Genellikle birçok testere şeridi için kesme açıları ve geometrik tanımlar aşağıdaki gibidir.

Şerit genişliği (b), şerit kalınlığı (t), diş yüksekliği (h), hatve (p), kesme genişliği (w) Şekil 3.7 ve 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Şerit Testere Kesiti.

3.6. Şerit Testere İle Kesmede Talaş Kaldırma Mekanikliği

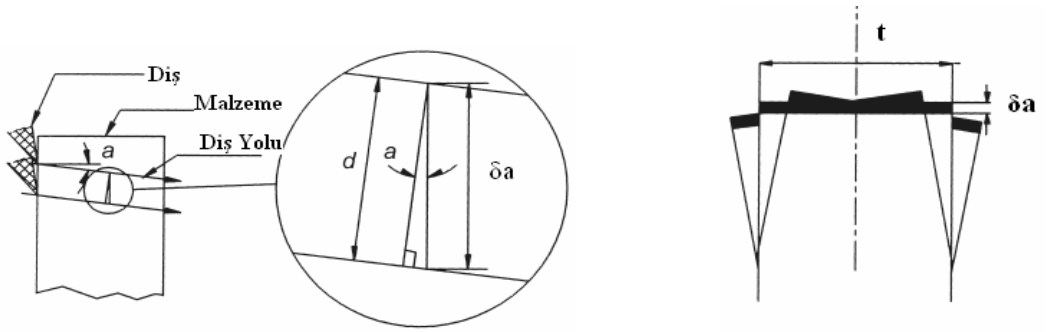
Kesme deneyleri, diş başına ortalama talaş derinliği (δa) ve diş başına ortalama radyal kuvveti (f_z) arasında lineer bir ilişkinin olduğunu göstermiştir. Bu orantı sabiti kesme sabiti (K_e) olarak adlandırılmıştır.

$$K_e = \frac{\delta_a}{f_z} \quad (3.1)$$

Şerit testere ile kesme dişlerin kesme hızı ile radyal ilerleme hızı bileşkesinin doğrultu ve yönünde ilerlemesinin bir sonucudur. Sıfırdan itibaren kesmeye başlayan bir diş, kendi payına düşen talaşı kaldırarak diş başına talaş derinliğine erişir (Şekil 3.11). Testere dişlerinin kesme işlemi ve kesme mekanizması Şekil 3.9'da görülmektedir. Şeritle kesmede diş başına ilerleme veya ortalama talaş derinliği (δa) şöyle ifade edilebilir (Ko ve Kim 1999).

$$\delta_a = \frac{f}{V} \cdot p \quad (3.2)$$

Burada (p) diş adımı, (f) ilerleme hızı ve (V) kesme hızıdır. Şeride belli bir küçük eğim açısı (a) verildiği için (ki bu açı sütunlu testerelede sabit, mafsallı testerelede ise kesme yüksekliğine bağlı olarak değişir) kesme derinliği (δa) yaklaşık gerçek talaş derinliği (d) ye eşittir. Bu halde deforme edilmemiş talaş kesiti (A) şöyle ifade edilir.

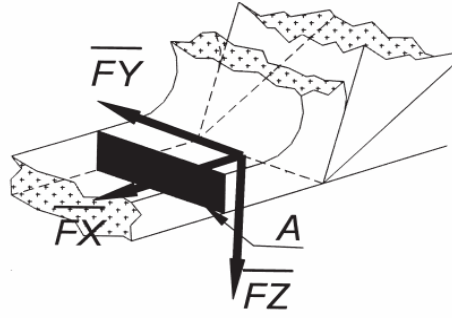


Şekil 3.9. Şerit Testere Kesme Mekanizması (Ko ve Kim 1999).

$$A = \delta_a \cdot t \quad (3.3)$$

Burada (t) şerit kalınlığıdır.

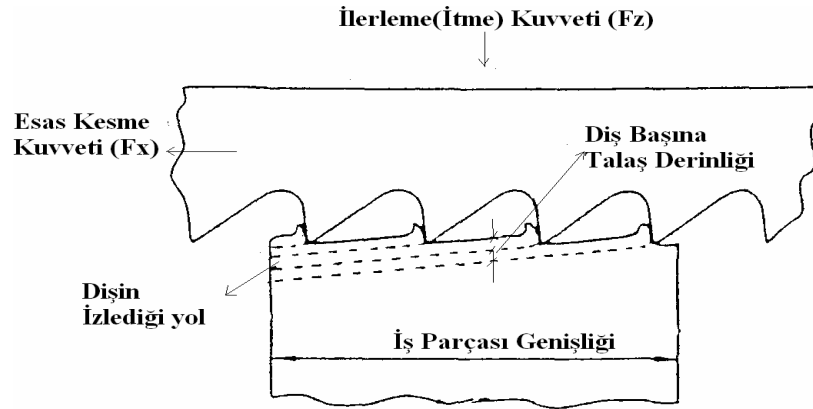
Testere ile kesmede kesme kuvvetleri Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Diş başına ortalama radyal ve teğetsel kuvvet, şerit kalınlığına ve kesmede iş parçası ile temas eden diş sayısına (nt) bağlı olarak yazılabilir.



Şekil 3.10. Kesme Kuvvetleri.

$$f_z = \frac{Fz}{n_t \cdot t} \quad (3.4)$$

$$f_x = \frac{Fx}{n_t \cdot t} \quad (3.5)$$



Şekil 3.11. Şerit Testere ile Talaş Kaldırma Hareketi.

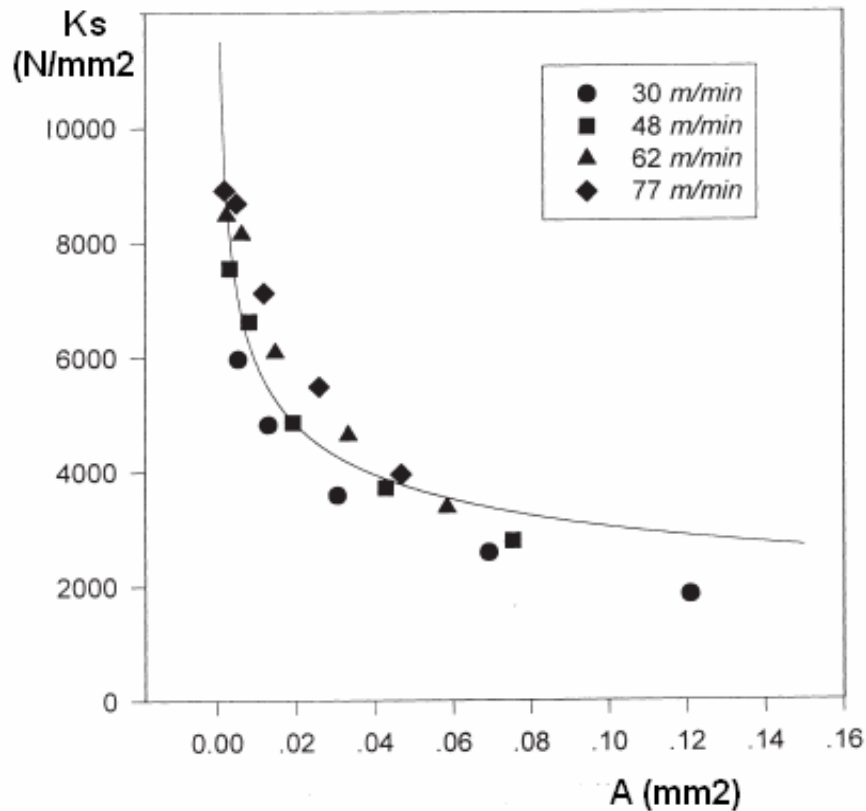
Martellotti (1945), talaş kesit alanına etki eden teğetsel kesme kuvvetinin deforme olmamış talaş kesitine oranının özgül kesme kuvvetine eşit olduğunu ifade etmiştir.

$$k_s = \frac{f_x}{A} \quad (3.6)$$

Ko ve Kim (1999) Kesme hızının 30 / 48 / 62 / 77 m/dk. değerleri için kesme kuvveti sinyallerini ölçmüştür. Özgül kesme kuvvetinin hıza göre değişimini Şekil 3.12.deki gibi gözlemlemiştir.

Şerit testerelerle yapılan deneysel çalışmalarda çaprazlama işlemi simetrik olduğundan, Y-ekseni doğrultusunda oluşan çok küçük kesme kuvveti ihmal edilmektedir.

Kesme sabiti, (K_s) iş parçası malzemesi, iş parçası geometrisi ve şerit karakteristiklerine bağlıdır. Şerit aşınması ile dişin nüfuz etmesi zorlanır. Aşınmış durumda diş için, diş başına ortalama talaş derinliği (δ_a) ve diş başına ortalama itme kuvveti (f_z), artık doğrudan orantılı değildir. Deneysel çalışmalar göstermiştir ki ilk nüfuziyet yükü küçüktür ve 8 N/mm den azdır. Aşınma testleri zamana bağlı olarak efektif kesme sabitinde değişimi tayin etmek için yapılır.



Şekil 3.12. Özgül Kesme Kuvvetinin Hıza Bağlı Değişimi (Ko ve Kim (1999)).

Kesme test verilerini elde etmek için prosedür şu şekildedir. Her uygulanan itme yükü ve kesme oranında, aynı şerit çok sayıda dikdörtgen iş parçasını kesmek için kullanılır. Ölçmeler ortalama itme yükü ve kesme zamanı için alınır ve bu ölçmelerden efektif kesme sabiti tayin edilir. Efektif kesme sabiti kesme zamanı ile azalır. Kesme sabitinin zamana göre değişimi üç farklı bölgede incelenebilir. Birinci bölgede dişin keskinliğinde kayıp nedeniyle kesme sabiti kesme başlangıcında hızla azalır. İkinci bölgede kesme sabitinin zamana göre değişimi lineerdir. Üçüncü bölge çok küçük efektif kesme sabiti ile karakterize edilir ve diş yüksekliğinde hızlı bir kayba karşılık gelir. Şerit testere ile kesmede ortalama itme yükü aşağıda verilen ifade ile bulunur (Ünivar ve ark. 2005).

$$f_z = \frac{F_z}{B.t.p} \quad (3.7)$$

$$n_t = B.p \quad (3.8)$$

Burada F_z iş parçası ile şerit arasında etkiyen toplam ani itme yükü, (n_t) iş parçası ile temastaki diş sayısıdır. (3.7) ve (3.8) denklemleri şerit testerenin her diş başına eşit kesme derinliği aldığı kabulüne dayanır. Diş başına ilerleme kuvveti toplam itme kuvvetinin temastaki diş sayısına bölünmesi ile bulunur.

Diş başına ilerleme;

$$f_z = \frac{A_s.p}{l.V .10^3} = \frac{f.l_b}{V .10^3.z_w} \quad (3.9)$$

f_z : Diş başına ilerleme (mm/diş)

$A_s = f.l$: Özgül kesme alanı (mm^2 / dak)

p : Diş hatvesi (mm)

l : Kesme uzunluğu (mm)

V : Kesme hızı (m/dak)

f : İlerleme hızı (mm/dak)

l_b : Şerit uzunluğu (mm) (Şekil 2)

Z_w : Şerit diş sayısı

Diş başına esas kesme kuvveti;

$$f_x = A.K_e = t.f_z.K_e \quad (3.10)$$

f_x : Diş başına asıl kesme kuvveti (N)

A: Talaş kesiti (mm²)

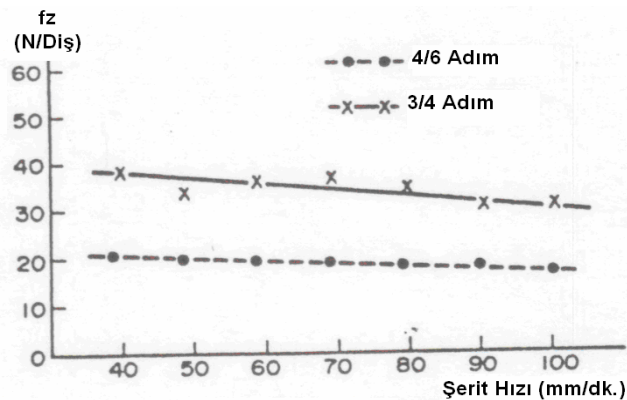
t: Kesme genişliği (mm)

f_z : diş başına talaş kalınlığı (ilerleme)

şeklinde ifade edilir.

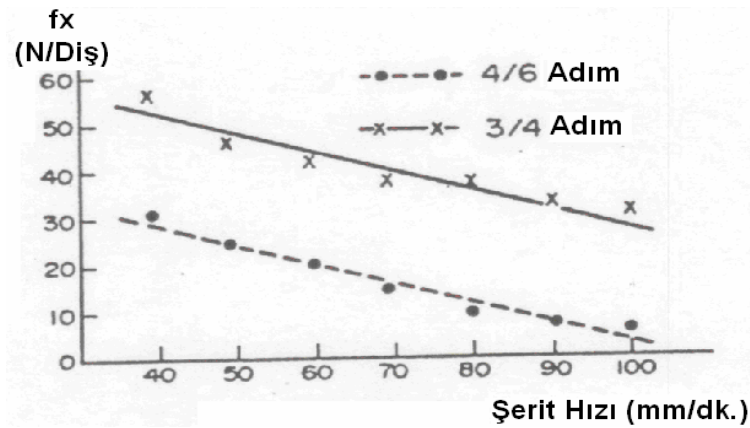
Şeritli testerelede kesme, talaş kaldırma yöntemlerinden boşaltma işlemi ile karşılaştırılabilir ve diş geometrisi torna kalemlerine benzer geometriye sahip olmasına karşın belirli farklılıkları vardır. Örneğin kesme derinliği diğer talaş kaldırma yöntemlerinde olduğu gibi önceden ayarlanamaz ve kontrol yalnızca iş parçası ile şerit testere arasına uygulanan yük üzerinden yapılabilir. Her bir diş tarafından kaldırılan metal miktarı uygulanan basıncı iş parçasına şerit testerenin ne kadar iyi ilettiğine, ayrıca dişlerin nüfuziyet yeteneğine bağlıdır. Testere ile kesme işleminde oluşan kuvvetlerin be nedenle diğer talaş kaldırma yöntemlerinden daha fazla öneme sahiptir.

Literatürdeki çalışmalarında kesme hızı arttıkça diş başına itme ve asıl kesme kuvvetlerinin azaldığı Şekil 3.13, 3.14, 3.15, 3.16. da gözlemlenmiştir.

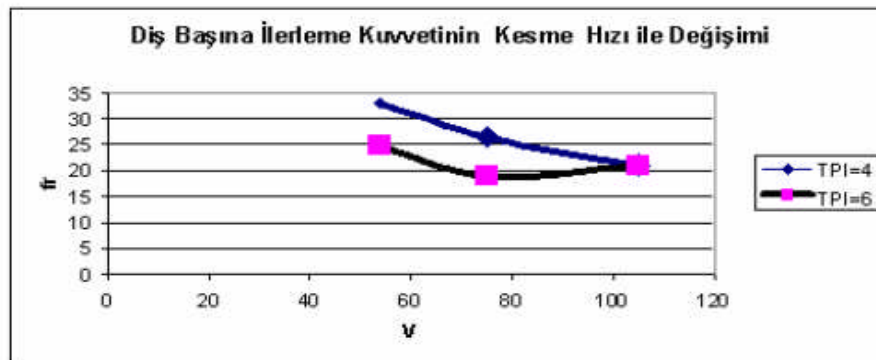


Şekil 3.13. Diş Başına İtme Kuvvetinin Hıza ve Diş Adımına Bağlı Değişimi (Ahmad ve ark.1987).

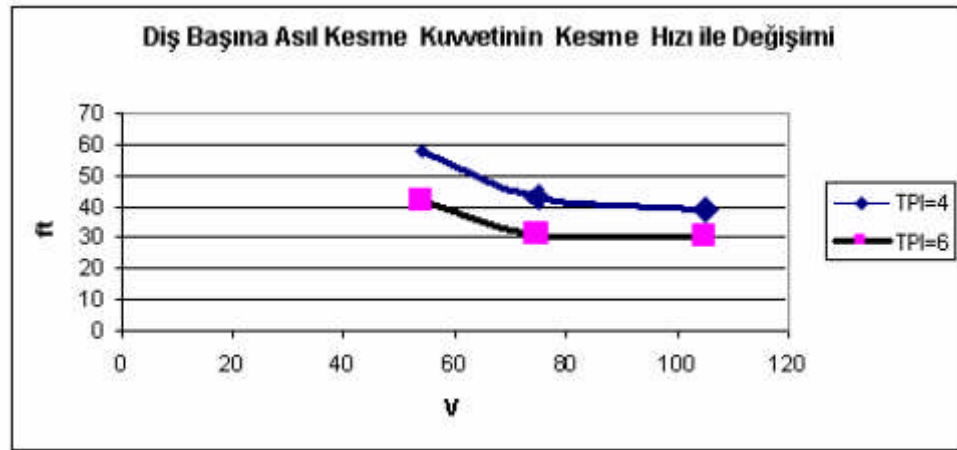
Bu kayma açısının artması dolayısıyla kesme oranının azalması nedeniyledir. Bunun sonucu olarak talaş kaldırma için gerekli olan enerjide bir azalma olur. Bunun sebebi daha az kesitle talaş kaldırma ve ısınma sebebiyle kesmenin kolaylaşmasıdır. Talaş kaldırmadaki temel mekanizma, kayma gerilmesinin malzemenin bir özelliği olduğu ve talaş kaldırma esnasında sabit kaldığını gösterir. Kayma uzaması ise, kesme hızının bir fonksiyonu olarak azalır. Bu nedenle bir metal hacmini kaldırmak için gerekli kayma enerjisi kesme hızı artarken azalır. Relatif azalma nisbeti, kesme sabitinin değişme derecesinin bir ölçüsüdür. Testere kesme hızında artma ile eşleşik kesme sabitinde azalma, diş başına kesme derinliğinde azalmayı gösterir. Kesme sabitinde bu azalma birim kalınlık ve diş başına itme kuvvetinde azalmadan daha önemlidir (Ünüvar ve ark. 2005).



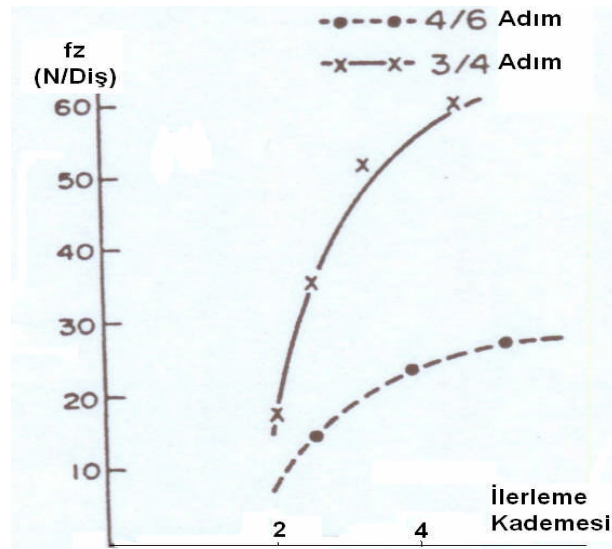
Şekil 3.14. Diş Başına Kesme Kuvvetinin Hıza ve Diş Adımına Bağlı Değişimi (Ahmad ve ark.1987).



Şekil 3.15. Diş başına asıl kesme kuvvetlerinin kesme hızı ile değişimi 62 mm/dk İlerleme hızı ve Ç1040 malzeme için (Ünüvar ve ark. 2005).



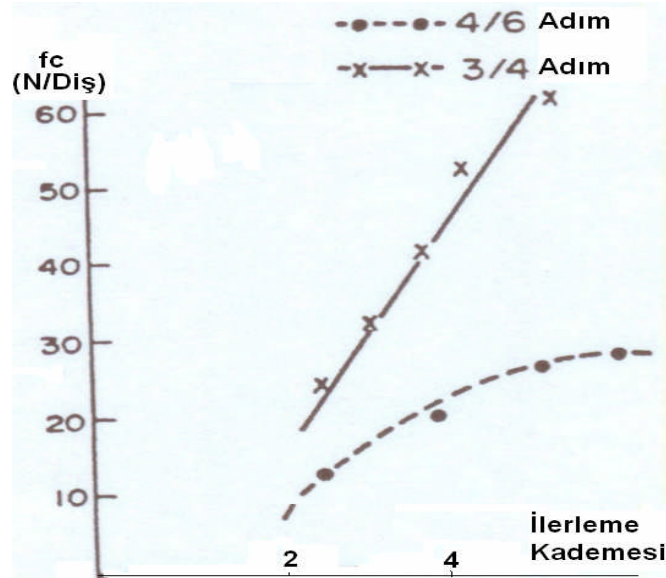
Şekil 3.16. Diş başına İtme kuvvetlerinin kesme hızı ile değişimi 62 mm/dk İlerleme hızı ve Ç1040 malzeme için (Ünüvar ve ark. 2005).



Şekil 3.17. Diş Başına İtme Kuvvetinin İlerleme ve Diş Adımına Bağlı Değişimi (Ahmad ve ark.1987).

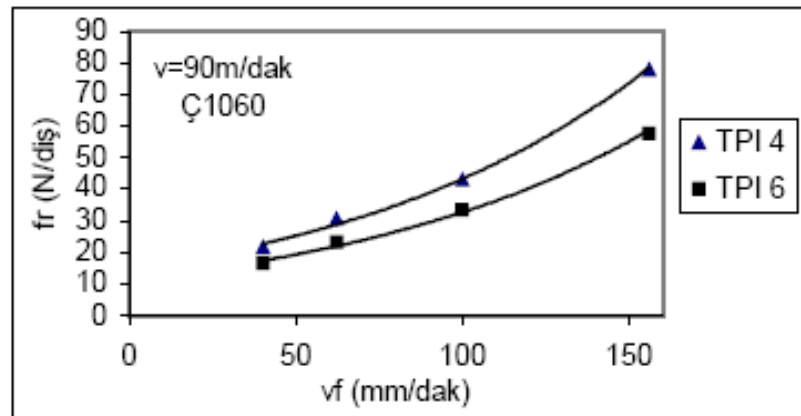
Kesme hızında artma kuvvetleri azaltırken, kesme oranında (birim zamanda testere ile kesilen alanda) önemli bir iyileştirme sağlamaz.

İlerleme hızında artma diş başına itme kuvveti ve asıl kesme kuvvetinde önemli bir artma meydana getirdiği yapılan çalışmalarda gözlemlenmiştir. Şekil 3.17, 3.18, 3.19, 3.20. de literatür çalışmalarını sonuçları verilmiştir.

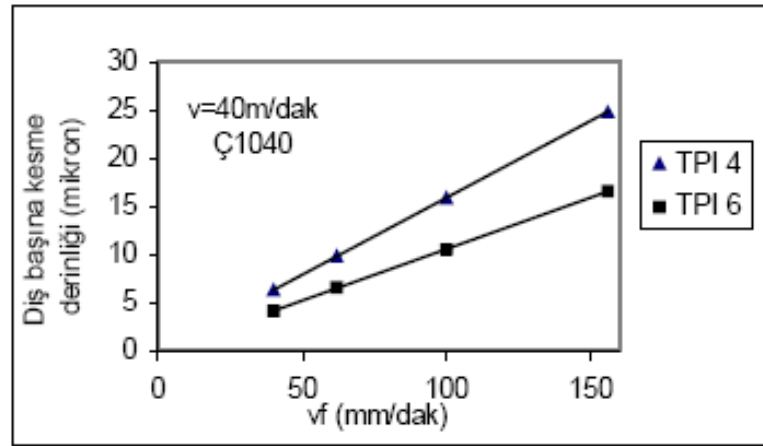


Şekil 3.18. Diş Başına Esas Kesme Kuvvetinin İlerleme ve Diş Adımına Bağlı Değişimi (Ahmad ve ark.1987).

İlerleme hızında artma aynı zamanda diş başına kesme derinliğinde artmaya neden olmaktadır. Kesme oranında ilerleme hızında artmayla önemli bir değişme görülmemiştir. Şerit ile iş parçası arasına uygulanan yük artırıldığı zaman, her diş daha büyük talaş yükünü almaya zorlanırken şerit nüfuziyet kabiliyeti iyileşir (Ünüvar ve Ark. 2005).



Şekil 3.19 İlerleme hızı ile diş başına radyal kuvvet değişimi (Sağlam ve ark. 2003).

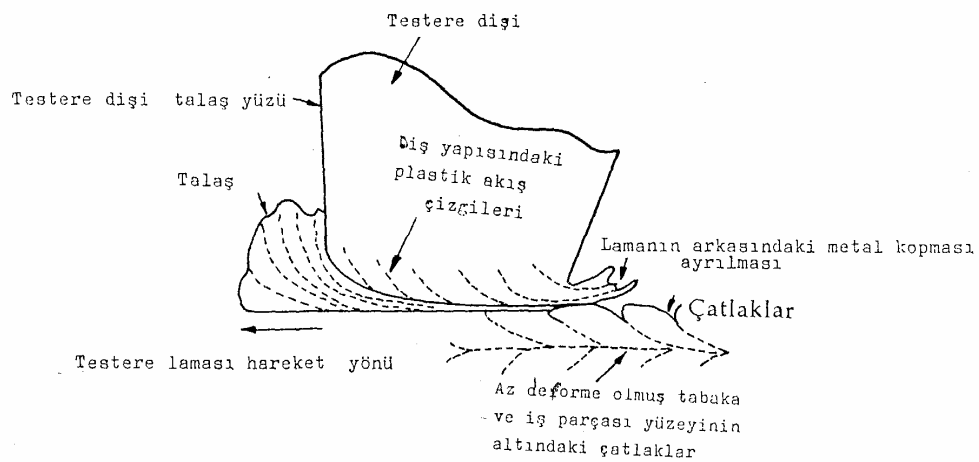


Şekil 3.20 İlerleme hızı ile diş başına teğet kuvvetin değişimi (Sağlam ve ark. 2003).

3.7. Aşınma Mekanizması

Aşınma prosesleri ve mekanizmaları şu şekilde sınıflandırılabilir;

- i) Yüksek sıcaklıkta kayma ile plastik deformasyonu.
- ii) Kesme kenarının plastik deformasyonu.
- iii) Difüzyon aşınması.
- iv) Adezyon-aşınması.
- v) Abrezif aşınması.



Şekil 3.21. En44E Çeliği Aşınma Testlerinin Mikroskop incelemeleri (Ulusoy 1999).

Aşınma şeridi boyunca ve kesme kenarına yakın dişlerde akış çizgilerinin varlığı, yüksek sıcaklıkta kayma ile dişlerde meydana gelen plastik deformasyonun açık göstergesidir. Durum Şekil 3.21 de gösterilmiştir (Ulusoy 1999).

3.7.1. Testere Dişlerinin Aşınması

Testere dişleri, kesim sırasında oluşan sürtünme ve sıcaklık sonucu aşınır. Bu aşınma sonucunda:

- a) Diş profilinin uç geometrisi, boşluk açısı ve talaş yüzeyi değişir. Yani testere körleşmiş olur,
- b) Aşınan dişler, aşırı yüklerle zorlanmış olur,
- c) Aşınan dişlerde ısı normalden fazla artar, diş profili bozulur ve sonuçta kendinden beklenen görevi yapamaz hale gelir.

Kesilecek malzemeye göre olması gerekenden daha yüksek kesme hızının verilmesi veya ayrıca testere ile iş parçasının rijit bir şekilde birbirine bağlanmamış olması halleri testerenin normalden fazla aşınmasına sebep olmaktadır. Aşınma, dişlerin talaş yüzeyi ve serbest yüzeyinde birlikte meydana gelebildiği gibi, sadece bunlardan birinde ayrı ayrı da meydana gelebilmektedir.

4.YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ

Günümüz rekabetçi ortamında, başarılı olabilmek için bilgi yoğun sistemlerin kullanılması artık kaçınılmaz hale gelmiştir. Bilgi yoğun sistemler organizasyonun amaçlarına ulaşmasını sağlayan ve özellikle rekabet gücünün artmasına neden olan doğru karar vermede önemli bir unsurdur. Sanayi toplumları yerini bilgi çağında bilgi toplumlarına bırakmaktadır. Başlangıçta sanayi toplumları için makineler ne kadar önemli idi ise bugünde bilgi toplumları için bilgi ve bilginin kullanılması o kadar önemlidir. Bilginin doğru ve amaçlara uygun olarak kullanılması ancak bilgi teknolojisinin ortaya çıkarttığı metot ve yöntemlerin kullanılması ile gerçekleşebilir.

Yapay zeka, bilgi teknolojisinin günümüzde en önemli yaklaşımlarının başında gelmektedir. Artık yapılan çalışmalar sadece laboratuvar düzeyinde kalmayıp endüstriyel ve sosyal hayatta da etkin olmaya başlamıştır.

Son zamanlarda özellikle imalat sistemlerinde yoğun bir şekilde yapay zeka tekniklerinin uygulanmaya başlandığını görmek mümkündür. Yapılan çalışmaların başarılı olması doğru tekniğin doğru iş için doğru yerde kullanılmasına bağlıdır. Sistematik yaklaşım sayesinde hem maliyetlerin düşmesi hem de etkinlik ve verimliliğin artması sağlanacaktır. Günümüzde geliştirilen birçok sistem bunun doğruluğunu göstermektedir (Öztemel 1999).

Yapay zeka teknolojisini ve sağlayacağı faydaları iyice anlayabilmek için ortak bir tanımın yapılması veya geleneksel bilgi işleme tekniklerinden farkının ortaya konulması gerekmektedir. Yapay zekanın tanımlanmasından herkesin üzerinde anlaştığı bir tanım olmadığı gibi geleneksel programlardan farkını ortaya koyabilmek için kesin olarak çizilmiş bir sınır da yoktur. Fakat yapılan bütün tanımların ortak noktası, bu sistemlerin insan zekasına dayanan problemleri çözebilmek için zeki davranışlar üreten bilgisayar sistemleri olduklarıdır. Zeki davranış kavramını, herkes bulunduğu disipline göre yorumlamakta ve bu da farklı tanımların doğmasına neden olmaktadır.

Yapay zeka sistemleri:

*Daha çok karar verme, problem çözüme, yorumlama, planlama ve kontrol gibi insanların zekalarının kullanımını gerektiren işlerde kullanılırlar.

* Nümerik bilgiler yerine sembolik bilgileri işlerler.

*Belirli algoritmalar kullanarak problemleri çözmek yerine sezgisel yaklaşımlarla problemleri çözerler.

* Eksik ve belirsiz bilgileri işleyebilme özelliğine sahiptirler.

*Bilinen teknikler ile matematiksel modeli kurulamayan problemlerle uğraşırlar.

*Öğrenebilme yetenekleri vardır.

* Hata yapabilirler.

Bunlardan en sonuncusu ilginç bir özelliktir. Sistem bilgi yoğun çalıştığından verilen bilgilerin doğru olmaması durumunda hatalı sonuçlar elde edilmesi söz konusu olacaktır. Yalnız burada şunu belirtmek gerekir. Bu programlar hata yapıları diye geliştirilmezler. Hata olarak ortaya çıkan durum aslında geliştirenler açısından hata sayılmaz çünkü onların bilgileri sezgisel yaklaşımları bunu gerektirmektedir. Dolayısıyla bilgi ve onun işlenmesi sonucu zeki davranışlar ortaya çıkmıştır. Zaten Yapay Zekayı tanımlamaktaki güçlükte burada yatmaktadır. Bir de bunlara Yapay Zekanın kendisinin çok yeni ve genç bir bilim dalı olması eklenirse, ortaya fizik ve kimya gibi olgunlaşmış metot ve yöntemlerin çıkmamış olması bu tanımlamayı daha da zor kılmaktadır. Bu nedenlerden ötürü belki de bir tanım yapmak yerine araştırmacılar dikkatleri daha çok Yapay Zekanın ilgi alanlarına, hedeflediği amaçlara, kullandığı tekniklere, geliştirilmek istenen metotlara çekmektedirler.

Yapay Zeka, bilgi organizasyonu, öğrenme, problem çözümü, teorem ispatlama, bilimsel buluşların modellenmesi, ses ve şekil tanıma, oyunlar, bilgi gösterimi, yorum yapma, algılama, doğal dil anlama ve zeki bilgisayar sistemleri tasarlama ile ilgilenen bir bilim dalıdır. Yapay Zeka psikolojiden bilgisayar mühendisliğine birçok disiplin ile ilişki halindedir. Dolayısıyla yapay zekayı birçok

açıdan ele alabiliriz. Ancak hepsinin bir ortak noktası vardır. O da " O ve ya bu şekilde bilgisayar ile zeki davranışın özleştirilmesi" dir (Öztemel 1997).

O halde Yapay Zeka; bir bilgisayar kontrollü makinanın, genellikle insana özgü nitelikler olduğu varsayılan akıl yürütme, anlam çıkartma, genelleme ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi yüksek zihinsel süreçlere ilişkin görevleri yerine getirme yeteneği olarak tanımlanabilir (Bernold 1985).

4.1. Yapay Zeka'nın Temel Özellikleri

Yapay Zekanın ulaştığı alanlar sınırsızdır. Bir Yapay Zeka programının özelliği her şeyden önce "Klasik" enformatikte de olduğu gibi sayılardan çok sembolik enformasyonları kullanmasıdır. Bu enformasyonlar, kavramları, nesnelere düşünürken bir insanın göz önünde bulundurduğu olguların ayrılarını temsil eder. Bu, sayısal işlem yöntemlerinin kullanılmasını dışlamaz, ancak sonuçların işlenmesi genellikle sembole dayalı olarak yapılır. Buna göre tıbbi teşhise yarayan bir sistem 38,2 santigrat derece sayısal değerinden hastanın hafif ateşli olduğu sonucunu çıkartacaktır.

Yapay Zekada bulunan ikinci bir kavram da klasik algoritma metotlarının tersine "tecrübeye dayalı bilgi" metotları kavramıdır. Program yapmak için belli bir programlama dilinde kodlanmış olan algoritma, verilmiş bir problemi çözmeye yönelik işlemler dizisinin eksiksiz betimlemesinden oluşur. Tecrübeye dayalı bilginin gerekirci olmayan yolları izleyen ve başarının garantili olmadığı ancak "çalıştığı" zaman genellikle işlem süresinde büyük tasarruf sağlayan bir çözüm yolunu denemesi gerekiyor.

Formal integral türünde bir problemin insan tarafından çözümlenmesi genellikle şöyle bir yol ortaya koyar. İntegralin tipine göre bir değişken değişikliği denir, sonra gerekirse bir başkası ve ya ilk deneme, problemin sadeleşmesini sağlamadıysa bölümler halinde bir başka integrasyon denir. Bir problemin çözümünün tecrübeye dayalı bilgi araştırması sadece en çok umut vaat edenleri göz önünde bulundurmaya üzere çözüm yollarının tamamının "kısaltılmasından" ibarettir.

Yapay Zekada tecrübeye dayalı bilgi kullanımını çok sık görülür. Geleneksel algoritma metotları ile çözülmeyen iki problem sınıfını ele alma olanağı verir.

-İnsanların, çeşitli etkinlik alanlarında çok yaygın olan ve bilinen algoritmik çözümü olmayan problemleri algılama, karar verme ve anlaması.

-Eldeki enformatik olanaklar ile algoritmik çözümü büyük karmaşıklık yaratan problemleri (Tipik örneği oyunlar, özellikle de satrançtır) ele alır.

Yapay Zekanın bir başka özelliği de işlenen verilerin ve bilgilerin eksik, yanlış ve hatta çelişkili olduğu durumlarla yetinmesidir. Bir insan için örneğin tıpta, iş idaresinde, bankacılık sektöründe vb. böyle gündelik durumların söz konusu olduğunu belirtmek gerekir. Yapay Zeka çok çetin bir problemi tamamen çözmese de etkili metotlar geliştirir.

Önemli bir Yapay Zeka kavramı da bilgidir. Başlangıçta araştırmacıların problemlerin çözümlenmesi için genel metotlar bulmaya çalışmalarına karşın, günümüzün Yapay Zekası az sayıda ve iyice sınırlanmış alanlarda, bu alanlara özgü çok miktardaki bilgiye dayanarak problemleri çözebilen sistemleri anlamakla yetiniyor. Bu bilgiler bir programlama dilinde prosedürler biçiminde kodlandıkları zaman doğal biçimlerine daha yakın olarak, Yapay Zeka Sistemine katkıda bulunurlar.

Zeki benzetim ortamları her zaman ve her yerde uygulanabilen sistemler olup, gerek maliyetlerin yüksekliği veya uygun ortamların olmayışı, gerekse teknolojik ve politik kısıtlardan dolayı yerine getirilemeyen gerçek eğitim, öğretim ve tatbikatların benzetim yolu ile yerine getirilmesini sağlar. Eğitim amacı ile gerçek ortamları ve insanları kullanmak hem pahalı hem de bazı durumlarda tehlikelidir. Alınan kararlar nedeni ile sonuçta olumsuz kararların tehlikeli sonuçlar doğuracağı durumlarda da gerek olaylar üzerinde eğitimin yapılması, savaş esnasında askerlerin eğitilmesi, firmaların çok önemli finansal kararlarını, aldıkları durumlarda tecrübesiz insanlara karar verdirmek çok kötü sonuçlar doğurabilir. Bu gibi durumlarda zeki benzetim ortamlarının öğretimde kullanılması da gelecekte önemli yapay zeka araştırma konularından birisi olacaktır. Acaba Ankara Savaşı'nda Yıldırım Beyazıt

farklı kararlar alsaydı savaşın sonu nasıl olurdu? Bu sorunun cevabını bulmak neden mümkün olmasın? Aynı şekilde ekonomik krizlerin, polisiye simülasyonların, acil servislerin üzerine binlerce insana gerek duymaksızın benzetim yolu ile eğitimi neden yapılmasın? Bugün gelişmiş toplumlarda yapay zeka araştırmacılarının yönlendiği noktalar bunlardır.

Yapay zekanın en çok gelişme gösterdiği alanlardan birisi de robot teknolojisi. Su altında, nükleer santrallerde, tehlikeli ortamlarda robotlardan istifade etmek mümkündür. Bu robotların işlevleri insana yakın davranışları gösterebilmeleri ile ölçülebilmektedir. Yani robotların çevrelerindeki olayları algılamaları onları bir muhakeme mekanizmasından geçirmeleri ve neticede kendi aktivitelerini kendi başlarına belirlemeleri gerekmektedir. Bunun için mümkün olduğu kadar esnek olmaları lazımdır. Bu konuda gelişmeler oldukça güven vericidir. Günümüzde robot olimpiyatları yapılmakta ve sergilerle zeki robotlar insanlara tanıtılmaktadır. Bu başarılı çalışmalar neticesinde artık araştırmalara birden fazla robotun birbirleriyle etkileşimli halde, birbirine yardım edecek şekilde çalıştırılabilmeleri yönünde devam etmektedir.

Makina öğrenmesinde ise çalışmalar daha çok yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, açıklama tabanlı öğrenme, karar ağacı tabanlı öğrenme metodlarında devam etmektedir. Burada şu noktaya dikkat çekmek gerekir, o da makine öğrenmesinde çalışmaların daha çok teorik baz da olduğu ve uygulamaya yönelik çalışmaların kendisini yeni yeni göstermeye başladığıdır. Daha çok tasarım ve konfigürasyon, planlama, ses ve görme, kontrol, tahmin ve hataların ortaya çıkartılması gibi konularda uygulamalar görülmekle beraber bu konularda araştırmacıların pratiğe dönük çalışmalar sergilemeleri bu sistemlerin yaygın hale gelmesinde önemli olacaktır.

Doğal dil işleme aslında yukarıda anlattığımız birçok olayda önemli bir faktör olarak gözükmektedir. Özellikle bilgi sistemlerinin insanlara kendi konuştukları dilde bilgileri sunabilmesi çok önemlidir. Yazı dikte etme, ses tanıma ve işleme farklı dillerden birbirine tercüme etme elektronik mektupları ve telefonları filtreleme optik

karakter tanıma gibi konularda yapay zeka tekniklerinin başarılı sonuçlarını görmekteyiz.

Yapay zeka teknolojisinde bugün oldukça fazla sayıda yaklaşım görmek mümkündür. Bunlardan en yaygın olanları ve özellikle imalat sektöründe başarılı uygulamaları görülenler şunlardır:

- Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı,
- Bulanık Mantık Yaklaşımı,
- Genetik Algoritma,
- Bilgi tabanlı uzman sistem yaklaşımı,
- Benzetilmiş Tavlama (Simulated Annealing),
- Hybrid Algoritmalar,
- Nesne Tabanlı (Object-Oriented) Programlama,
- Coğrafi Bilgi Sistemleri(GIS),
- Karar Destek Sistemlerinin Gelişimi,
- Esnek Programlama (Soft Computing)
- Karıncalar Kolonileri
- Veri Madenciliği'dir.

Bu teknikler, her hangi bir sınırlama olmamakla birlikte pratik hayatta en çok, yorumlama, tahmin etme, teşhis/tanı, tasarım, planlama, gözlem, tamir, talimat oluşturma ve kontrol fonksiyonlarını gerçekleştirmek için kullanılırlar.

4.2. Yapay Zeka Yöntemleri

Yapay Zeka yöntemlerinden tez çalışmasında kullanılan Yapay Sinir Ağları (Neural Network) ve Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) hakkında bu bölümde temel bilgiler verilmiştir.

4.2.1. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA) giriş(ler)i ve çıkış(lar)ı olan basit ve birbirleri ile sıkı bir şekilde ilişkilmiş işlem elemanları olup insan beynindeki hücrelerin çalışma prensibini modelleyen bir bilgisayar sistemidir. Geleneksel programlama yöntemleri ile çözülemeyen bir dizi problem Yapay Sinir Ağları ile çözüm bulabilmektedir.

YSA, olayların örneklerine bakmakta onlardan ilgili olay hakkında genellemeler yapmakta, bilgiler toplanmakta ve daha sonra hiç görmediği örneklerle karşılaşınca öğrendiği bilgileri kullanarak o örnekler hakkında karar vermektedir. Bundan 15–20 yıl önce böyle bir şeyin olacağını söylemek mümkün değildi. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle, YSA araştırmacıların dikkatini çekmiş ve günlük hayatın bir parçası olmuştur. Eski bilgileri öğrenme, paralel işleme, yeni bilgiler türetme ve keşfetme yetenekleri, yaygınlaşmalarında önemli rol oynamıştır. YSA, insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır (Elmas 2003).

4.2.1.1. YSA Temel Yapısı

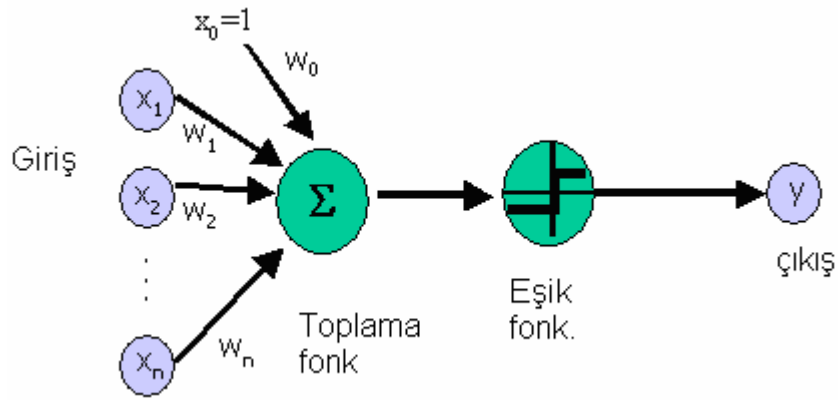
YSA birbirlerine bağlı çok sayıda işlem elemanlarından oluşmuş, genellikle paralel işleyen yapılardır. YSA birbirlerine bağlı çok sayıda düğümden oluşmaktadır. YSA' da insan beyni gibi öğrenme hatırlama ve genelleme yeteneğine sahiptir.

En basit ve genel bir YSA hücresinin 5 temel elemanı vardır. Bunlar Şekil 4.1'de gösterilmiştir ;

a) Girdiler; Bir YSA hücresine dış ortamdan gelen bilgilerdir. Ağın öğrenmesi sırasında örnekler girdi olarak ağa verilir. Bir hücrenin girdisi dış dünyadan olduğu

gibi diğer bir hücrenin çıkışı da olabilir. Bazı ağlarda kendi çıkışından geri besleme dahi yapılabilir. Girdiler (x_1, x_2, x_3, \dots) olarak gösterilebilir.

b) Ağırlıklar; Ağırlıklar bir yapay hücreye gelen bilginin önemi ve hücre üzerindeki etkisini gösterir. Girdi üzerindeki ilgili ağırlığın bir etkisi vardır. Ağırlıkların büyük olması önemli düşük olması önemsiz anlamına gelmez. Ağırlıklar değişken ya da sabit değerler olabilir. Ağırlıklar (w_1, w_2, w_3, \dots) olarak gösterilebilir.



Şekil 4.1. YSA Temel Elemanları.

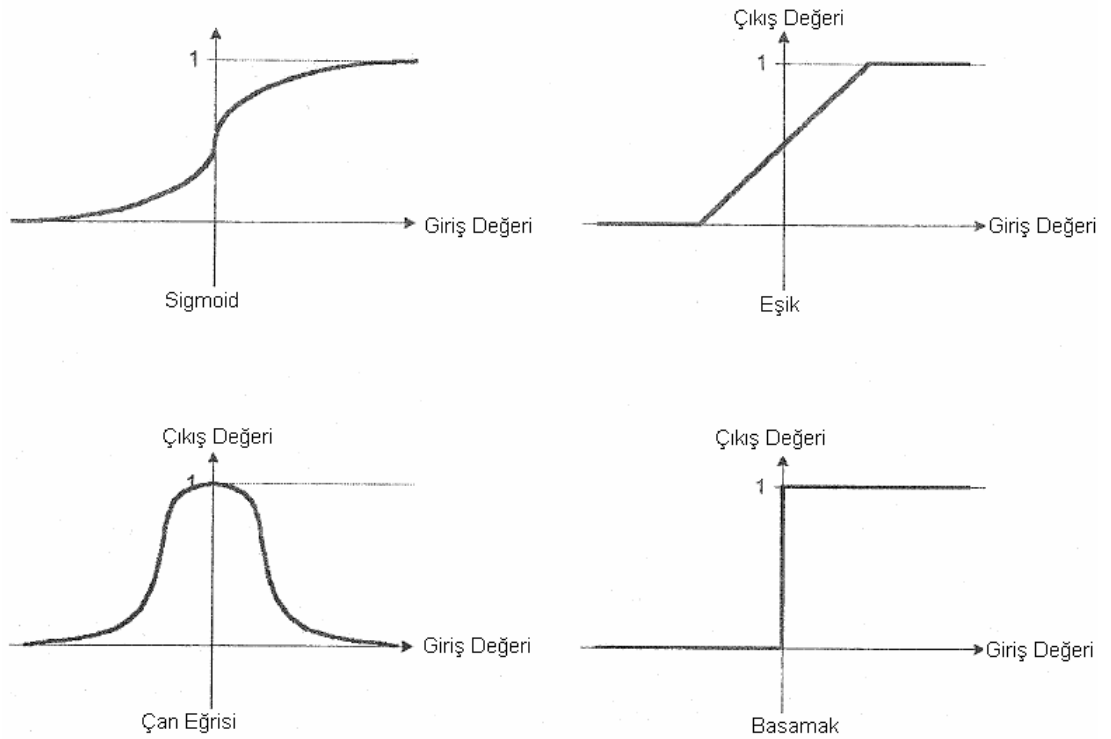
c) Toplama Fonksiyon: Bu fonksiyon, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Bunun için değişik fonksiyonlar kullanılmaktadır. En yaygın kullanılanı ağırlıklı toplamı bulmadır. Burada her gelen girdi değeri kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanır. Böylece ağa giren *NET* girdi bulunmuş olur. Bu şu şekilde yazılabilir.

$$NET = \sum_i^n X_i.W_i \quad (4.1)$$

Burada X_i girdileri W_i ise ağırlıkları, n ise bir hücreye gelen toplam girdi sayısını göstermektedir. Literatürde YSA toplama fonksiyonu olarak değişik fonksiyonlar kullanılabilir. Bazı durumlarda gelen girdilerin değeri dikkate alınırken, bazı durumlarda gelen girdilerin sayısı önemlidir. Bir problem için en uygun toplama fonksiyonunu belirleyen bir metot mevcut değildir.

d) Aktivasyon (Eşik) Fonksiyonu: Hücrelere gelen NET girdileri işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonu olarak da çıktıyı hesaplamak için değişik formüller kullanılır. En uygun formül tasarımcı denemelerinden çıkarılabilir. Günümüzde en yaygın kullanılan model çok katmanlı algılayıcılardır. Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu şu şekilde ifade edilmektedir.

$$f(\text{NET}) = \frac{1}{1 + e^{-\text{NET}}} \quad (4.2)$$



Şekil 4.2. Farklı Eşik fonksiyonu Grafikleri.

Burada NET proses elemanına gelen NET girdi değerini göstermektedir. Bu değer toplama fonksiyonunu kullanılarak bulunur. Aktivasyon fonksiyonu olarak lineer fonksiyon, step fonksiyonu, sinüs fonksiyonu, eşik değer fonksiyonu, hiperbolik fonksiyon, tanjant fonksiyonu vs. kullanılmaktadır. Bu fonksiyonlardan bazılarına ait grafik Şekil 4.2'de verilmiştir.

e) **Hücrenin Çıktısı:** Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Üretilen çıktı dış dünyaya veya başka bir hücreye gönderilir. Hücre kendi çıktısını kendine girdi olarak da gönderebilir. Bir hücrenin tek bir çıktısı vardır fakat aynı değer birden fazla proses elemanına girdi olarak gönderilebilir.

Yapay sinir hücreleri bir araya gelip YSA'yı oluşturmaktadır. Hücrelerde girdi, ara(gizli) ve çıkış katmanları bulunur. Giriş katmanlarında dış ortamdan bilgiler alınıp ara katmana transfer edilir. Ara katmanda ise bilgiler işlenip çıkış katmanına gönderilir. Bir hücrede birden fazla ara katman bulunabilir. Ara katmandan gelen bilgilerin işlenip ağına girdi katmanına sunulan girdi örneğini üretmesini sağlayan katman çıkış katmanıdır. Üretilen çıkış dış dünyaya ya da bir hücreye geri besleme girişi olarak gönderilir. Her katmanda birbirine paralel elemanlar söz konusudur. Ağdaki ağırlık değerleri öğrenme sırasında belirlenmektedir.

YSA'nın genel çalışma prensibi bir girdi seti örneğini ağa vererek bunu çıktı setine dönüştürmektir. Ağına kendisine gösterilen girdilere uygun doğru çıktıları üretebilmesi ağına eğitilmesi ile gerçekleştirilir. Ağa verilecek örnekler öncelikle bir vektör haline getirilir. Bu vektör ağa gösterilip ağına düğüm noktaları arasındaki ağırlıkları bulması sağlanır. Bu ağırlıklar ile çıktı vektörü istenen hata oranında veya iterasyon sonucunda bulunur. Örnekler değiştirilerek ağına ağırlıklarının yenilenmesi ve doğru çıktıyı her zaman vermesi işlemi eğitime olarak adlandırılır. Girdi vektörü çeşitli nümerik değerler çıktı vektörü ise girdi vektörünün sınıfını gösterir. Eğitim işlemi çeşitli algoritmalarla istenen toleransta tamamlandıktan sonra ağına görmediği örnek vektörü ağa verilip test işlemine geçilir. Ağ daha önce görmediği bu örnek dataları sınıflandırma, tanıma, tamamlama, kontrol v.s. amaçlı kullanılır. Test işleminde de çeşitli algoritmalar vardır. İstenen toleransta hata değerine ulaşırsa test işlemi kendiliğinden sonlandırılır.

Yapısında yeterli sayıda hücre bulunduran YSA, eğitim sürecinden sonra bilgiyi küçük bir hata ile öğrenir ve genelleme yapabilir. Giriş katmanında modellenmesi istenen sistemin giriş sayısı kadar, çıkış katmanında sistemin çıkış sayısı kadar hücre kullanılır. Gizli katmanlardaki hücre sayısı probleme göre değişip,

belirli bir sınırı henüz bulunamamıştır. Ancak gizli katmanlardaki hücre sayısının fazla olması modellemenin doğruluğunu artırmaktadır. Eğitim YSA'nın ilgilendiği problemlerden aldığı yeterli miktarda örneklerle göre hücrelerin bağlantı ağırlıklarının uyarlanması işlemidir. Örnek sayısının fazla olması YSA'nın daha iyi genelleme yapabilmesini sağlar.

4.2.1.2. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Algoritmaları

Yapay sinir ağları, insan beyni gibi bir öğrenme sürecine ihtiyaç duymaktadır. Bu süreçte veriler toplanmakta bu veriler kaydedilmekte ve nöronlar arasındaki bağlantıyı sağlayan ağırlıklar aracılığıyla genelleştirme yapılmaktadır. İstenilen çıkışı elde etmek için öğrenme sürecinde öğrenme algoritmaları kullanılmaktadır. Bu algoritmalar öğrenme sürecinde ağırlıkları güncelleyerek sonuca ulaşımı sağlamaktadırlar (Haykin 1994).

Öğrenme her bir düğümün girişlerindeki değişken bağlantı ağırlıklarının değiştirilmesi işlemidir. Öğrenme algoritmaları temelde üç grupta toplanmaktadır. Danışmalı öğrenme, danışmasız öğrenme ve takviyeli öğrenme algoritmalarıdır.

Danışmalı öğrenmede, bir öğretmene ihtiyaç vardır. Öğrenme algoritması olarak Hebb, Hopfield, Delta, Eğimli iniş ve Kohonen Kuralları en çok kullanılmaktadır (Elmas 2003). Danışmanlı (supervised) öğrenmede, her bir örnekleme zamanında giriş uygulandığında sistemin arzu edilen cevabı “y” eğitici tarafından sağlanır. Arzu edilen çıkış “y1” ile sinir ağı çıkışı o arasındaki fark hata ölçüsüdür ve ağ parametrelerini güncellemekte kullanılır. Ağırlıkların güncellenmesi süresince eğitici ödüllendirme-cezalandırma şemasını ağa uygulayarak hatayı azaltır. Bu öğrenme modelinde giriş ve çıkış örnekleri kümesi eğitim kümesi olarak adlandırılır.

Danışmansız öğrenmede, danışmanlı öğrenmedeki gibi arzu edilen y çıkışları bilinmemektedir. Bu yüzden kesin bir hata bilgisini ağın davranışını değiştirmekte kullanmak mümkün değildir. Cevabın doğruluğu veya yanlışlığı hakkında bilgi sahibi olunmadığı için öğrenme, girişlerin verdiği cevaplar gözlenerek başarıya ulaşılır. Aslında danışmansız öğrenme demek doğru değildir, çünkü danışmansız

öğrenme gerçekte mümkün değildir. Danışmanın her öğrenme adımında dahil olmamasına rağmen, amaçları ayarlamaktadır.

Takviyeli öğrenmede, ağın davranışının uygun olup olmadığını belirten bir öz yetenek bilgisine ihtiyaç duyulur. Bu bilgiye göre ağırlıklar ayarlanır. Gerçek zamanda öğrenme yöntemi olup deneme-yanılma esasına göre sinir ağı eğitilmektedir.

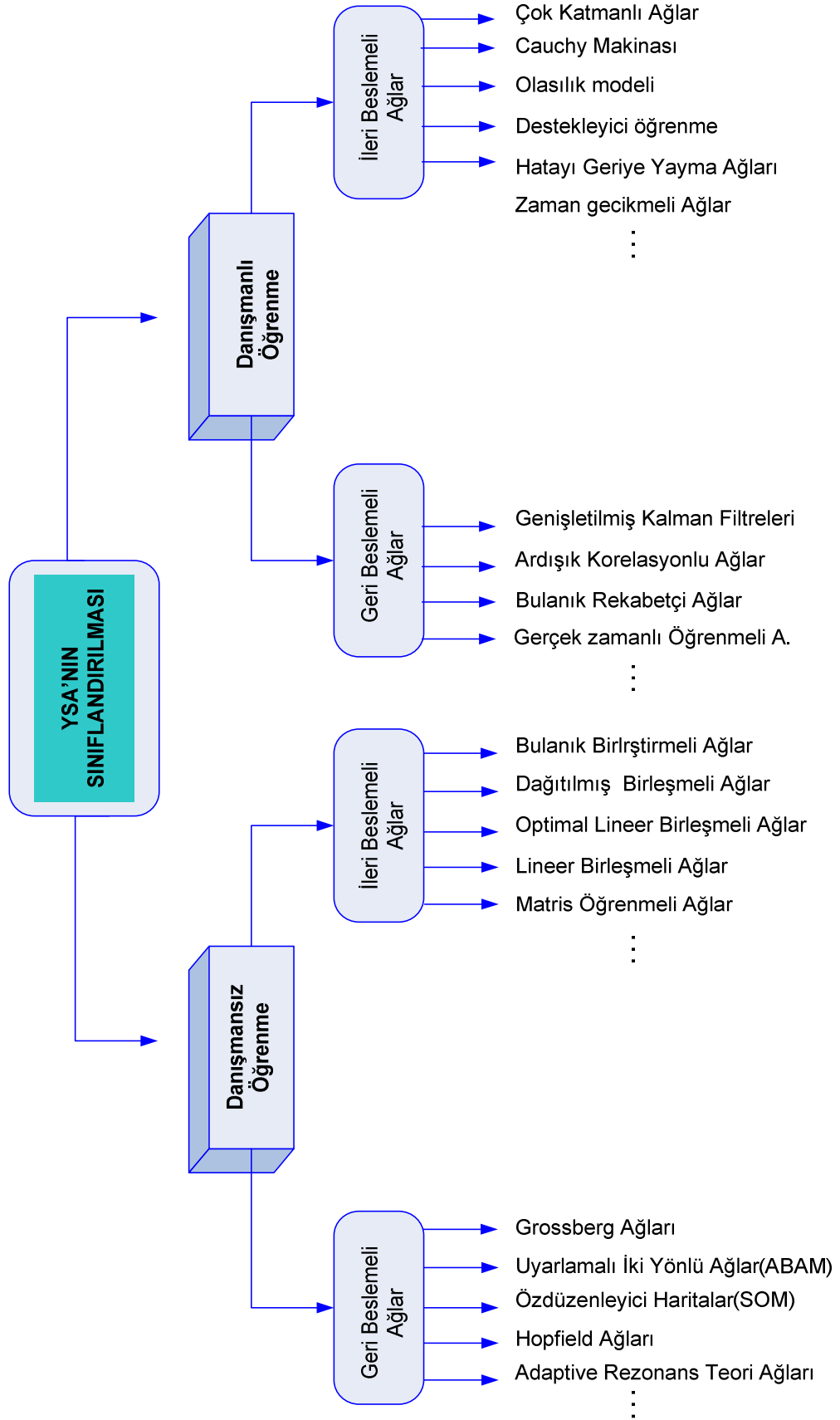
4.2.1.3. YSA'nın Sınıflandırılması

YSA giriş veri tiplerine göre ikili (binary) ve sürekli değer girişli, öğrenme algoritmasına göre; danışmanlı danışmansız, besleme yönüne göre; ileri beslemeli, geri beslemeli ağlar şeklinde sınıflandırılabilir. Lippmann tarafından yapılan sınıflandırma Şekil 4.3 teki gibidir (Barschdorff 1990). Birçok öğrenme ve test algoritması bulunması farklı eşik fonksiyonu kullanımı, problemlere özgü veriler ağ mimarisinde sınırları kaldırmıştır. Burada sadece en popüler öğrenme algoritması olan Hatayı Geriye Yayma Algoritması, ART Networks ve Hopfield Ağları algoritmaları hakkında bilgi verilecektir, diğer algoritmalar ilgili kaynaklardan incelenebilir (Anderson ve ark. 1990).

4.2.1.3.1. Hatayı Geriye Yayma Algoritması

Geri yayılım algoritması danışmanlı öğrenmede kullanılan en genel algoritmadır. Basit olması ve iyi bir öğrenme kapasitesine sahip olması birçok alana uygulanmasını sağlamıştır. Nonlineer olarak sınıflama yapmakta çok yaygın kullanılır. Karakter tanıma, hata teşhisi, desen tamamlama uygulama alanlarıdır. Bilgiler düğümlerde ağırlık değerleri olarak depolanır. Ağ eğitimi için giriş veri örnekleri girişe uygulanır, gizli katmanlarda işlenir. Çıkış katmanında sonuç üretilir. Ağın çıktısı ile istenen karşılaştırılıp hata değeri bulunur. Bu hata değeri, geriye doğru tüm ağırlıklar yenilerek yayılarak dağıtılır. Belli öğrenme kuralına göre ağırlıklar yenilenir. İterasyonlar kabul edilebilir hata değerine kadar sürer.

Geriye yayılma algoritması üretimin her noktasında kontrol, optimizasyon, izleme ve sınıflandırma amaçlı kullanılmaktadır.



Şekil 4.3. YSA'nın Sınıflandırılması.

4.2.1.3.2. ART Networks (Adaptif Rezonans Teorisi)

Danışmasız öğrenme prosedürü kullanılır. 1976'da Grosberg tarafından ortaya atılmıştır. ART ağları gerçek zamanlı olarak oldukça hızlı ve kararlı bir şekilde öğrenme yeteneklerine sahiptir. Gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılır. Durağan olmayan karmaşıklıklara uyum sağlarlar. Çevredeki olayları sürekli öğrenmeye devam ederler. ART ağlarında hem yukarıdan aşağıya hem de aşağıdan yukarıya ağırlıklar vardır. ART ağları genelde iki katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar F1 ve F2 dir. Girdiler özellikleri incelenerek F1 giriş katmanı aktivasyonu belirlenir. Uzun dönemli hafızadaki bağlantı değerleri ile kategorilerine ayrılıp F2 katmanına gönderilirler. F2 katmanındaki sınıflandırma ile F1 katmanından gelen sınıflandırma birbirleriyle eşleştirilerek örnek belirlenmiş bir sınıfa ayrılır, aksi takdirde yeni bir sınıf oluşturulur.

4.2.1.3.3. Hopfield Ağları

Tek katmanlı ve geri dönüşümlü bir ağıdır.1982'de Hopfield tarafından geliştirildi. İkili değerler kullanır. Proses elemanlarının tamamı hem girdi hem de çıktı elemanıdır. Ağı bağlantı değerleri bir enerji fonksiyonu olarak saklanmaktadır. Hopfield ağında bir giriş süzme (filtre) katmanı, bir Hopfield katmanı ve bir çıkış katmanı olmak üzere 3 katman kullanılmaktadır. Her düğüm diğer düğümlere bağlıdır. Bağlantılar çift yönlüdür. Her iki yönde akan veriye göre ağırlıklar hesaplanır. Örnek desen grupları ile ağırlıklar saptanır. Daha sonra herhangi bir desen ağı sunulur ve giriş desenine az çok benzeyen örnek desenlerden birbiriyle eşleştirilir. Birimler arası etkileşim yarış halinde devam eder.

4.2.1.4. Yapay Sinir Ağları Temel Özellikleri

YSA' nın hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yeteneğinden aldığı söylenebilir. Genelleme, eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşılmayan girişler için de YSA' nın uygun tepkileri üretmesi olarak tanımlanır. Bu üstün özellikleri, YSA' nın karmaşık problemleri çözebilme yeteneğini gösterir.

Sinir ağlarının en önemli özelliklerinden biride verilen örneklerden ve datalardan direkt olarak problemi öğrenebilme kabiliyetleridir. Bu özellik daha çok dataların karmaşık olduğu problemlerde üstünlükler sağlamaktadır.

Günümüzde birçok uygulama alanında YSA, aşağıdaki özellikleri nedeniyle etkin olmuş ve uygulama yeri bulmuştur (Ergezer ve ark. 2003).

4.2.1.4.1. Doğrusal Olmama

YSA' nın temel işlem elemanı olan hücre, doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen YSA da doğrusal değildir ve bu özellik bütün ağa yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli araç olmuştur.

4.2.1.4.2. Öğrenme

YSA' nın arzu edilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade eder. YSA' nın karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlı olarak verilemez ya da tasarlanamaz. Bu nedenle YSA, istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemden aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir.

4.2.1.4.3. Genelleme

YSA, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş YSA modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.

4.2.1.4.4. Uyarlanabilirlik

YSA, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre

tekrar eğitilebilir ve değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.

4.2.1.4.5. Hata Toleransı

YSA, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğu için paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağıdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir YSA'nın bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağın doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı telafi etme yetenekleri son derece yüksektir.

4.2.1.5. Bir YSA'nın Tasarımı

YSA uygulamasının başarısı, uygulanacak olan yaklaşımlar ve deneyimlerle yakından ilgilidir. Uygulamanın başarısında uygun metodolojiyi belirlemek büyük önem taşır. Yapay sinir ağının geliştirilmesi sürecinde ağın yapısına ve işleyişine ilişkin şu kararların verilmesi gerekir.

- Ağ mimarisinin seçilmesi ve yapı özelliklerinin belirlenmesi (katman sayısı, katmandaki nöron sayısı gibi)
- Nörondaki fonksiyonların karakteristik özelliklerinin belirlenmesi,
- Öğrenme algoritmasının seçilmesi ve parametrelerinin belirlenmesi,
- Eğitim ve test verisinin oluşturulması.

Bu kararların doğru verilememesi durumunda, YSA'ları sistem karmaşıklığı artacaktır. Sistem karmaşıklığı yapısal ve toplam hesaplama karmaşıklığının bir fonksiyonudur. Toplam hesaplama karmaşıklığı ise, genellikle yapısal karmaşıklığın bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar ve bu hesaplamanın en aza indirilmesi amaçlanır. Bu hesaplama karmaşıklığının ölçülmesinde de genellikle YSA sisteminin toplam tepki süresi veya sisteme ait bir işlemci elemanın tepki süresi değeri temel alınır.

Bunun yanında kapladığı hafıza ve zaman karmaşıklığı bazı uygulamalarda hesaplanmaktadır.

Bir YSA'nın uygun parametrelerle tasarlanması durumunda YSA sürekli olarak kararlı ve istikrarlı sonuçlar üretecektir. Ayrıca sistemin tepki süresinin yeterince kısa olabilmesi için de ağ büyüklüğünün yeterince küçük olması gerekir. İhtiyaç duyulan toplam hesaplama da bu sayede sağlanmış olacaktır.

4.2.1.6. YSA Ağ Yapısının Seçimi

YSA'nın tasarımı sürecinde ağ yapısının seçilmesi, uygulama problemine bağlı olarak seçilmelidir. Hangi problem için hangi ağın daha uygun olduğunun bilinmesi önemlidir. Kullanım amacı ve o alanda başarılı olan ağ türleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Ağ Türleri ve Başarılı Oldukları Alanlar (Sağiroğlu ve ark. 2003).

Kullanım Amacı	Ağ Türü	Ağın Kullanımı
Tahmin	.ÇKA	Ağın girdilerinden bir çıktı değerinin tahmin edilmesi
Sınıflandırma	.LVQ .ART .Counterpropagation .Olasılıklı sinir ağları	Girdilerin hangi sınıfa ait olduğunun belirlenmesi
Veri ilişkilendirme	.Hopfield .Boltzman Machine .Bidirectional Associative Memory	Girdilerin içindeki hatalı bilgilerin bulunması ve eksik bilgilerin tamamlanması

Uygun YSA yapısının seçimi, büyük ölçüde ağda kullanılması düşünülen öğrenme algoritmasına da bağlıdır. Ağda kullanılacak öğrenme algoritması seçildiğinde, bu algoritmanın gerektirdiği mimaride zorunlu olarak seçilmiş olacaktır. Örneğin geri yayılım algoritması ileri beslemeli ağ mimarisi gerektirir. Bir YSA'nın karmaşıklığının azaltılmasında en etkin araç, YSA ağ yapısını değiştirmektir. Gereğinden fazla sayıda işlemci eleman içeren ağ yapılarında, daha düşük genelleme kabiliyeti ile karşılaşılır.

4.2.1.7. Öğrenme Algoritmasının Seçimi

YSA yapısının seçiminden sonra uygulama başarısını belirleyen en önemli faktör öğrenme algoritmasıdır. Genellikle ağ yapısı öğrenme algoritmasının seçiminde belirleyicidir. Bu nedenle seçilen ağ yapısı üzerinde kullanılabilecek öğrenme algoritmasının seçimi ağ yapısına bağlıdır. Yapay sinir ağının geliştirilmesinde kullanılacak çok sayıda öğrenme algoritması bulunmaktadır. Bunlar içinde bazı algoritmaların bazı tip uygulamalar için daha uygun olduğu bilinmektedir. Bu algoritmalar eğer uygun oldukları uygulama alanlarına göre sınıflandırılacak olursa, gruplar ve içinde yer alacak öğrenme algoritmaları Tablo 4.2'deki gibi özetlenebilir.

Tablo 4.2. Yapay Sinir Ağı Algoritmaları ve Uygulandıkları Alanlar (Sağıroğlu ve ark. 2003).

Uygulama Tipi	Yapay Sinir Ağı
Öngörü tanıma	.Geriyayılım .Delta Bar Delta .Geliştirilmiş Delta Bar Delta .Yönlendirilmiş Rastsal Tarama .Geri yayılım içinde Self Organizing Map .Higher Order Neural Networks
Sınıflandırma	.Learning Vektor Quantization .Counter-Propagation .Olasılıklı Yapay Sinir Ağları
Veri ilişkilendirme (Data Association)	.Hopfield .Boltmann makinesi .Bidirectional Associative Memory .Spantion-Temproal Pattern Recognition
Veri kavramlaştırma (Data Conceptualization)	.Adaptive Resonance Network .Self Organizing

4.2.1.8. Ara Katman Sayısını Belirleme

YSA'nın tasarımı sürecinde tasarımcının yapması gereken diğer işlemlerde, ağdaki katman sayısına karar vermektir. Çoğu problem için 2 veya 3 katmanlı bir ağ tatmin edici sonuçlar üretebilmektedir. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır. Katmanların değişik şekilde bir birleriyle bağlanmaları değişik ağ yapılarını oluşturur. Girdi ve çıktı katmanlarının sayısı, problemin yapısına göre değişir. Katman sayısını belirlemenin en iyi yolu, birkaç deneme yaparak en uygun yapının ne olduğuna karar vermektir.

4.2.1.9. Nöron Sayısının Belirlenmesi

Ağın yapısal özelliklerinden birisi her bir katmandaki nöron sayısıdır. Katmandaki nöron sayısının tespitinde de genellikle deneme-yanılma yöntemi kullanılır. Bunun için izlenecek yol, başlangıçtaki nöron sayısını istenilen performansa ulaşıncaya kadar arttırmak veya tersi şekilde istenen performansın altına inmeden azaltmaktır. Bir katmanda kullanılacak nöron sayısı olabildiğince az olmalıdır. Nöron sayısının az olması yapay sinir ağının "genelleme" yeteneğini arttırırken, gereğinden fazla olması ağın verileri ezberlemesine neden olur. Ancak gereğinden az nöron kullanılmasının verilerdeki örüntünün ağ tarafından öğrenilememesi gibi bir sorun yaratabilir. Nörondaki fonksiyonların da karakteristik özellikleri de YSA'nın tasarımında önemli kararlardan biridir. Nöronun geçiş fonksiyonunun seçimi büyük ölçüde yapay sinir ağının verilerine ve ağın neyi öğrenmesinin istendiğine bağlıdır. Geçiş fonksiyonları içinde en çok kullanılanı sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlardır. Daha önce belirtildiği gibi sigmoid fonksiyonun çıktı aralığı 0 ve 1 arasında olurken, hiperbolik tanjant fonksiyonunun çıktısı -1 ve 1 aralığında oluşmaktadır. Eğer ağın bir modelin ortalama davranışını öğrenmesi isteniyorsa sigmoid fonksiyon, eğer ortalamadan sapmanın öğrenilmesi isteniyorsa hiperbolik tanjant fonksiyon kullanılması önerilmektedir.

4.2.1.10. Normalizasyon

YSA'ların en belirgin özelliklerinden olan doğrusal olmama özelliğini anlamlı kılan yaklaşım, verilerin bir normalizasyona tabii tutulmasıdır. Verilen

normalizasyonu için seçilen yöntem YSA performansını doğrudan etkileyecektir. Çünkü normalizasyon, giriş verilerinin transfer edilirken fonksiyonun aktif olan bölgesinden aktarılmasını sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamlarla koruma eğilimleri nedeniyle zorunludur ve aşırı değerlendirilmiş kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Genellikle verilerin [0,1] veya [-1,+1] aralıklarından birine ölçeklendirilmesi önerilmektedir. Ölçekleme verilerin geçerli eksen sisteminde sıkıştırılması anlamı taşıdığından veri kalitesi aşırı salınımlar içeren problemlerin YSA modellerini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu olumsuzluk, kullanılacak öğrenme fonksiyonunu da başarısız kılabilir.

4.2.1.11. Performans Fonksiyonunun Seçimi

Öğrenme performansını etkileyen önemli hususlardan bir de performans fonksiyonudur. İleri beslemeli ağlarda kullanılan tipik performans fonksiyonu karesel ortalama hatadır (Mean Square Error). Burada N çıkış sayısıdır.

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2 \quad (4.3)$$

İleri beslemeli ağlarda kullanılan tipik performans fonksiyonlarından bir diğeri de toplam karesel hatadır. (Sum Square Error) Bu ağlarda kullanılan diğer bir performans fonksiyonu da karesel ortalama hata karekökü (Root Mean Square) fonksiyonudur. Ağ algoritmasının seçiminde MSE değeri minimum olan ağ seçilebilir.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2} \quad (4.4)$$

4.2.1.12. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları

Günümüzde YSA üzerine birçok araştırma ve inceleme çalışması yapılmaktadır. Bilgi sınıflandırma, bilgi yorumlama, tamamlama ve seçme gibi çok

değişik problemleri çözümede kullanılmaktadır. YSA'nın kullanım alanları (Asiltürk ve Ünüvar 2005):

- * Kontrol,
- * Sistem modelleme,
- * Optimizasyon,
- * Grup Teknolojisi,
- * Çizelgeleme,
- * Ses tanıma,
- * El yazısı tanıma,
- * Parmak izi tanıma,
- * Meteorolojik tahmin,
- * Otomatik araç tanıma,
- * Sağlıkta fizyolojik işaretleri tanıma v.s.de. Kullanılmaktadır.

İki temel durumda Yapay Sinir Ağları'nın kullanımı efektif olmaktadır(Waterman 1986):

- 1) Geniş veri setinin yorumlanması istenen incelemelerde giriş ve çıkış verileri belli, fakat bu veriler arasındaki ilişkilerin iyi bilinmemesi durumunda.
- 2) Sinirsel ağlar çeşitli yollarla birbirine bağlı birimlerden oluşmuş topluluklardır. Her birim iyice basitleştirilmiş bir nöronun niteliklerini taşır. Nöron ağları sinir sisteminin parçalarında olup biteni taklit etmekte, işe yarar ticari cihazlar yapmakta ve beynin işleyişine ilişkin genel kuramları sınamakta kullanılır.

Sinirsel ağ içindeki birimler, her birinin belli işlevi olan katmanlar şeklinde örgütlenmiştir ve bu yapıya yapay sinir ağı mimarisi denir (Öztemel 1997). Yapay

sinir ağlarının temel yapısı, beyne, sıradan bir bilgisayarinkinden daha çok benzemektedir. Yine de birimleri gerçek nöronlar kadar karmaşık değil ve ağların çoğunun yapısı, beyin kabuğundaki bağlantılarla karşılaştırıldığında büyük ölçüde basit kalmaktadır. Şimdilik, sıradan bir bilgisayarda, akla uygun bir sürede taklit edilebilmesi için bir ağın son derece küçük olması gerekiyor. Gittikçe daha hızlı ve daha koşut çalışan bilgisayarlar piyasaya çıktıkça zamanla gelişmeler sağlanacaktır.

Yapay sinir ağlarındaki her bir işlem birimi, basit anahtar görevi yapar ve şiddetine göre, gelen sinyalleri söndürür ya da iletir. Böylece sistem içindeki her birim belli bir yüke sahip olmuş olur. Her birim sinyalin gücüne göre açık ya da kapalı duruma geçerek basit bir tetikleyici görev üstlenir. Yükler, sistem içinde bir bütün teşkil ederek, karakterler arasında ilgi kurmayı sağlar. Yapay sinir ağları araştırmalarının odağındaki soru, yüklerin, sinyalleri nasıl değiştirmesi gerektiğidir. Bu noktada herhangi bir formdaki bilgi girişinin, ne tür bir çıkışa çevrileceği, değişik modellerde farklılık göstermektedir. Diğer önemli bir farklılık ise, verilerin sistemde depolanma şeklidir. Nöral bir tasarımda, bilgisayarda saklı olan bilgiyi, tüm sisteme yayılmış küçük yük birimlerinin birleşerek oluşturduğu bir bütün evre temsil etmektedir. Ortama yeni bir bilgi aktarıldığında ise, yerel büyük bir değişiklik yerine tüm sistemde küçük bir değişiklik yapılmaktadır (Luger 2002).

Yapay sinir ağları beynin bazı fonksiyonlarını ve özellikle öğrenme yöntemlerini benzetim yolu ile gerçekleştirmek için tasarlanır ve geleneksel yöntem ve bilgisayarların yetersiz kaldığı sınıflandırma, kümeleme, duyu-veri işleme, çok duyulu makine gibi alanlarda başarılı sonuçlar verir. Yapay sinir ağlarının özellikle tahmin problemlerinde kullanılabilmesi için çok fazla bilgi ile eğitilmesi gerekir. Ağların eğitimi için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir (Luger 2002).

Günümüzde sinirsel ağ uygulamaları ya geleneksel bilgisayarlar üzerinde yazılım simülatörleri kullanılarak veya özel donanım içeren bilgisayarlar kullanarak gerçekleştirilmektedir. Kredi risk değerlemesinden imza kontrolü, mevduat tahmini ve imalat kalite kontrolüne kadar uzanan uygulamalar yazılım paketlerinden faydalanılarak yapılmaktadır.

4.2.2. Bulanık Mantık

Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lotfi A.Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyuldu. O tarihten sonra önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelen bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizliklerle çalışılabilmesi için kurulmuş katı bir matematik düzen olarak tanımlanabilir. Bilindiği gibi istatistikte ve olasılık kuramında, belirsizliklerle değil kesinliklerle çalışılır ama insanın yaşadığı ortam daha çok belirsizliklerle doludur. Bu yüzden insanoğlunun sonuç çıkarabilme yeteneğini anlayabilmek için belirsizliklerle çalışmak gereklidir (Öztemel 1997).

Bulanık kuramının merkez kavramı bulanık kümeleridir. Küme kavramı kulağa biraz matematiksel gelebilir ama anlaşılması kolaydır. Örneğin "orta yaş" kavramını inceleyerek olursak, bu kavramın sınırlarının kişiden kişiye değişiklik gösterdiğini görürüz. Kesin sınırlar söz konusu olmadığı için kavramı matematiksel olarak da kolayca formüle edemeyiz. Ama genel olarak 35 ile 55 yaşları orta yaşlılık sınırları olarak düşünülebilir.

Bulanık küme kavramı, bulanık mantık teorisinin temelini teşkil etmektedir. Geleneksel küme kavramına göre herhangi bir nesne bir kümeye ya aittir, ya da ait değildir. Bulanık küme kavramında ise nesnelerin kümeye aitliği derecelere bölünmektedir; herhangi bir nesnenin bulanık kümeye aitliği 0.5 tir veya 0.8 dir veya 0.25 tir gibi deyimlerle burada sıkça karşılaşılmaktadır. Böylece nesnelerin bulanık kümeye aitliği üyelik dereceleri ile belirlenir ve bu dereceler de üyelik fonksiyonları ile karakterize edilir.

Bir bulanık kümesi kendi aitlik fonksiyonu ile açık olarak temsil edilebilir. Aitlik fonksiyonu 0 ile 1 arasındaki her değeri alabilir. Böyle bir aitlik fonksiyonu ile "kesinlikle ait" veya "kesinlikle ait değil" arasında istenilen incelikte ayarlama yapmak mümkündür.

Bulanık mantık ile matematik arasındaki temel fark bilinen anlamda matematiğin sadece aşırı uç değerlerine izin vermesidir. Klasik matematiksel yöntemlerle karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek işte bu yüzden zordur,

çünkü veriler tam olmalıdır. Bulanık mantık kişiyi bu zorunluluktan kurtarır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Bir kişi için 38,5 yaşında demektense sadece orta yaşlı demek birçok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece azımsanamayacak ölçüde bir bilgi indirgenmesi söz konusu olacak ve matematiksel bir tanımlama yerine daha kolay anlaşılabilen niteliksel bir tanımlama yapılabilecektir.

Bulanık mantıkta bulanık kümeleri kadar önemli bir diğer kavramda linguistik değişken kavramıdır. Linguistik değişken “sıcak” veya “soğuk” gibi kelimeler ve ifadelerle tanımlanabilen değişkenlerdir. Bir linguistik değişkenin değerleri bulanık kümeleri ile ifade edilir. Örneğin oda sıcaklığı linguistik değişken için “sıcak”, “soğuk” ve “çok sıcak” ifadelerini alabilir. Bu üç ifadenin her biri ayrı ayrı bulanık kümeleri ile modellenir.

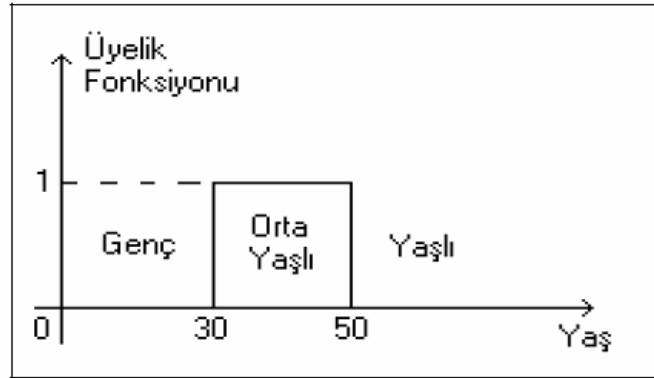
Bulanık mantığın uygulama alanları çok geniştir. Sağladığı en büyük fayda ise “insana özgü tecrübe ile öğrenme” olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu nedenle lineer olmayan sistemlere yaklaşım yapabilmek için özellikle uygundur.

Bulanık mantık kavramı daha çok uzman sistemlerle birlikte kullanılır. Bulanık Uzman Sistem (BUS) veriler üzerinde akıl yürütebilmek için Boolean mantığı yerine bulanık fonksiyon ve kuralların bulanık üyelik kümesini kullanan bir Uzman Sistem' dir.

Eğer X düşük ve Y yüksek ise, o halde Z ortadır. Burada X ve Y giriş değişkenleri veya bilinen veri değerlerinin adlarıdır; Z çıkış değişkeni veya değeri hesaplanması istenen verinin adıdır; düşük - X üzerinde belirlenmiş üyelik fonksiyonu (bulanık altküme); yüksek - Y üzerinde belirlenmiş üyelik fonksiyonu; orta - Z üzerinde belirlenmiş üyelik fonksiyonudur. Kuralın eğer (antecedent) kısmı bu kuralın ne derecede uygulanabileceğini, o halde (consequent) kısmı ise bir veya çok çıkış değişkenlerinin her birine üyelik fonksiyonu tahsis edilmesini tanımlamaktadır. Bir kural birden çok sonuç (hüküm) çıkarmağa da olanak tanıyabilmektedir. Genel olarak Bulanık Uzman Sistem' lerde çıkarım süreci üç veya dört adımdan oluşmaktadır (Allahverdi 1998).

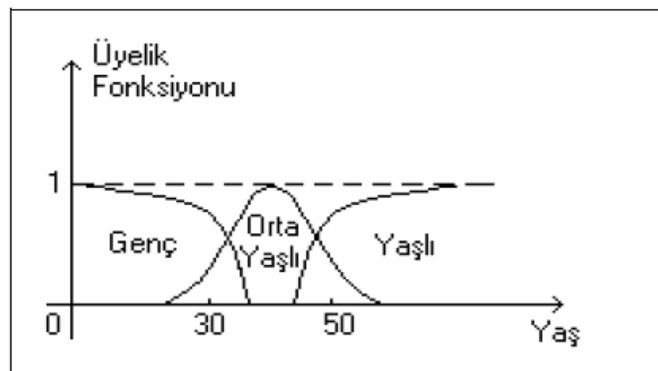
4.2.2.1. Bulanık Küme Teorisi

Klasik (geleneksel) mantıkla, herhangi bir nesne o kümeye ya aittir yada değildir. Bu kısaca 0 ve 1 mantığıdır. Şekil 4.4'de görüldüğü üzere 0-30 yaş arasındaki kişiler genç, 30-50 yaş arasındaki kişiler orta yaşlı ve 50 yaşın üstündeki kişiler ise yaşlı sınıfına girmektedir.



Şekil 4.4. Klasik Küme Teorisi.

Bu kurallara göre 31 yaşındaki bir kişi orta yaşlı sayılırken 29 yaşındaki bir kişi ise genç sayılmaktadır. Bu durumu bulanık mantık açısından incelersek Şekil 4.5'te görüleceği gibi 30 yaşındaki bir kişi belli bir oranda orta yaşlı sayılırken belli bir oranda ise genç sayılmaktadır. Bulanık Mantık'ta klasik mantıktaki gibi 0 ve 1 mantığı yoktur, günlük yaşantıda kullandığımız daha esnek bir yaklaşım vardır (Tuncer 1999).



Şekil 4.5. Bulanık Küme Teorisi

Klasik küme teorisindeki kesişim, birleşim ve tümeleme gibi işlemler bulanık küme teorisinde de mevcuttur. A ve B kümeleri, X evrensel kümesi içerisinde tanımlanmış iki keskin küme olduğu kabul edilirse;

İki ayrı bulanık kümenin birbirine eşit olabilmesi için aşağıdaki şart sağlanmalıdır.

$$\forall x \in X: \mu_A(x) = \mu_B(x) \quad (4.5)$$

A kümesinin B kümesinin alt kümesi olabilmesi için aşağıdaki şart sağlanmalıdır.

$$\forall x \in X: \mu_A(x) \leq \mu_B(x) \quad (4.6)$$

A ve B kümeleri, X evrensel kümesi içerisinde tanımlanmış iki keskin küme olduğunda:

$\forall x \in X$ için $A \cap B$ 'nin $\mu_{A \cap B}(x)$ üyelik fonksiyonu:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (4.7)$$

olarak yazılır.

$\forall x \in X$ için $A \cup B$ 'nin $\mu_{A \cup B}(x)$ üyelik fonksiyonu:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (4.8)$$

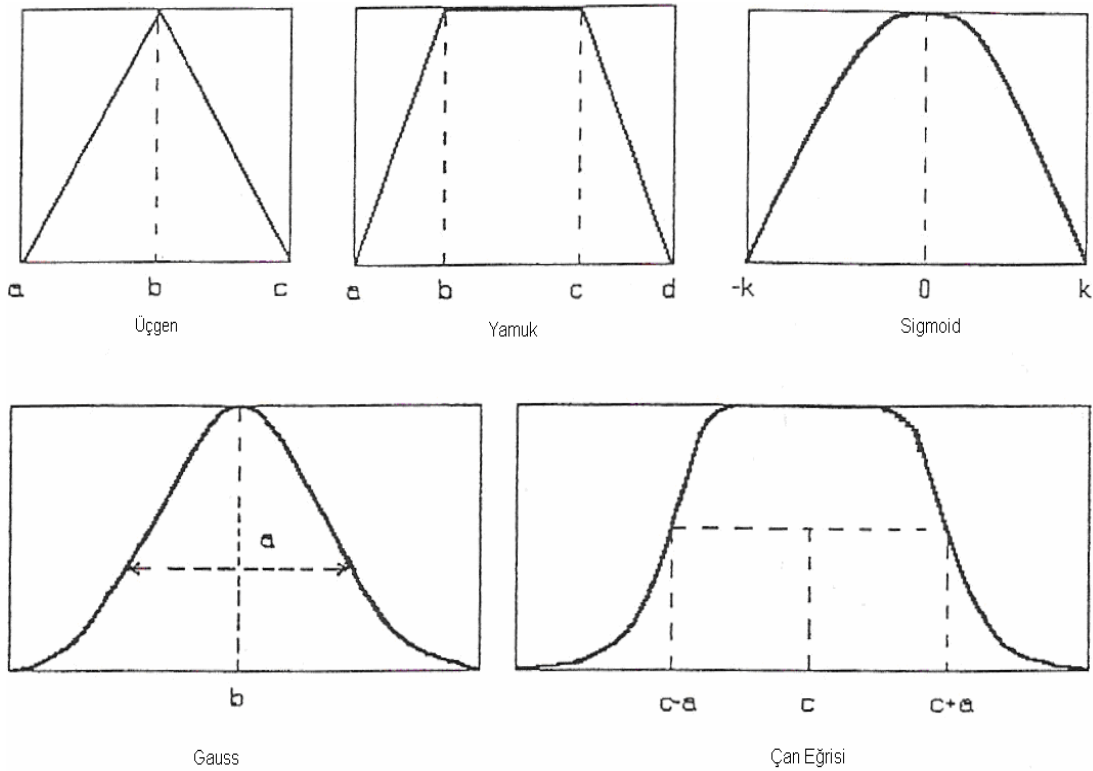
olarak yazılır. (Kosko 2001).

4.2.2.2. Bulanık Model Yapısı

Bulanık mantık kesin akıl yürütme yerine yaklaşık akıl yürütmeye odaklanmaktadır. İki değerli mantıkta her şey ya doğru ya da yanlıştır. Bulanık mantıkta ise derecelendirme vardır. Bulanık mantığın güçlü yönlerinden birisi kelimelerle

hesaplama sağlayabilmesidir. Gerçektende kelimelerin açıklama gücü sayılardan fazladır. Bir çeşit çok değerli olan küme kavramı olan bulanık küme kavramında, kümedeki her birey klasik çift değerli küme kavramlarında olduğu gibi üye yada üye değil olarak değil bir dereceye kadar üye olarak görülmektedir. Bulanık küme değişik üyelik derecelerinde öğeleri olan bir topluluktur.

Bulanık modeller oluştururken değişik formlarda üyelik fonksiyonları seçilebilir. Yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonları olarak üçgen, yamuk, Gauss eğrisi, sigmoid fonksiyonu vb. kullanılmaktadır. Şekil 4.6.da Üyelik Fonksiyonu Örnekleri verilmiştir.



Şekil 4.6. Üyelik Fonksiyonları Örnekleri.

Bu üyelik fonksiyonları için genel ifadelendirme aşağıda verilmiştir:

Üçgen

$$\mu(x) = \frac{(a-x)}{(a-b)} \dots\dots\dots a \leq x \leq b \quad \text{ve} \quad \mu(x) = \frac{(c-x)}{(c-b)} \dots\dots\dots b \leq x \leq c \quad (4.9)$$

Gauss

$$\mu(x) = e^{-\{(x-b)/a\}^2} \quad (4.10)$$

Yamuk

$$\left. \begin{aligned} \mu(x) &= \frac{(a-x)}{(a-b)} \dots\dots\dots a \leq x \leq b \\ \mu(x) &= 1 \dots\dots\dots b \leq x \leq c \\ \mu(x) &= \frac{(d-x)}{(d-c)} \dots\dots\dots c \leq x \leq d \end{aligned} \right\} \quad (4.11)$$

Çan Eğrisi

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-c}{a} \right|^{2b}} \quad (4.12)$$

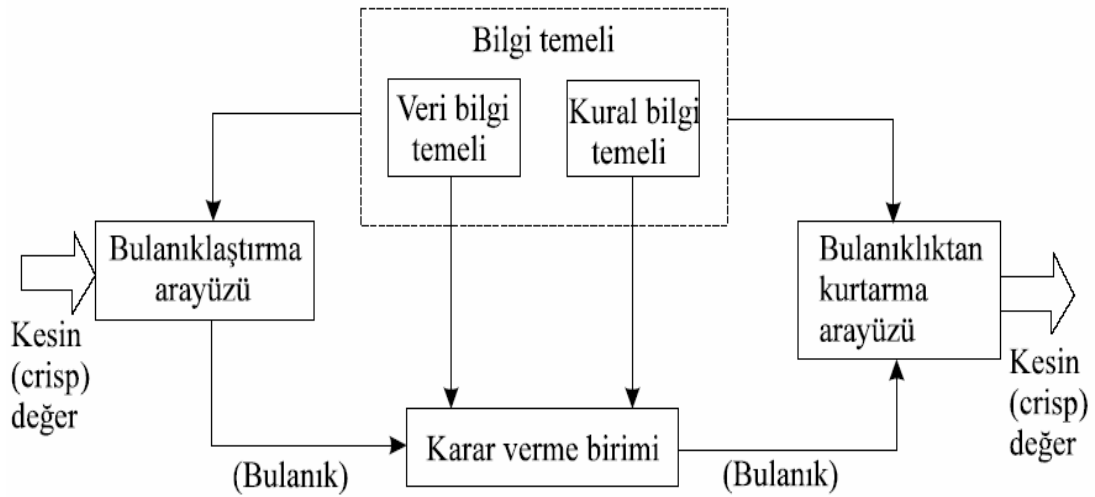
Bulanık sistemler genel olarak, mevcut verilerden seçilen girdi değişkenlerinden çıktı değişkenlerinin elde edilmesini sağlamak amacıyla bulanık küme ilkelerini kullanan sistemlerdir. Bulanık sistemlerin en büyük avantajı insan deneyimlerinin ve sözel verilerin bulanık modele katılması ile çözüme ulaşılmasıdır. Şekil 4.7’de genel bir bulanık model sisteminin yapısı gösterilmektedir.

4.2.2.2.1. Genel Bilgi Tabanı Birimi

İncelenecek olayın etkilendiği girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Genel veri tabanı denmesinin sebebi buradaki bilgilerin sayısal ve/veya sözel olabilmesidir.

4.2.2.2.2. Bulanıklaştırıcı

Sayısal girdi değerlerini sözel olarak nitelendirilmiş bulanık kümelerdeki üyelik derecelerine atayan bir işlemcidir. Bulanıklaştırma ünitesi (Fuzzifier), sistem değişkenleri üzerinde ölçek değişikliği yaparak sayısal verilen bulanık kümeler haline dönüştürmektedir. Bir başka deyişle sayısal verilere bir etiket vererek sözel değişkenlere dönüştürmektedir.



Şekil 4.7. Bulanık Bir Sistemin Ana Blokları.

Bulanıklaştırma ünitesi bulanık mantık denetleyicilerinin tasarımındaki ilk işlem basamağı, bulanıklaştırma ünitesinin oluşturmaktır. Bu ünite algılayıcıdan alınan sayısal değerleri üyelik fonksiyonlarını kullanarak sözel değişkenler haline getirmektedir. Diğer bir ifadeyle bulanıklaştırma, giriş değişkenlerinin çeşitli giriş evrensel kümelerinde bulanık kümelere yerleştirme işlemidir. Sistem kontrolünde, giriş verisi genellikle kesindir. Sistem değişkenleri için bulanıklaştırma kesin girişlerin, aralığın karşılık gelen bulanık değerlere yerleştirilmesini gerektirmektedir. Yerleştirilmiş veriler sistem giriş değişkenleri için tanımlanmış bulanık kümelerin etiketleri olarak uygun sözel terimlere çevrilmektedir.

4.2.2.2.3. Bulanık Kural Tabanı Birimi

Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal EĞER – İSE türünde yazılabilen kuralların tümünü içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm ara (bulanık küme) bağlantıları düşünülür. Böylece, her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar. İşte bu bağlamların tümü kural tabanını oluşturur. Kural tabanı ünitesi, giriş çıkış arasındaki bağıntıyı tanımlayan bir dizi bulanık kuralları içermektedir. Bu kurallar genellikle EĞER – İSE şartından oluşan bir bütünü temsil etmektedir. Tasarlanan Bulanık Kontrolör kurallarının yapısı “EĞER – İSE” terimleriyle oluşturulmuştur. Hata ve Hata değişimi ile ilgili kural tanımlanmaktadır. Çıkış kuralları aşağıdaki eğer cümlesini izlemektedir.

$$\text{EĞER } x=A \text{ VE/VEYA } y= B \text{ İSE } z = C \quad (4.13)$$

Buradaki um’ inci giriş değişkeni, v ise çıkış değişkenini, A1 m’ inci giriş değişkenine ait n’ inci üyelik kümesini, m giriş sayısını, n her bir girişe ait üyelik kümesi sayısını ve i kural sayısını temsil etmektedir.

Kural tabanında giriş değerleri ve çıkış değerlerinin birbirleri arasındaki bağ “AND” operatörü, aynı davranışları ifade eden kural kümeleri arasındaki bağ ise “OR” operatörü ile temsil edilmektedir. Kontrol tabanını oluşturan kurallar aşağıdaki özelliklere içermektedir.

1. Her kural bağımsız bilgi parçasını içerir.
2. Yeni kurallar diğer kurallardan bağımsız olarak kural tabanına eklenebilir.
3. Eski kurallar diğer kurallardan bağımsız olarak değiştirilebilir.
4. Kontrol sisteminin kararlarını ve çözümlerini içerir.

Bir bulanık kontrol algoritması evrensel kümedeki herhangi bir giriş için uygun bir kontrol işlevi çıkarabilmelidir. Bu özellik bütünlük olarak adlandırılmaktadır. Bütünlük özelliği içerisinde bulanık kontrol kuralları, tasarım tecrübesi ve mühendislik bilgisiyle bir bütünlük arz etmekte ve genellikle her bir

giriş değerinin en az bir bulanık kümede yer alması için bulanık kümelerin belli bir yüzde ile üst üste bindirilmesini gerektirmektedir. Aynı zamanda her bir girişin belli bir tepki vermesi için kuralların dikkatli bir şekilde tasarlanması da büyük önem arz etmektedir.

Geleneksel uzman sistem yaklaşımında; her bir giriş değişkeni için bulanık küme sayısı M ve sistem giriş değişkeni sayısı da N ise bütünlüğün sağlanması için $M \times N$ tane farklı kural kullanılmaktadır. Bununla birlikte bir BM, kural tabanı bütünlüğü sağlamak için daha az sayıda kural kullanmaktadır. Çünkü bulanık kümenin belli bir yüzde ile üst üste bindirilmesi kural sayısını önemli ölçüde azaltmaktadır. Böylece daha az hesaplama zamanı ve daha iyi bir performans elde edilebilmektedir. Bununla birlikte optimal kural sayısını belirleyecek bir prosedür bulunmamaktadır (Şen 1999).

4.2.2.2.4. Bulanık Çıkarım Motoru Birimi

Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan parça ilişkilerin hepsini bir arada toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını temin eden işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır. Bu motor her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdiler altında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar. Bu ünite bulanıklaştırma ünitesinden gelen bulanık değerleri, kural tabanındaki kurallar üzerinde uygulayarak bulanık muhakeme işlemini gerçekleştirmektedir. İlk olarak bulanıklaştırma ünitesinden gelen bulanık bilgiler kural tabanında yerine konarak aktif kurallar saptanmaktadır. Daha sonra bu kurallar bulanık muhakeme yöntemlerinden biri kullanılarak bileştirilmektedir. Bu şekilde muhakeme edilmiş bulanık çıkış elde edilmektedir.

4.2.2.2.5. Durulaştırıcı

Bulanık işlemler sonucu elde edilen bulanık çıkarım sonuçlarını keskin sayısal çıkış değerlerine dönüştürür. Bu ünite Çıkarım ünitesinden gelen bulanık kontrol işaretini tek bir sayısal değer haline dönüştürmektedir. Kontrol stratejisinde karşılaşılan durulaştırma metotları aşağıda verilmektedir.

- 1- Merkez Yöntemi
- 2- Üyelik Fonksiyonunun Maksimum Noktası
- 3- Ağırlıklı Ortalama Yöntemi
- 4- Üyelik Fonksiyonunun Maksimum Noktalarının Ortalaması
- 5- Geniş Alan Merkezi
- 6- İlk ve Son Yükselti

Merkez Yöntemi (Centroid Method), Ağırlık Merkezi Yöntemi olarak ta isimlendirilir. Durulama yöntemi olarak en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde göre ünitesinin çıkışı; üyelik ağırlığı ile çıkışın çarpımının integrali, üyelik ağırlığının oranlanması ile elde edilmektedir.

4.2.2.2.6. Çıktı Birimi

Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım motoru vasıtası ile etkileşimi sonunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirtir.

4.2.2.3. Bulanık Modelleme Çeşitleri

Bulanık mantık ile yaygın olarak kullanılan başlıca modellemeler; Mamdani ve Takagi – Sugeno tipi bulanık modellemelerdir.

4.2.2.3.1. Mamdani Tipi Bulanık Modellemenin Esasları

Mamdani tipi bulanık model çok kolay oluşturulur, insan davranışlarına çok uygundur. Bu nedenle çok yaygın bir kullanıma sahiptir ve diğer bulanık mantık modellerin temelini oluşturur. İlk defa bir buhar motorunun insan tecrübelerinden elde edilen sözel kontrol kuralları yardımıyla kontrolü amacıyla kullanılmıştır. Bu modelde hem girdi değişkenleri hem de çıktı değişkeni kapalı formdaki üyelik

fonksiyonları ile ifade edilir (Akyılmaz 2005). Mamdani tipi bir bulanık model aşağıdaki 5 adımda oluşturulur;

a) Girdilerin bulanıklaştırılması: öncül kısımdaki bütün bulanık ifadeleri kullanarak girdi değişkenlerine ait 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecelerinin belirlenmesi.

b) Bulanık mantık işlemlerini kullanarak kural ağırlıklarının belirlenmesi

c) Bulanık küme mantıksal işlemcilerin (ve, veya) uygulanması

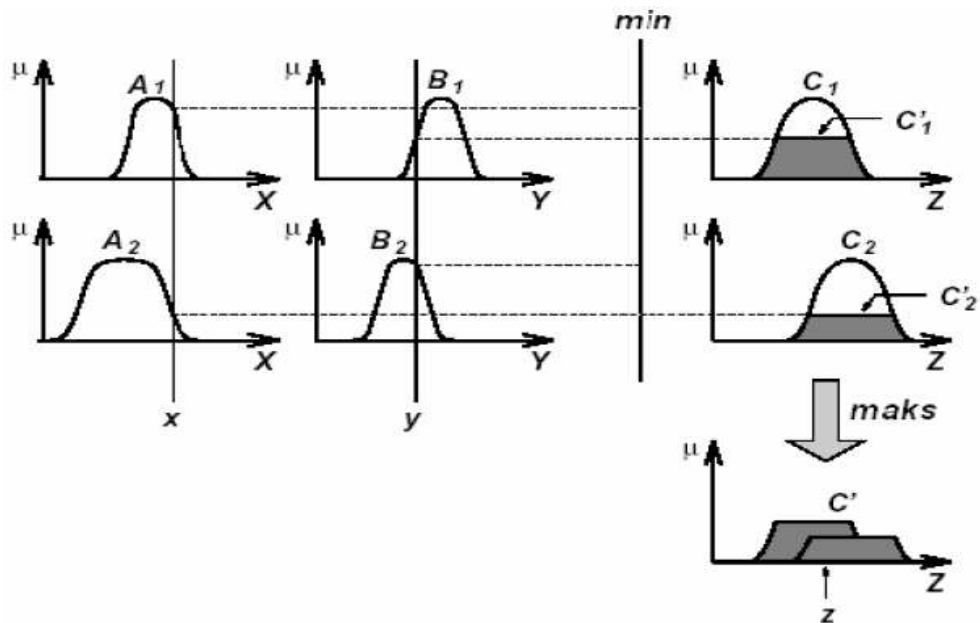
d) Sonuçların toplanması: her bir kuralın çıktısını temsil eden bulanık kümelerin birleştirilmesi

e) Durulaştırma: tek bir sayıya dönüştürülmüş toplam bulanık küme sonuçlarının durulaştırılması.

Şekil 4.8 'de x ve y gibi sayısal iki değişkeni içeren iki kurallı bir Mamdani tipi bulanık modelde z çıkış değerinin bulanık küme fonksiyonlarından nasıl hesaplandığı gösterilmektedir.

Kural 1: Eğer $x = A_1$ VE $y = B_1$ İse $z = C_1$ (4.14)

Kural 2: Eğer $x = A_2$ VE $y = B_2$ İse $z = C_2$ (4.15)



Şekil 4.8. Mamdani Tipi Bulanık Model Çıkış Değeri.

Bulanık VE ve VEYA işlemleri için sırasıyla minimizasyon ve maksimizasyon operatörlerini kullanan Mamdani tipi bulanık çıkarım sistemi avantajlarını özetlemek gerekirse (Akyılmaz, 2005);

-Modelin oluşturulması basittir.

-Diğer bulanık mantık modellemenin temelini oluşturur.

-İnsan davranış ve duyularına uygundur.

4.2.2.3.2. Takagi – Sugeno Tipi Bulanık Modellemenin Esasları

Takagi – Sugeno bulanık mantık yada Sugeno bulanık mantık ilk kez 1985 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Mamdani bulanık mantık yönteminin bir uyarlamasıdır. Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması ve bulanık mantık işlemleri Mamdani bulanık modelleme ile tamamen aynıdır. İki yöntem arasındaki fark çıktı üyelik fonksiyonlarındadır. Sugeno tipi bulanık modellemede çıktı üyelik fonksiyonları sadece lineer ya da sabittir. Çıktı üyelik fonksiyonları sabit olduğu zaman, sıfırıncı derece, 1. derece doğru denklemi şeklinde olduğu zaman ise birinci derece Sugeno bulanık model olarak adlandırılırlar. Böylece Sugeno tipi bulanık model, Mamdani tipi bulanık modelden daha karmaşık ve gösterim açısından daha elverişlidir. Bu nedenle Sugeno tipi bulanık model uyarlanabilir tekniklerle birlikte kullanılabilir. Bir birinci (sıfırıncı) derece Sugeno bulanık model aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\text{Eğer } x = A \text{ ve } y = B, \text{ İse } z = f(x,y) = px+qy+r (c) \quad (4.16)$$

Burada A ve B, x ve y üyelik fonksiyonları için tanımlanmış öncül kısımdaki bulanık kümeler, p, q ve r (r) ise soncul bir parametrelerdir. Böylece her bir kural için bir çıktı değeri elde edilir. Bulanık küme mantıksal işlemleri (ve, veya) basit toplama ve çarpmadır.

Sugeno tipi bulanık modelin avantajları aşağıda sıralanmıştır;

-Hesaplama için çok uygundur.

-Lineer olmayan sistemlerin kontrol edilmesi için lineer teknikler kullanılabilir.

-Optimizasyon ve uyarlanabilir (adaptive) tekniklerle birlikte iyi çalışır ve çıktı parametrelerini optimize ederek sonuçları iyileştirir.

-Çıktı uzayında sürekliliği garantiler.

-Matematiksel analiz için uygundur.

Sugeno tipi bulanık modelin dezavantajları ise;

-Yüksek derecedeki Sugeno bulanık modelleme kullanıldığında oldukça kompleks bir yapıya sahip olur.

-Girdi ve alt küme sayılarının artması verilerin eğitilmesini zorlaştırır, sonuçların elde edilmesi için belirlenmesi gereken soncul parametrelerin sayısı artar.

-İnsan sezgilerine çok uygun değildir.

4.2.2.4. Bulanık Modellemenin Avantajları ve Dezavantajları

Bulanık Teorinin Avantajları;

Bulanık mantık ile modellemenin tercih edilmesinin nedenleri özetlenecek olursa (www.ealt.org-20.05.2005);

-Bulanık mantığın anlaşılması kolaydır. Bulanık mantığın dayandığı matematiksel teori basittir.

-Bulanık mantığı çekici kılan şey yaklaşımının doğallığı ve kompleks yada karmaşıklıktan uzak olmasıdır.

-Bulanık mantık esnekler (Gri Kutu). Girdi çıktı ölçümlerinden dinamik bir sistemin tanımlanması çok sayıda pratik uygulama ile ilgili bilimsel araştırmaların önemli bir

konusudur, pek çok sistem doğrusal değildir. Girdi-Çıktı bakış açısından bulanık sistemler diğer fonksiyonları ya da ölçüm sonuçlarını istenen doğrultuda yaklaşık hale getiren esnek matematiksel fonksiyonlardır.

-Eksik yada yetersiz verilerle işlemler yapılabilmektedir. Klasik sistem teorisi cebirsel, diferansiyel klasik matematiksel yöntemlere dayalı olarak modellenmektedir. Bazı sistemlerde bilgi bulanık ve belirsiz olabilir, matematiksel olarak açıklanamaz. “eğer-o halde” kuralları ile sistem tanımlanır. Uzman bilgilerinde kural tabanları oluşturulur.

-Bulanık mantık karmaşık lineer olmayan fonksiyonları modelleyebilir. ANFIS gibi uyarlanabilir teknikler yardımı ile herhangi bir girdi ve çıktı veri kümelerini eşleştirerek bulanık modeller oluşturulabilir.

-Bulanık mantık ile uzman kişilerin görüş ve tecrübelerinden yararlanır.

-Bulanık mantık sıradan insanların günlük işlerinde kullandığı dili kullanır. Bu da bulanık mantığın en büyük avantajıdır.

-İnsan düşünme tarzına yakın olmasıdır.

Bulanık Teorinin Dezavantajları;

-Uygulamada kullanılan kuralların oluşturulmasının uzmana bağlılığı,

-Üyelik fonksiyonlarının deneme - yanılma yolu ile bulunmasından dolayı uzun zaman alabilmesi,

-Kararlılık analizinin yapılışının zorluğu (benzeşim yapılabilir).

-Bulanık Mantık Sistemleri öğrenemez ya da öğretilemez.

-Kural tabanlı kontrol sistemlerinin (dolayısıyla bulanık kontrol sistemlerinin) önemli zayıf noktası; sistemin, kural tabanlarının ana değerlerinin aralıklarında tekdüze (monoton) (sürekli artan veya sürekli azalan) özellikte olması gerektiğidir. Örnek sistemimizde 90 derece ve 100 derece sıcaklıklar arasında sistemin özelliği

monoton ise ara değerleme (interpolation) başarılı sonuç verecektir. Arada maksimum ya da minimum yapıyorsa ara değerleme geręek değeri bulamayacağından sistem bu aralıkta doğru sonuca ulaşamayacaktır. Bu nedenle kural tabanları hazırlanırken sistemin maksimum, minimum noktaları kuralların ana noktalarına dahil edilmelidir. Kural tabanlı sistemlerin birden fazla giriş (ölçüm) değişkeni varsa durum daha zorlaşmaktadır. Örnek bir "iki ölçüm değişkenli sistem" üzerinde inceleyelim:

*Sıcaklık 80 derece, basınç 1 atmosfer ise yakıtı kademe20 de tut,
Sıcaklık 90 derece, basınç 1 atmosfer ise yakıtı kademe15 te tut,
Sıcaklık 80 derece, basınç 2 atmosfer ise yakıtı kademe22 de tut,*

gibi bir kimyasal kontrol sistemi monoton değilse her iki değişkene göre maksimum/minimum noktalarını kural tabanına dahil etmek zorundayız. En kötü durum ise, bir ölçüm değişkenine göre maksimum/minimum noktasının diğer ölçüm değişkenine göre hareket ediyor olmasıdır. Bu durumda hiçbir zaman ölçüm noktaları arasında monotonluk sağlanamayacağından, monotonluk sağlanamayan aralıklarda kural tabanlı kontrol (bulanık kontrol) sağlıklı bir karar veremez.

İster tam ister hibrid olsun bulanık matematiğin oynadığı rol sisteme doğrusal olmayan etkilerin sezgisel olarak katılabilmesidir. Bir başka deyişle bulanık sistemler sistemin girdisinin değişmesi ile değişken kat sayıları sabit olarak değişen doğrusal olmayan sistemlerdir. Eğer doğru olarak tasarlanırsa, bu değişken kat sayıları bulanık sistemin performansını daha da artırabilir (www.bumat.itu.edu.tr-2005).

Bulanık mantığın uygulama alanları çok geniştir. Sağladığı en büyük fayda ise "insana özgü tecrübe ile öğrenme" olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu nedenle lineer olmayan sistemlere yaklaşımlar yapabilmek için özellikle uygundur (Turban 1999).

5. TEMEL KONTROL İLKELERİ

5.1. Kontrole Giriş

Takım tezgahlarının amacı, ham madde halinde bulunan bir malzemeye belirli bir şekil vermektir. Talaş kaldırarak şekil veren takım tezgahlarında, parça ile takım arasındaki izafi hareketlerle bu durum gerçekleşmektedir. Bu bakımdan hareketler: Ana (kesme), ilerleme ve yardımcı olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Ana veya kesme hareketi esasen talaş kaldırma hareketidir; ilerleme hareketi parçanın uzunluk veya genişlik yönünden belirli kısımlarının işlenmesini sağlayan harekettir. Yardımcı hareket ise, takımın parçaya yaklaşması, talaş kaldırmak için gereken konuma girmesi, talaş kaldırıldıktan sonra başlangıç noktasına geri dönmesi gibi çeşitli ayar hareketlerinden meydana gelmektedir (Akkurt 1996). Bu tür hareketlerin istenen sonuçları vermesi için bir kontrolöre ihtiyaç vardır. Takım tezgahlarında çeşitli kontrol yapıları mevcuttur.

Takım tezgahlarında kontrol devreleri açık devre ve kapalı devre olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilir. Açık kontrol devresinde motora verilen bilgiler, motoru ve buna bağlı olan iletim sistemini harekete geçirir ve kızağı istenilen konuma getirir. Ancak kızağın tam olarak istenilen konuma getirilmesi, bu sistemde step motorunun kullanılması ile mümkündür. Oldukça pahalı olan bu motorlar, darbe (puls) şeklinde verilen bilgilere karşılık büyük bir doğrulukla belirli bir açı ile dönerler. Kapalı kontrol devresinde, kontrol sisteminden çıkan bilgiler, bir mukayese elemanı yardımı ile motora verilir, motor ve iletim sistemi harekete geçer ve kızağı istenilen konuma getirilir. Bu sistemde kızağın konumu bir ölçme elemanı (enkoder) tarafından kontrol edilir. Ölçme elemanı kızağın gerçek X konumunu sürekli olarak ölçer ve mukayese elemanına geri gönderir; burada değeri istenilen konum ile karşılaştırır ve fark olduğu durumda bu fark bir servo mekanizmanın yardımıyla giderilir.

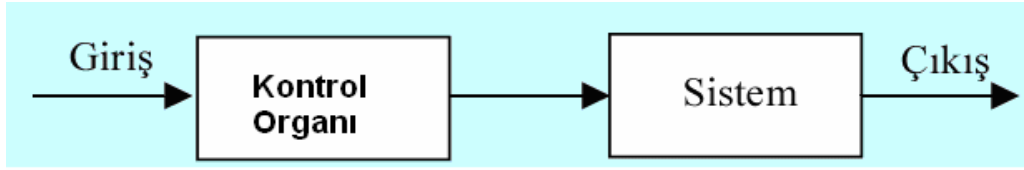
Bir kontrol problemi için uygun kontrol sistemi seçimi zor bir görevdir. Çoğu kontrol teknikleri son 50 yıldır geliştirilmesine rağmen hala yeni teknikler ortaya çıkmaktadır. Her tekniğin özel faydaları ve cazip tarafları vardır. Tüm problemlere en iyi çözümü veren tek bir kontrol sistemi yoktur. Kontrol teorisinin amacı, verilen

bir dinamik sistemin belirli değerler etrafında kalmasını ve istenen değişimler göstermesini sağlamaktır. Bu amaç üç ayrı göreve ayrılabilir; Sistem dinamiklerinin kararlı hale getirilmesi, kontrol edilmesi ve bozucuların yok edilmesidir. Çevre şartlarının sistem parametrelerini büyük ölçüde değiştirdiği ve giriş değerlerinin önceden kestirilemediği uygulamalarda klasik kontrol yetersiz kalmaktadır.

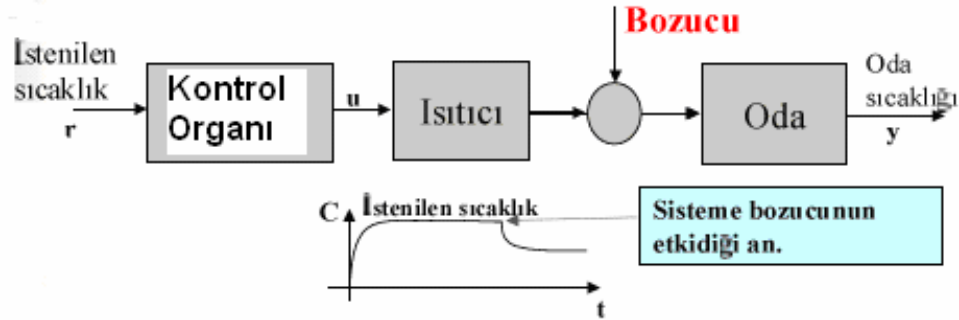
Kontrol sistemleri ile ilgili konulara ayrıntılı bir şekilde geçmeden önce, konunun iyi bir şekilde anlaşılması açısından bazı önemli ifadelerin tanımlarını yapmak yerinde olacaktır. Bir denetim sistemi bir takım elemanların karşılıklı şekilde birbirine bağlanmasından meydana gelmiştir. Bu sistem elemanları birbirlerine giriş ve çıkışlar yoluyla bağlanmıştır. Sistem elemanlarının işlevleri, bireysel giriş ve çıkışları ve sistem elemanları arasındaki bilgi akışı işlevsel blok şemaları ile gösterilir. Bu şemalar sistem elemanlarının etki ve neden-sonuç ilişkilerine göre sıralanmalarını, sistemin yapısının incelenmesini sağlar. İşlevsel bloklar bir kara kutu elemanı olarak ele alınır ve bir sistem elemanını temsil eden bir kara-kutunun davranışı giriş çıkış bağıntısı ile belirlenir. Burada giriş neden, çıkışta girişin neden olduğu bir sonuçtur. Bu nedenle giriş-çıkış bağıntısı elemanın neden-sonuç davranışı olarak ifade edilir.

Kontrol Sistemi; Kendisini veya diğer bir sistemi kumanda etmek, yönlendirmek veya ayarlamak üzere birleştirilen fiziksel organlar kümesidir. Mühendislik açısından kontrol sistemi, en az veya hiçbir insan girişimi gerektirmeyecek şekilde, istenen işlevleri ve sonuçları sağlamak üzere bir araya getirilen makine, süreç ve diğer aygıt donanımlarının otomatik çalışmasını ifade eder. Denetim sistemleri, denetlenen niceliklerin değerlerini sabit tutar ya da bu değerleri, önceden belirlenmiş biçimde değişmesini sağlar.

Açık-Döngü Kontrol Sistemi: Denetim faaliyetinin denetim sistemi çıkışından bağımsız olduğu sistemdir. Açık-döngü denetimde istenen çıkışın denetlenen çıkış değişkeni ile hiçbir karşılaştırması yoktur. Şekil 5.1.de Açık Döngü Kontrol Sistemi blok şeması ve Şekil 5.2.de oda sıcaklığının açık döngü kontrolü verilmiştir.



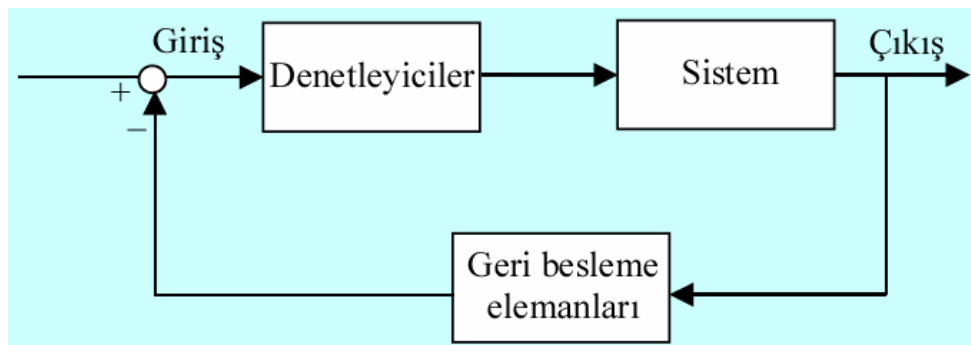
Şekil 5.1. Açık Döngü Kontrol Sistemi



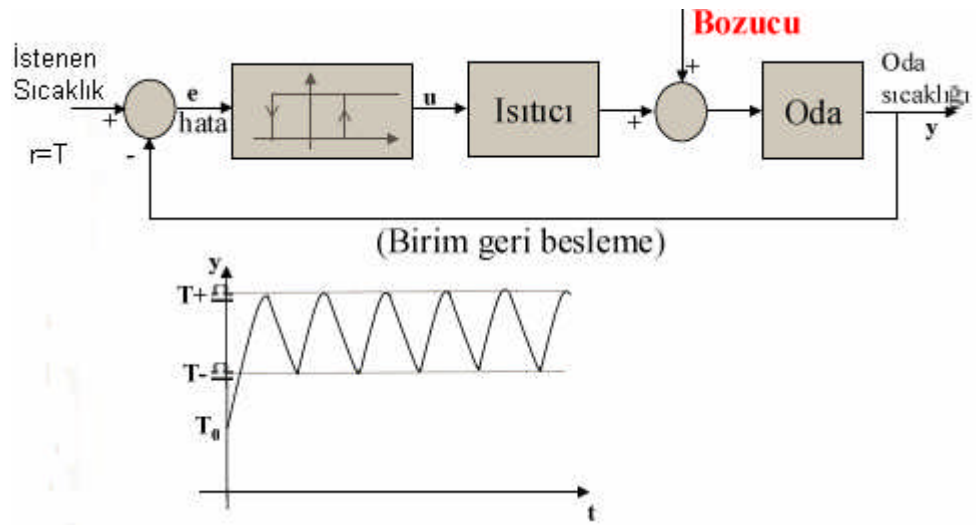
Şekil 5.2. Oda Sıcaklığının Açık Döngü Kontrolü.

Kapalı-Döngü Kontrol Sistemi: Denetim faaliyeti sistemin denetlenen çıkışına bağlı olduğu sistemdir.

Geri besleme etkisi ise negatif geri besleme ve pozitif geri besleme olarak ikiye ayrılır. Negatif geri besleme çıkışın girişe ters yönde etki ettiği ve pozitif geri beslemede çıkışın girişe aynı yönde etkidiği sistem olarak tanımlanır. Endüstriyel denetim sistemlerinde uygulanan geri besleme etkisi negatif türdendir. Şekil 5.3.de Kapalı Döngü Kontrol Sistemi blok şeması ve Şekil 5.4.de oda sıcaklığının kapalı döngü kontrolü verilmiştir.



Şekil 5.3. Kapalı-Döngü Kontrol Sistemi.



Şekil 5.4. Oda Sıcaklığının Kapalı-Döngü Kontrolü.

5.2. Kontrol Organları(Etkileri)

Bir kapalı-döngü kontrol sistemi içinde kontrol organının görevi, ölçme elemanı üzerinden geri beslenen çıkış büyüklüğünü, giriş büyüklüğü ile karşılaştırmak ve karşılaştırmadan ortaya çıkabilecek hata değerinin yapısına ve kendi kontrol etkisine bağlı olarak uygun bir kumanda veya kontrol sinyali üretmektir (Yüksel 2006).

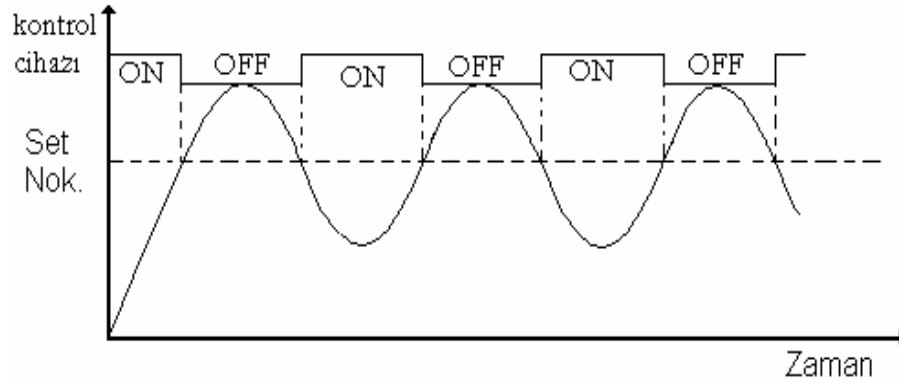
Kontrol organlarında kullanılan başlıca 4 temel kontrol etkisi şunlardır:

1. İkili veya aç-kapa kontrol etkisi
2. Orantılı kontrol etkisi (P etkisi)
3. Integral kontrol etkisi (I etkisi)
4. Türev kontrol etkisi (D etkisi)

5.2.1. Aç-Kapa (On – Off) Kontrol

Aç - Kapa kontrol cihazı set değeri üstünde veya altında ayar değişkenini açar veya kapar. Kontrol cihazının çıkışı iki konumludur; ya tamamen açık, ya da

tamamen kapalıdır. Örneğin, ayar değişkeni elektrik enerjisi olan sistemde, kontrol cihazı set değerinin altında elektrik enerjisini sisteme tamamen verir, set değerinin üstünde ise tamamen keser veya tam tersi olabilir. Aç-Kapa (On-Off) Kontrol Etkisi Şekil 5.5.de görülmektedir.



Şekil 5.5. Aç-Kapa (On-Off) Kontrol Etkisi.

Aç-Kapa kontrolde, kontrol altında tutulan değişken örneğinin sıcaklık, sürekli salınım halindedir. Set değerinin etrafında salınır. Bu salınımında tepeden tepeye değişim ve salınım sıklığı proses karakteristiklerine bağlıdır. Aç-Kapa kontrol sistemi, genellikle büyük kapasiteli ve proses değişkenlerinin yavaş olduğu sistemlerde uygulanır. Örneğin bir odanın ısıtma sisteminde veya büyük bir soğuk hava deposunun soğutma sisteminde sistemin kapasitesi büyüktür ve ısıtıcı veya soğutucunun açılıp kapanma oranları düşüktür. Böyle bir sistemde ani bir değişiklik mümkün değildir. Aç-Kapa kontrolün çok kullanıldığı diğer bazı örnekler ise; büyük bir tanktaki suyun sıcaklık kontrolü veya büyük bir tanktaki suyun seviye kontrolüdür. Yapısı gereği Aç-Kapa kontrol sürekli bir salınım içerir. Fakat yukarıda değinilen büyük çaplı kontrol sistemlerinde bu salınım zamanı oldukça büyüktür.

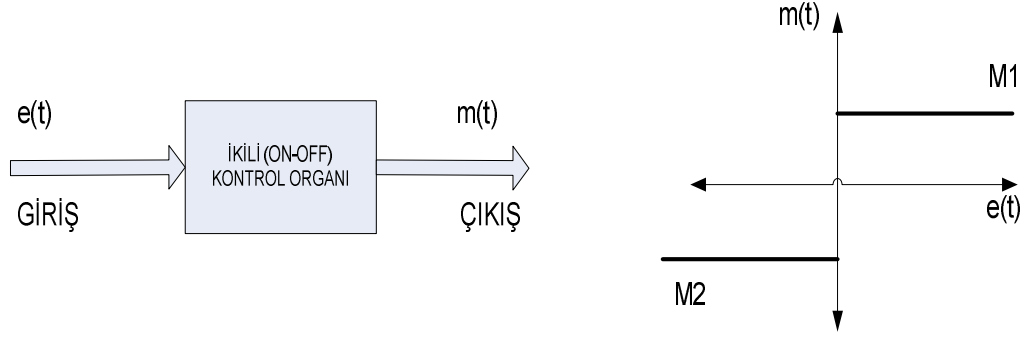
Kontrol edilen değişken çok hızlı değiştiği veya kapasitesinin küçük olduğu proseslerde ise tercih edilmez.

İki konumlu kontrol elemanında $e(t)$ hata sinyali ve $m(t)$ kumanda sinyali olarak gösterilirse;

$$e(t) > 0 \text{ için } m(t) = M1 \quad (5.1)$$

$$e(t) < 0 \text{ için } m(t) = M2 \quad (5.2)$$

Sistem giriş ve çıkışları Şekil 5.6.da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Aç-Kapa Kontrol Çalışma Prensibi.

Ancak pratikte, endüstriyel sistemlerde bu tip ideal bir aç-kapa kontrol sistemi kullanılmaz. Prosesteki bozucu faktörler ve elektriksel gürültü nedeniyle, set değeri geçişleri bu şekilde tek noktada olacak olursa sistem osilasyona girer ve devamlı set değeri etrafında sık aralıkla açma kapama yapar. Özellikle bu durum son kontrol elemanlarının çok kısa sürede tahrip olmasına sebep olur.

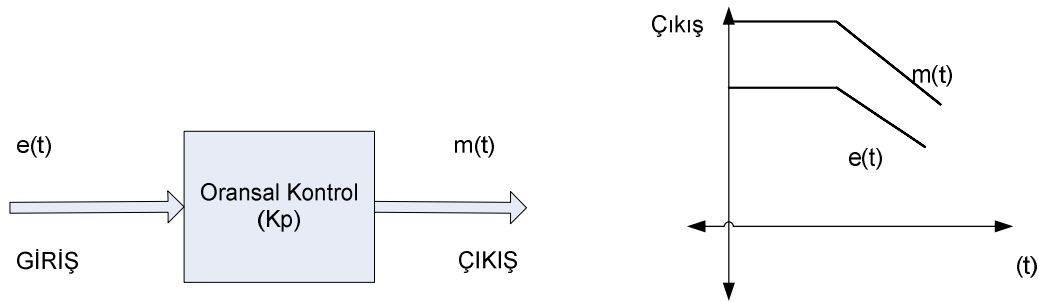
5.2.2. Oransal Kontrol

Kontrol organı çıkışı bir oransal sabit yoluyla kontrol organı girişine oranlanır. K ya orantı sabiti ya da kazanç denir. Orantı etkide her hangi bir anda hata ne kadar büyük olursa düzeltici kontrol sinyali o oranda büyük olur. Kontrol organı çıkışı $m(t)$ ile hata sinyali $e(t)$ arasında;

$$m(t) = K_p \cdot e(t) \quad (5.3)$$

bağıntısı vardır.

Oransal kontrol cihazı prosesin istediği enerjiyi sürekli olarak ayarlayarak verir. Gereksinim duyulan enerji ile sunulan enerji arasında bir denge vardır. Elektrik enerjisi kullanılarak ısıtma yapılan bir proseste, oransal kontrol cihazı ısıtıcının elektrik enerjisini prosesin sıcaklığını set edilen değerde tutabilecek kadar, prosesin gereksinim duyduğu kadar verir. Enerjinin % 0'dan % 100'e kadar ayarlanabildiği, oransal kontrol yapılabilen sıcaklık aralığına oransal band denir. Şekil 5.7. de Oransal Kontrol giriş ve çıkışları verilmiştir.



Şekil 5.7. Oransal Kontrol Çalışma Prensipleri.

Set değeri ile sistemin oturduğu ve sabit kaldığı sıcaklık arasındaki farka kayma (off-set) denir. Kaymayı azaltmak için oransal band küçültülebilir. Ancak, daha önce de belirtildiği gibi oransal band küçüldükçe, açık-kapalı kontrolle yaklaşıldığı için set değeri etrafında salınımlar artabilir. Geniş oransal band da kaymanın büyük olacağı düşünülerek prosese en uygun oransal bandın seçilmesi gerekir.

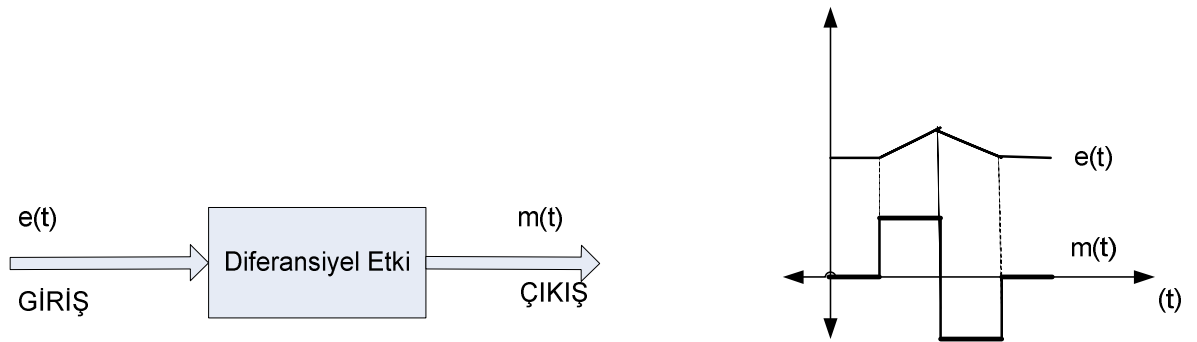
Sıcaklık yükselir, bir kaç kere set değeri etrafında salınım yaptıktan sonra set değerinin üzerinde veya altında sabit bir sıcaklık farkı ile gelip oturur. Kayma artı veya eksi olabilir.

5.2.3. Diferansiyel (Türev) Kontrol

Diferansiyel kontrolde hatanın türevi alınır, böylece çıkış;

$$m(t) = K_d \cdot \frac{de}{dt} \quad (5.4)$$

olur. K_d diferansiyel zamanıdır. Ölçülen değer sabit kaldığı sürece diferansiyel kontrolün etkisi olmaz. Bu yüzden diferansiyel etki kontrol organlarında tek başına kullanılmaz. Diferansiyel kontrol ancak negatif ve pozitif değişmelerde devreye girer. Sıcaklık kontrolü diferansiyel kontrolün kullanıldığı uygulamalardan biridir. Diferansiyel kontrol yöntemi, yüksek gürültü ihtiva eden yerlerde ve gecikme zamanı çok fazla olan sistemlerde kullanılmamalıdır. Akış kontrol, diferansiyel kontrolün kullanılmadığı uygulamalardan biridir. Şekil 5.8. de Diferansiyel Kontrol giriş ve çıkışları verilmiştir.



Şekil 5.8. Diferansiyel Kontrol Çalışma Prensibi.

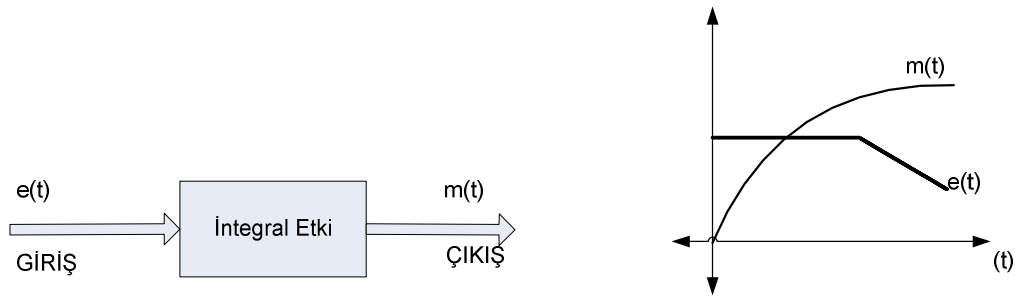
Diferansiyel kontrolün birimi zamandır. Türev zamanı büyüdükçe diferansiyel kontrolün tepkisi artar. Kaymalar (Offsetler) ve aşmalar (overshootlar) azaltılır.

5.2.4. İntegral Kontrol

Giriş değeri olan hatanın integrali alınır. Böylece

$$m(t) = K_i \int_0^t e(t). dt \quad (5.5)$$

olur. K_i integral zamanıdır. İntegral etkiye bazen reset (yeniden konumlama) etki de denir. Orantı elemanlarında ortaya çıkan kalıcı durum hatasını gidermenin yolu, integral organına hatanın integralini alan denetim etkisi ilave edilir. İntegral etki çıkışı geçmişte meydana gelen hatanın birikimi ile orantılıdır. Herhangi bir anda hatanın integrali büyükse, büyük bir düzeltme etkisi sağlanır. Uygulamada orantı etki ile beraber kullanılır. Şekil 5.9. da İntegral Kontrol giriş ve çıkışları verilmiştir.

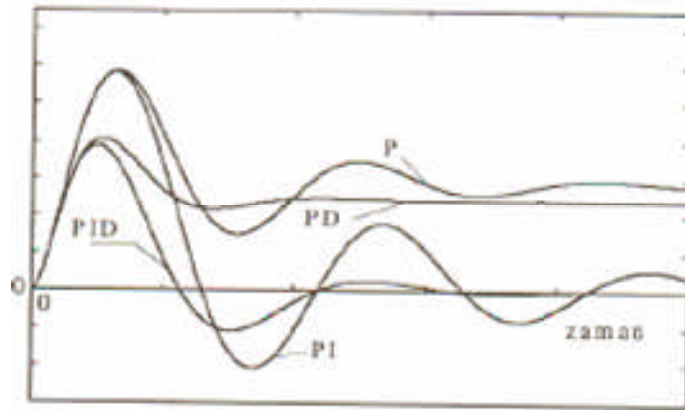


Şekil 5.9. İntegral Kontrol Çalışma Prensipleri.

5.2.5. Oransal + İntegral + Türevsel Kontrol (PID)

Kontrolü güç, karmaşık sistemlerde oransal kontrol, Oransal+Türevsel, oransal integral, kontrolün yeterli olmadığı proseslerde Oransal+integral+Türevsel kontrol tercih edilmelidir. Kısaca bu kontrolü tanımlayacak olursak; oransal kontrolde oluşan kaymalar (offset) oransal + integral kontrol ile giderilir. Ancak, meydana gelen aşmalar (overshootlar) bu kontrole türevsel etkinin de eklenmesi ile minimum seviyeye indirilir veya tamamen kaldırılır.

Şekil 5.10.da oransal+integral+türevsel kontrolün reaksiyon eğrisi verilmektedir. Dikkat edilecek olursa diğerlerine nazaran hemen hemen yok denecek kadar az aşma/azalma vardır ve kayma çok azaltılmış durumdadır. P, I, D parametrelerinin iyi ayarlanıp ayarlanmasına bağlı olarak elde edilen kontrol eğrisi değişebilir. Şekil 5.10.da P, PI, PD ve PID Kontrol çıkışları gösterilmiştir.

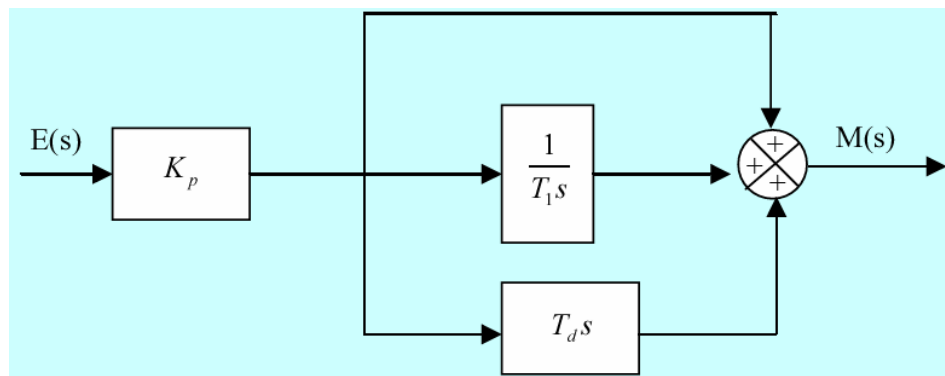


Şekil 5.10. PID Kontrol Çalışma Prensi (Yüksel 2006).

Kontrolörden geçen $m(t)$ sinyali, oransal kazanç (K_p) ile hata değeri, integral kazancı (K_i) ile hatanın integrali, türevsel kazanç (K_d) ile hatanın türevi çarpımlarının toplamına eşittir. Şekil 5.11.de PID Kontrol Sistemi blok şeması verilmiştir.

$$m(t) = K_p \cdot e + K_i \int_0^t e \cdot dt + K_d \frac{de}{dt} \dots\dots\dots(5.6)$$

K_p , K_i , K_d Katsayılarının Karakteristiği; Oransal denetleyicilerin (K_p), yükselme zamanını azaltmada etkisi vardır ve azaltır, ama asla tamamen yok etmez (kararlı hal hatası).



Şekil 5.11. PID Kontrol Sistemi.

İntegral denetleyicinin (K_i) kararlı hal hatasının çıkarılmasında etkisi vardır ancak bu geçici tepkinin daha kötü olmasına sebep olabilir. Türevsel denetleyicinin (K_d) sistemin kararlılığının artmasında etkisi vardır, aşmayı azaltır ve geçici tepkiyi düzeltir. Kapalı döngülü bir sistemde, her bir denetleyicinin etkisi K_p , K_d ve K_i aşağıdaki Tablo 5.1.de özet olarak gösterilmiştir.

Tablo 5.1. K_p , K_i , K_d Katsayılarının Çıkış Etkisi.

Katsayı	YÜKSELME ZAMANI	AŞMA	YERLEŞME ZAMANI
K_p	Azalı	Artar	Az Değişir
K_i	Azalı	Artar	Artar
K_d	Az Değişir	Azalı	Azalı

Unutmamalı ki bu düzeltmeler tam olarak geçerli değildir. Çünkü K_p , K_i ve K_d birbirlerine bağımlıdır. Yani değişkenlerden birinin değişimi diğer ikisinin etkisini değiştirebilir. Bu yüzden tablo K_i , K_p ve K_d değerlerinin belirlenmesinde sadece bir referanstır.

PID kontrol en eski kontrol tekniklerinden biridir. Bu teknik çeşitli sebeplerden dolayı popülerdir. Birinci olarak kontrolör yapısı basittir. İkinci olarak PID kontrolör düzenlemek ve ayarlamak kolaydır, fiziksel olarak anlaşılabilir. Teknisyenler çok kısıtlı bilgileriyle kısa zamanda ayarlamayı öğrenebilirler. Üçüncü olarak PID kontrol donanımı diğer kontrolörlerden daha geniş olarak kullanılır. Dördüncü olarak endüstride hala kullanımdadır.

5.3. Adaptif Kontrol

Adaptif kontrol, sistemi bazı özel kriterlere göre optimal bir tarzda yürütmek için çevredeki değişime göre karakterini ayarlayabilen geri beslemeli kontrol sistemi olarak tanımlanır.

Zamanla çevrede meydana gelen değişimin üstesinden gelen bir adaptif kontrol sistemi, optimal kontrol sistemden veya geri beslemeli kontrol sistemlerinden farklıdır. Geri beslemeli ya da optimal sistemler, ya belirlenmiş çevrede gerçekleşir ya da bilineni gerçekleştirirler. Eğer çevredeki değişimler çok hassas ise bu sistemler tasarımcı tarafından istenen tarzda tasarlanamaz.

Diğer taraftan adaptif sistem çevreyi değerlendirir. Daha doğru olarak sistemin performansını değerlendirir. İyileştirmek için kontrol karakteristiğinde gerekli değişikliği yapar.

Adaptif kontrol takip eden üç fonksiyonu içerir: Bunlar tanımlama, karar ve değişimdir. Herhangi bir adaptif kontrol sisteminde sistemi bileşenlerine ayırmak zordur. Tersine bu üç fonksiyon adaptasyonun meydana gelmesi için sistemde bulunmalıdır (Groover 1987).

5.3.1. Tanımlama fonksiyonu

Bu prosesin ya da sistemin uygun performansının belirlenmesini içerir. Normalde sistemin performansı performans indeksi ile belirlenir. Tanımlama fonksiyonu prosteden veri geri beslemesi kullanarak performans ölçümünün mevcut değerinin belirlenmesiyle tanımlanır. Çevre zamanla değişeceği için sistemin performansı da değişir. Buna göre tanımlama fonksiyonu zamanla az ya da çok sürekli değişim gösterir. Sistemin tanımlanması çok sayıda ölçülebilen faaliyet içerebilir. Proses değişkenlerinin ölçümünden performans indeksinin hesabı veya prosesin uygun matematik modeli belirlenir. Tanımlama fonksiyonu, geçerli performans kalitesi ile arzu edilen optimal performansın karşılaştırılmasını içerir. Genellikle adaptif kontrolün tanımlama fonksiyonu, ya performans indeksi değerini ya da problemi tarif eden matematiksel modelin değerini ifade eder. Örneğin talaş kaldırmada, performans indeksi, matematiksel denklem olarak kaldırılan talaş hacminin birim maliyeti olabilir.

Böylece proste matematik model nasıl değişim meydana getirir, etkilerine bakılır.

Pratik problemlerde değişiklere genelde izin verilir. Alt ve üst limitler arası kısıtlar değişir. Kısıtların değeri prosesin matematik modelinde yer alır. Prosesdeki imalat ve konstrüksiyon sınırlamaları kısıtlarla ifade edilir. Örneğin Matkabın kırılmadan sağlayabileceği tork miktarı, matkabın boyutuna bağlıdır. Tork kısıt değeri yeni uç değişimlerinde tekrar ayarlanmalıdır.

Yeterli performans değişimi varsa problem adaptif kontrol problemi olmaya adaydır. Adaptif kontrol sistemlerinde en zor problem, tanımlama problemidir. Bu problemin çözümü çeşitli varsayım ve kabullere dayanmaktadır. Tanımlama fonksiyonu verilen prosesi en uygun olarak temsil etmelidir. Tanımlama fonksiyonunun tipi; 2 yöntemden birine girer.

1. Prosesin tanımlandığı yerde mümkün ve uygundur: Proses hakkında bilinen matematik modelin güvenilir olduğu varsayılır. Tanımlama fonksiyonu modelin parametrelerini belirlemek için çevrim içi ölçme yapar. Tanımlama esnasında matematik modelin seçimi zordur. Bu durumda bir model ve onun parametreleri tanımlanır. Amaç fonksiyonumuz doğrultusunda optimizasyon prosedürü yerine getirilir.

2. Prosesin tanımlandığı yerde mümkün ve uygun değildir; Bu durumda proses çok karmaşıktır ve zayıf olarak tanımlanmıştır. Sonuçta matematik modelin kullanımını uygun değildir.

Ölçmelerle prosesin performans kalitesi ya da değerlendirmesini yapmak mümkündür.

5.3.2. Karar Fonksiyonu

Sistem performansını belirledikten sonra, adaptif kontrol fonksiyonunun proses performansını iyileştirmek için kontrol mekanizmalarını nasıl ayarlanılacağına karar verilir. Bu karar, sistem tasarımcıları tarafından sağlanan mantıksal ön programlar vasıtasıyla yerine getirilir. Kontrolörün iç parametrelerinin bazıları bu kararlarla değiştirebilir. Bazıları da diğer kararlarda değiştirir.

5.3.3. Değişim(Düzenleme) Fonksiyonu

Adaptif fonksiyonun kararını yerine getirmek içindir. Karar fonksiyonu mantıksal bir fonksiyon olurken Düzenleme fonksiyonu sistemdeki mekanik ya da fiziksel değişimle ilgilenir. Bu fonksiyonu bir yazılım fonksiyonundan çok donanım fonksiyonudur. Düzenleme prosesin daha optimal bir duruma doğru götürülmesi için sistem parametrelerinin ya da değişkenlerinin değişimini içerir.

Prosesin zamanla çevreden etkilendiği var sayılır. Özetle adaptif kontrol sistemi; birinci olarak giriş ve çıkışın ölçümü yoluyla geçerli proses performansını tanımlar. Geçerli performansın bağlı olduğu sistem parametrelerinde ne gibi değişiklik olacağını belirleyen karar prosedürüdür. Proseste gerçek zamanlı değişiklikler düzenleme fonksiyonu tarafından yapılır.

Genellikle adaptif kontrol sistemi, uzay araçları, füze ve uçak kontrol uygulamalarında başarıyla uygulanmaktadır. Adaptif kontrolün uygun olması için:

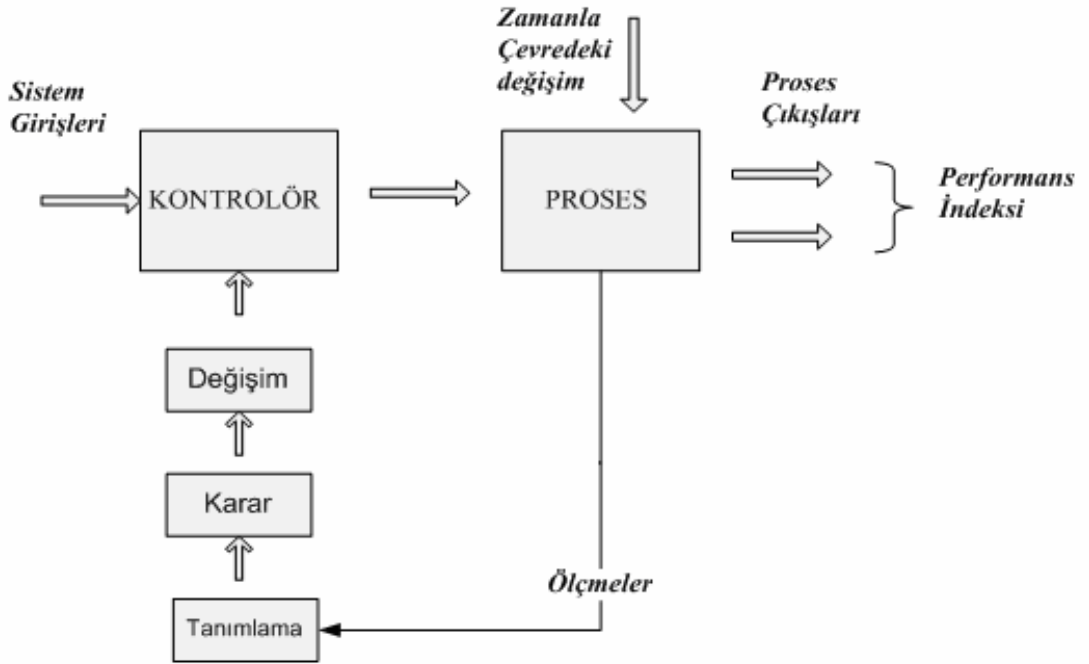
1. Mekanik sistemde önemli zaman gecikmeleri olmamalı,
2. Sistem dinamiği iyi anlaşılacak şekilde tasarlanmalıdır.

Bir talaş kaldırma işlemi için, Adaptif Kontrol Sistemi (AKS) tanımlanan çıkış proses değişkenlerini ölçer ve bunları hız, ilerleme, kesme derinliği v.s.yi kontrol için kullanılır. Adaptif kontrolde kullanılan bazı proses değişkenleri iş sehim, kuvvet, tork, kesme sıcaklığı, titreşim genliği ve güçtür. Diğer bir deyişle hemen hemen tüm metal kesme değişkenleri deneysel adaptif kontrol sistemi ile ölçülebilir. Adaptif kontrollü talaş kaldırma işlemi, prosesi daha verimli yapmaya çalışır. İşleme performansının ölçümünde birim hacim talaş kaldırma maliyeti veya talaş kaldırma hızı kullanılabilir.

Adaptif kontrollü işleme konusu, nümerik kontrolün mantıksal bir göstergesidir. Adaptif kontrol uygulamaları talaş kaldırma işlemleri ile sınırlı değildir. Kontrolde çok geniş bir yelpazede uygulama alanı vardır. Şekil 5.12.de Adaptif Kontrolün Fonksiyonları gösterilmiştir.

Adaptif kontrol hem geri beslemeli sistem hem de optimal kontrol sistemi özelliklerine sahiptir. Bir geri beslemeli sistem gibi belirli proses değişkenleri ölçülür. Ayrıca optimal sistem gibi toplam performans ölçümünde kullanılır. Diğer iki tipten ayırt edici özelliği zamanla değişen çevrelerde talaş kaldırma için tasarlanabilirler.

Eğer iç parametreler veya sistem mekanizmaları sabitse, geri beslemeli bir kontrol sistemi durumundaki gibi, sistem bir çevre tipinde diğerinden oldukça farklı operasyonlar yapabilir. Örneğin uçakların kontrolü 60.000 fit yükseklikteki süpersonik uçuşta, deniz seviyesindeki subsonik uçuştan farklı etkiye sahiptir. Çevredeki değişimi telafi etmek için bir adaptif kontrol sistemi dizayn edilir. Bazı görüşlere göre kontrol mekanizması, optimal yada optimale yakın performansı başarmak için uçağın yer değiştirmesi ve performansının izlenmesiyle çevredeki değişimi telafi etmek için bir adaptif kontrol sistemi dizayn edilir. Çevre terimi kontrolde yaygın olarak kullanılır. Normal proses operasyonlarında çevre referans alınır. Örneğin bir üretim prosesinde nem, hava sıcaklığı, ham madde, takımdaki aşınma günden güne değişime uğramaktadır.



Şekil 5.12. Adaptif Kontrolün Fonksiyonları.

5.4. Proseste Niçin Değişim Meydana Gelir?

Aşağıdaki durumlardan dolayı zamanla proseste tahmin edilemeyen birincil sebeplerden dolayı değişim meydana gelir (Groover1987).

1. Çevresel değişiklikler: Bazı işlemler, ortamdan etkilenirler. Örneğin bazı kimyasal işlemler, havada sıcaklık ve bağıl nem tarafından etkilenirler. Memnun edici sonuçların sürekliliği için çaba gerekir. Bu durumda prosesteeki değişimi telafi etmek için diğer değişkenler uygun olarak değiştirilmelidir.

2. Hammaddelerdeki değişim: Proseste hammadde girişlerinde değişimleri kontrol etmek zordur. Malzemeyi tanımlayan tüm özellikleri kontrol etmek hemen hemen olanaksızdır. Özelliklerin değişimi, işleme operasyonlarında ters etki yapabilir.

İşleme operasyonlarında hammaddenin içindeki sertlik, kuvvet, mikro yapı, kimyasal ve termal değişiklikler hesaba katılmalıdır. Bu faktörlerin her biri işlenebilirliği etkiler. Her birisi, iş parçasından iş parçasına geniş bir aralıkla değişir. Ayrıca boyut ve geometrideki mümkün değişimler de dikkate alınmalıdır.

3. Makine Elemanlarının aşınması: Üretim teçhizatının hareketli kısımlarında, zamanla aşınma meydana gelir. Bu bozuk imalata sebep olur. Çoğu üretim operasyonlarında takım ve tezgah elemanları aşınır. Talaş kaldırmada adaptif kontrol sistemi ile imalatın takım ve tezgah aşınmasına karşılık telafi değerlerle düzgün olarak sürdürülmesi sağlanmış olur.

4. Elemanların Yetersizliği: Bazı makine elemanının aşınmasından dolayı proses başarısızlıkla sonuçlanır. Bu genellikle bütün sistemin bozulmasına sebep olur. Örneğin işleme operasyonunda kesici takımdaki aşınmada operasyon durdurulup takım değiştirilir. Ancak bazı sistemlerde küçük değişikliklerde sistemi durdurmak gerekli değildir. Üretim akışında paralel istasyonlar buna örnek verilebilir. Üretim azalır ama durmaz. Proseste her bir durumunda meydana gelen değişim, prosesin matematik modeline yansıtılır.

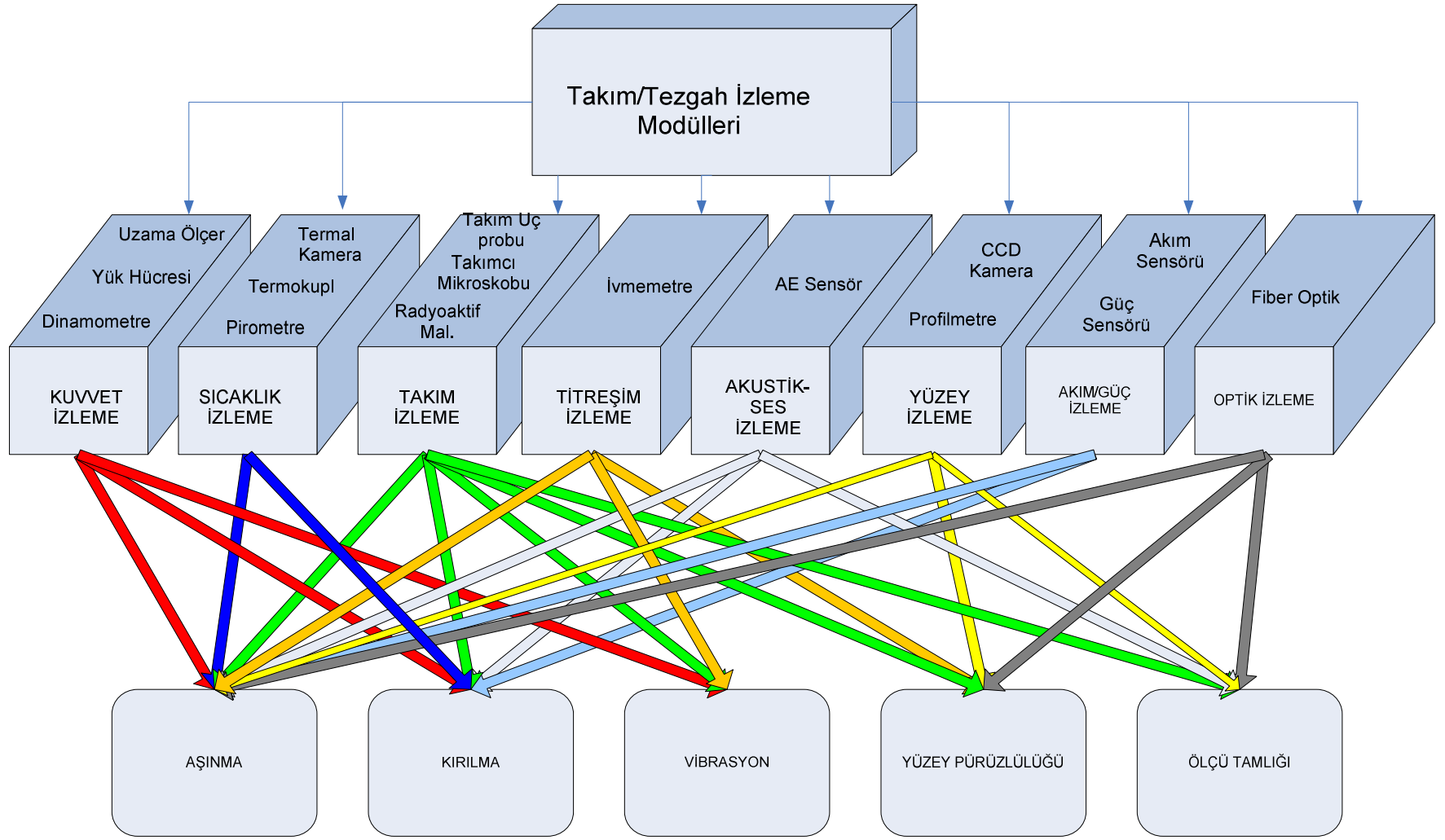
6. TAKIM TEZGÂHLARININ İZLENMESİ VE ZEKİ ADAPTİF KONTROLÜ

Zeki talaş kaldırma (işleme) sistemleri sensör uygulamaları, izleme ve kontrol teknolojilerini içine alır. Bu sayede işleme sisteminin performansı iyileştirilir, detaylı olarak proses hakkında bilgi toplanır ve proses kontrol edilir. Çağımızda bilgisayar teknolojileri üretim endüstrisini çok etkilemektedir. Özellikle malzeme taşıma, kalite izleme, hareket kontrol, kaynak planlama, proses kontrol üzerine otomasyon çalışmaları yapılmaktadır. Talaş kaldırma işleminin algılanması çok kapsamlı ve karmaşık bir konudur. Takım tezgâhlarında izleme ve kontrolle ilgili günümüze kadar birçok çalışma yapılmıştır. Kalite kontrol, proses optimizasyonu, takım ve tezgâh durumu izleme, adaptif kontrol gibi kesme proseslerinin izlenmesine hem araştırmacılar hem de endüstri çevreleri büyük ilgi göstermektedir. Zeki kontrol sistemlerinin önemli görevlerinden birisi, bilinmeyen veya belirsiz kontrol çevrelerinde istenen davranışların sağlanmasıdır. Takım izleme sistemi, takım tezgâhını ve takımını korur. Ayrıca kesme prosesi ile ilgili değerli bilgiler sağlar. Takım değiştirme maliyetini azaltır. Gerçek zamanlı takım aşınması ölçümü ile ıskarta parça oranı ve üretim maliyeti düşer. Tezgâhların tam kapasite çalışmaları sağlanmış olur. Kesme parametreleri belirlenen optimum sınırlar içinde seçilir.

Talaş kaldırma işlemlerindeki adaptif kontrol çalışmalarında sabit referans kuvvetle işlemin sürdürülmesi için ilerleme değeri sürekli ayarlanır. Bu sayede düşük kapasiteli çalışma şartlarında üretim zamanı minimizasyonu amaçlanarak ilerleme optimum değerlere ayarlanır. Yine takım aşırı zorlanmadığı şartlarda çalıştırıldığı için takım ömrü de artmış olur.

6.1. Takım Tezgâhlarında İzleme Yöntemleri

Birçok algılayıcı; tezgâhın, takımın ve çevrenin izlenmesi ve bir bilgisayar tarafından bilginin işlenmesi için kullanılmaktadır. Algılayıcı seçimi; karakterleri,



Şekil 6.1. Takım/Tezgaħ İzleme Modülleri.

kullanılacağı yer, uygulama amacı vb. şartlara göre belirlenir. İzleme yöntemleri ile takım, tezgâh ve işleme durumu ile ilgili güvenilir bilgiler toplanır.

Kullanılacak algılayıcıların montaj yeri ve şekli, hassasiyeti, güvenilirliği, ölçme aralığı, örnekleme zamanı v.s. ölçme işleminden beklenen sonucun alınması için önemlidir. Takım ya da tezgâhı izleme; modüller halinde Şekil 6.1'deki gibi gösterilebilir. Bu modüllerden biri veya birkaçı beraber kullanılarak istenen amaç doğrultusunda ölçme gerçekleştirilir.

6.1.1. Kesme Kuvvetlerinin İzlenmesi

Kuvvet, tornalama ve frezeleme proseslerinde ölçülebilen en önemli değişkenlerden biridir. Kesme kuvvetlerinin izlenmesi ile doğru işleme prosesi sürdürülebilir. Eğer kesme kuvvetleri takımın ve tezgahın karşılayabileceği sınırlar içinde olursa iş parçası için daha iyi yüzey pürüzlülüğü ve takım için daha uzun ömür sağlar.

Kuvvet Sensörleri İki Ana Grupta İncelenebilir;

1.Piezo Elektrik Esaslı sensörler

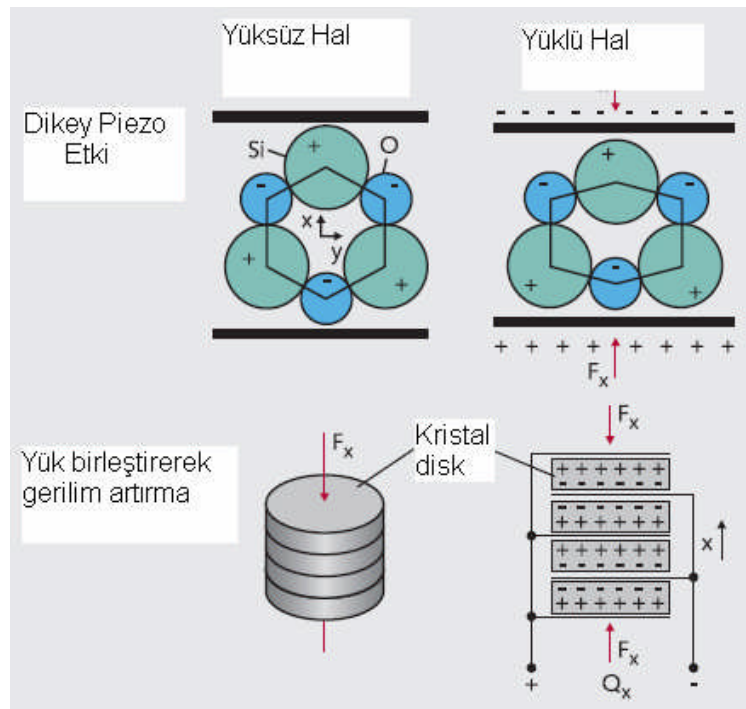
2.Gerilme Esaslı Sensörler

Piezo elektrik sensörler, hızlıdır fakat statik kuvvetlerden dolayı düşük frekans kuvvet dalgalanmaları ölçülemez. Ayrıca piezo elektrik sensörler gerilme esaslı sensörlerden daha pahalıdır. Şekil 6.2'de piezo elektrik sensör görülmektedir.

Eğer kesme kuvvetleri düzgün olarak ölçülür, talaş kaldırma prosesi gerçek zamanlı kontrol edilirse, amaç fonksiyonumuz doğrultusunda kesme zamanı ve kesme maliyetleri azaltılabilir. Kesme kuvvetlerinin izleme ve kontroldeki önemi dolayısıyla literatürde çok sayıda yapılmış çalışma mevcuttur.

Jun ve ark. (2002) frezelemede iş miline sensör yerleştirerek kesme kuvvetlerini izlemiştir. Monte ettikleri dinamometre ile hacim boşaltma işleminde

kesme kuvvetlerini ölçmüşlerdir. Bu makalede, izleme için kuvvet temelli aşınma uyarısı ve teşhisi yapan bir sistem geliştirmiştir. Burada uzama ölçer esasına dayanan gerinme ringleri kuvvet ölçümünde kullanılmıştır. Yük artışıyla uzama ölçer direnci değişmektedir. Elde ettiği sonuçları dinamometre değerleri ile karşılaştırılarak doğruluğunu ispatlamıştır.



Şekil 6.2. Piezo Elektrik Sensör İç Yapısı.

Choudhury ve Subhashree (2000), ortalama x ve y kuvvetlerinden teğetsel kesme kuvveti katsayılarını hesaplayarak takım taban aşınmasını bir metotla tanımlamışlardır. Eğer x ve y kesme kuvvetlerden biri ve kesme parametreleri (Dış başına ilerleme ve kesme derinliği) bilirse taban aşınmasının tahmin edilebileceğini göstermiştir. Güvenilir takım aşınması izleme tekniklerinin en önemlilerinden birisi, erken uyarı ve anlık uyarı sistemlerinin kullanımındır. Bu çalışmada frezeleme için takım aşınması tahmin yaklaşımı önerilmiştir. Taban aşınması ile ortalama teğetsel kuvvet arasında ilişkiyi kullanan bir yaklaşım geliştirilmiştir. Kesme parametreleri

olan hız, ilerleme ve kesme derinliği ile aşınma ve kesme kuvvetleri arasındaki ilişki, deneysel çalışmalarla modellenmişlerdir. Önerilen modelin performansının yüksek doğrulukta olduğu geçmiş çalışmalarla karşılaştırılarak ispatlanmıştır.

Altıntaş (1988), Adaptif bir filtre kullanarak kuvvet ölçümünden takım körelmesi ve kırılma anını belirleyen bir model geliştirmiştir. Filtrenin kazanç ayarı burada büyük bir problemdir. Eğer filtreler doğru ayarlanabilirse takım kırılması tespit edilebilir. Böylece takım ve iş parçası tasarrufu ile yüksek karlılık sağlanmış olur.

6.1.2. Titreşimlerin İzlenmesi

Titreşim vektörel bir büyüklüktür. Titreşimin gerçek büyüklüğünü doğru olarak bulabilmek için, kartezyen koordinat sisteminin her üç ekseninde mutlaka ölçüm yapmak gerekir. Yönlerdeki ölçümler arasında faz farkını önlemek için aynı anda üç eksenli ölçümler amacıyla üç eksenli ivmeölçerler (accelerometer) geliştirilmiştir.

Titreşim ölçümleri konfor, gürültü önleme, arıza tespiti, standartlara uygunluk, rezonans, balanssızlık gibi konuların çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Titreşim ölçümlerinde incelenen frekans aralığına göre piezoelektrik veya uzama ölçer ile çalışan ivmeölçerler, sinyal düzenleyici ve veri toplama sistemi kullanılmaktadır. Zaman uzayında toplanan veriler daha sonra dijital ortamda işlenerek frekans analizi yapılmaktadır.

İvmeölçerler, ivme, titreşim ve mekanik şok değerlerini ölçmede kullanılırlar. Tüm ivmeölçerlerde bir sismik kütle, yay ve damper sistemi vardır. Sismik kütle üzerine etkiyen atalet kuvvetinin yarattığı ivme ölçülür.

Kapasitif ivmeölçer de kapasitif iletim prensibi kullanılır. Sismik kütle olarak bir diyafram kullanılır. Bir ivme etkidiği zaman sabit elektrot ile sismik elektrot arasındaki mesafe değişir. Mesafenin değişmesiyle kapasitans değişir ve ivme ile orantılı bir çıkış elde edilir

Piezoelektrik ivmeölçer piezoelektrik etkinin kullanıldığı bu tip sensörlerde, sismik kütle bir piezo kristal malzeme üzerine bir kuvvet uygular ve bunun neticesinde bir elektrik yük oluşturulur. Kuvars ya da seramik kristaller bir kuvvet altında kaldığında pikocoulomb seviyesinde elektrik yükü üretirler. Bu elektrik yükünün kristal üzerindeki değişimi yer çekimi ivmesinin değişimi ile doğru orantılıdır. İvmeölçerlerdeki sismik kütle ivme altında maruz kaldığı atalet kuvveti piezoelektrik kristale etkir ve ivme ile doğru orantılı bir elektrik sinyali çıkışı verir. Bir yongaya (chip) sahip piezoelektrik ivmeölçerlerin içinde, sinyali taşınabilir voltaj sinyaline çeviren bir sinyal koşullayıcı devre vardır. Şekil 6.3’de bir Piezo elektrik ivme sensörü iç yapısı görülmektedir.



Şekil 6.3. Piezo Elektrik İvme Sensörü.

İvmemetreler; iş parçası, takım, tezgâh yapısı içindeki titreşimlerinin genliğini ve frekansını ölçmek için kullanılır. Titreşim oluşumu talaş kaldırma işlemlerinde takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğünü etkiler. Kesme derinliği ve diş başına ilerleme gibi işleme parametreleri yanlış seçilirse titreşim oluşur. Bunlara ilaveten iş parçası rijit olarak bağlanmazsa titreşim oluşur. Kesme hızı artarken titreşimde artmaktadır.

İvme sensörlerinin çok çeşitli tipleri vardır. Ancak büyük çoğunluğu sismik prensipleri kullanırlar. Sismik prensipli bir sensör takım ya da tezgâh titreşim yaptığı zaman küçük bir kütle hareket edip baskı uygular. Piezo-elektrik, piezo-rezist, değişken kapasitif ve servo ivme metreler bu tip sensörlerdir.

Talaş kaldırma işlemlerinde titreşim sensörleri takım aşınma oranı, takım kırılma kontrolü ve tırlama (chatter) titreşimini belirlemek için kullanılmaktadır.

Chen ve Wei (1999) Online frezeleme işleminde takım aşınmasını ivmemetre ile izleyerek işlemin sonlandırılma anını tespit etmiştir. Takım kırılma eşiğini çok sayıda çalışmadan sonra belirlemiştir. Bu yaklaşımın bir dezavantajı; iş parçası, tezgâh ve takıma özgü ayarlamalarla sınırlı olmasıdır. İvmemetre ile gerçek zamanlı izleme sistemleri ile takım aşınma ve kırılmasını tespit eden sistem geliştirmişlerdir. Çeşitli deneysel testlerle frekans uzayında FFT (Fast Fourier Transfer) ile takım durumu izlenmiştir. Diğer izleme metotlarıyla karşılaştırıldığında ivme ölçme mekanik yönden herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duymaz ve kolay uygulanır. Sistem düşük maliyetle güvenilir bir şekilde uygulanabilir. Real time uygulamalar için takım kırılması ve durumunun önceden tespitinde yararlı bir uygulamadır.

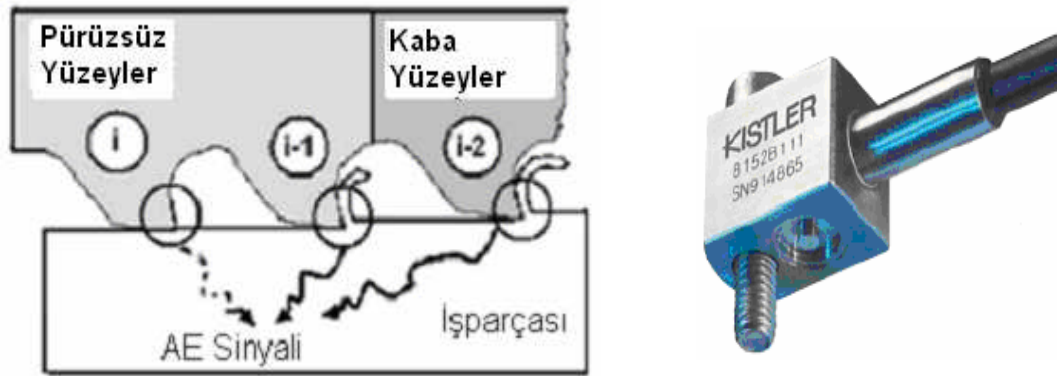
6.1.3. Akustik Emisyonların İzlenmesi (AE)

Malzemelerin kesilme esnasında plastik deformasyon ve kırılma sebebiyle enerji yayması durumunda akustik emisyon sinyalleri oluşur. Bu yayılım malzeme, talaş ve takım özelliklerine göre değişmektedir.

Bu sensörler farklı şekillerde sinyaller üretirler. Bu sensörler temelde iki tiptir. Sürekli ve ani kesikli sinyaller şeklindedir. Sürekli tip sinyaller sünek malzemelerin plastik deformasyondan üretilirler. Ani kesikli sinyaller ise çatlamalardan, kırılmalardan talaş kopmalarından üretilir. Talaş oluşum bölgesinden üretilen bir sinyalin ölçümü AE ile gerçekleştirilir. Sensör yüzeye silikon veya cıvata ile sabitlenir. Çoğu uygulamalarda sensör takım döndüğü için iş parçası yüzeyine yerleştirilir. Kablosuz sinyal aktaran AE sensörlerinin sınırlı kullanımı vardır.

Inasaki (1998), takımdaki titreşimleri başarıyla ölçmüştür. Taşlama işlemi çok uçlu veya tek uçlu takımla kesme işleminin izlenmesi için AE sensörlerini kullanmışlardır. Burada önemli bir konu sensörün uygulama yeri ve sinyallerin işlenmesi olayıdır. AE sensörlerinin hareketli takıma montajı zordur. Bu nedenle hareket en yakın yere monte yapılır. Yapay sinir ağları ile izleme işlemi AE sensörler

kullanarak tanımlanabilmektedir. Böylece takım ile ilgili güvenli bilgiler alınabilmekte ve karar oluşturmada kullanılmaktadır. Şekil 6.4’de AE sensörüne ait fotoğraf görülmektedir.



Şekil 6.4. Broşlama İşleminde AE Sinyalleri.

Dragos ve ark. (2004) Broşlama işleminde işlenmiş yüzey kalitesine etki eden faktörleri bulmak için AE, titreşim ve kesme kuvvetlerini ölçerek yüzey kalitesini tahmin algoritması geliştirmiştir. Geometrik ölçü tamlığı, tırlama, kesme şartları için takım aşınma seviyelerini sınıflandırmıştır.

6.1.4. Elektrik Direncinin İzlenmesi

Bu metot, takım ile iş parçası arasındaki direnç ölçümünden ibarettir. Takım gittikçe aşınır ve takım ile yüzey arası mesafe büyür, takım iş parçasına yaklaştırılır. Böylece takım parça temas yüzeyi fazlalattığı için elektriksel direnç düşer. Uygulanması kolay olmasına rağmen sıcaklık, kesme kuvvetleri ve dış parazitlerden dolayı bazı dezavantajlara sahiptir. Soğutma sıvısı kullanılması ve talaş teması yüzünden doğru bir şekilde kullanımı zordur. Sınırlı kullanıma sahiptir.

6.1.5. Motor Akımının İzlenmesi

Motor akımı, kesme kuvvetleri ve takım aşınması ile doğru orantılıdır.

Bu ilerleme kuvvetini ve takım durumunu tahmin etmek için en ekonomik metotlardan biridir. Altıntaş (1992), yüksek hızlı frezeleme işleminde akım izleyerek takım kırılmasını tespit etmiştir. Li ve Ark (2000), takım aşınma hızını tespit eden bir deneysel çalışma yapmıştır. İlerleme akım ilişkilerini incelemiştir. Daha sonra regresyon analizi ile takım durumlarını sınıflandırmışlardır. Takım tezgahının zarar görmesini önlemek ve istenen iş parçası kalitesinde üretimi sağlamak için takımın izlenmesi önemlidir. Bu makalede AC servo motorlara yerleştirilen pahalı olmayan akım sensörleri ile ilerleme kesme kuvvetleri kolaylıkla tespit edilmiştir. Bir tornalama işlemi için YSA-BM tekniklerini kullanarak kolaylıkla ölçülen akımdan kuvvetleri bulmuşlardır. Takım aşınması ile ilerleme kuvveti arasındaki ilişkiyi de tespit edilmiştir. Sistem endüstriyel uygulamalarda kolaylıkla kullanılabilir.

Sistem motor besleme kablolarının etrafına bir bobin yerleştirilmesiyle gerçekleştirilir. Çekilen akıma göre bobinde indükleme ile bir gerilim oluşur. Bu bobin bir ölçme devresine bağlanarak akım değişimleri kaydedilir.

6.1.6. Ultrasonik İzlenme

Ultrasonic ışınların (dalga) işlenmiş yüzeylerden yansımalarının ölçümü ile yüzey pürüzlülüğü hesaplanabilir. Bu metotla takım aşınması da tahmin edilebilir. Coker ve Shin (1996), soğutucu akışkanı ışın taşımada kullanarak frezeleme işleminde yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasını tahmin eden bir model geliştirmişlerdir. Bu çalışmada ultrasonik sensörlerle yüzey pürüzlülüğünün kontrolü ve izlenmesi incelenmiş ve deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Ultrasonik ışınların yansımaları ölçülerek titreşim, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değerleri gözlemlenmiştir. Takım aşınmasının sebep olduğu yüzey pürüzlülüğü değerini tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada aşınma değeri 0.3mm. oluncaya kadar yüzey pürüzlülüğünün kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığını ispatlamışlardır.

6.1.7. Yüzey Pürüzlülüğünün İzlenmesi

Bitmiş iş parçası yüzey pürüzlülüğü bazı işleme parametrelerine bağlıdır. Bunlardan uç yarıçapı ve ilerleme büyük etkiye sahiptir. Takım aşınması sonucu

oluşacak pürüzlülüğü önlemek için takım durumu ve iş parçası gerçek zamanlı izlenmektedir. Optik izleme metotları ile yüzeyin yansıtma özelliği kullanılarak yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması hakkında karar sistemi oluşturulabilmektedir.

Gerçek zamanlı olmayan yüzey pürüzlülüğü ölçümünde bir elmas iğne uç yüzeye dokunmakta ve yüzey profilini örneklemektedir. Bu metodun dezavantajı yumuşak yüzeyler profilmetreden zarar görebilirler. İşleme esnasında kullanımı sınırlıdır. Kullanım için temizlenmiş yüzey gereklidir.

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için laser kullanan metotlar da mevcuttur.

6.1.8. Yakınlık (Proximity / Touch) İzlenmesi

Parça boyutunu ölçmenin basit bir yoludur. Çap boyunca ölçme yaptığı için yüzey pürüzlülüğünü ölçmek mümkün değildir. Yakınlık sensörü temiz işlenmiş yüzeylerde ve tek ekseninde hareket eden yüzeylerde kullanılabilir. Ölçüm için sabit bir yere (stand) ihtiyaç vardır.

6.1.9. Sıcaklığın İzlenmesi

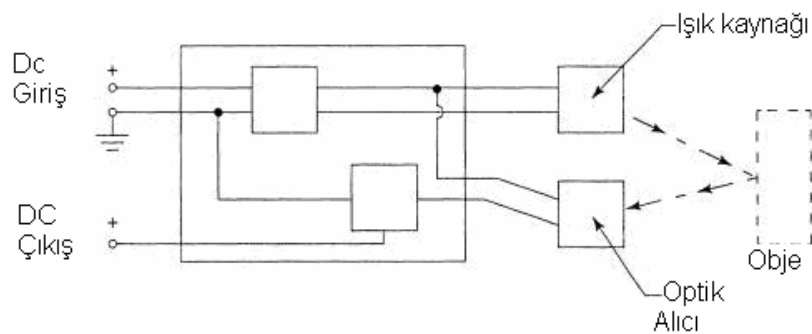
Kesme bölgesinde meydana gelen sıcaklıkların talaş kaldırma işlemlerini olumsuz etkilediği aşikârdır. Sıcaklık, kesme kuvvetleri ve aşınma ile lineer artmaktadır.

Sıcaklık sensörü ölçülecek sıcaklık aralığına ve çözünürlüğüne göre belirlenir. Sıcaklık ölçümü daha çok iş parçası sıcaklığı ölçümü şeklinde gerçekleştirilir. Düzeltme faktörü hesabı ile takım sıcaklığına geçilmektedir. Takım sıcaklığını ölçmede kullanılan çeşitli sensör kullanımı Dimla ve Dimla Snr. (2000) tarafından bir makalede ele alınmıştır. Herhangi bir talaş kaldırma işleminde takım durumu en önemli faktördür. Takımın aşınmasının önceden tespit edilememesi, tezgahın arızalanması ve ıskarta oranının artmasına sebep olur. Bu makalede bazı izleme metotlarını incelemişlerdir. Talaş kaldırmada plastik deformasyon sırasında

sıcaklık oluşmaktadır. Bu sıcaklığın ölçümü; takım-iş termokuplu, ışınım pirometreleri, infraruj termometreler ve termal kameralarla yapılmaktadır. Isı transferi dolayısıyla gecikmeli bir sistemdir. Takım malzeme temas noktasının tam olarak izlenmesi çeşitli zorluklar içermektedir.

6.1.10. Optik Sensörlerle İzleme

Bu tip sensörler takım ya da iş parçası yüzeyini izlemede kullanılırlar. Kurada ve Bradley (1999), bu iki metodu kullanmıştır. Çalışmada yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınma durumu belirlenmiştir. Takımın iyi ya da aşınmış haline bir bilgisayar programı ile karar oluşturulmuştur. Görüntü işlemedeki gelişmeler sayesinde iş parçası yüzey görüntüsü izlenerek aşınmanın belirlenmesinde memnun edici çalışmalar yapmışlardır. Yüzey pürüzlülüğünü, takım aşınması dışında titreşim, kesme hızı ve ilerleme de etkilemektedir. Bu nedenle tek başına görüntü işleme ile takımın aşınıp aşınmadığına karar vermek zordur. Yine talaş ve soğutma sıvıları görüntü alma işlemini olumsuz etkilemektedir. Şekil 6.5.de Optik sensörlerin çalışma prensibi verilmiştir.



Şekil 6.5. Optik Sensörlerin Çalışma Prensibi.

Bu nedenle düzgün ölçme işlemi, takım ile iş parçası temas da değilken bir CCD (Charge Coupled Device) kamera ile görüntünün alınması ile gerçekleşir.

Yapılan ölçmelerden alınan veriler bir yapay zeka karar destek sistemi ile takımın aşınma durumu veya iş parçası yüzey pürüzlülüğü hakkında bilgi verebilmektedir.

6.1.11. Sesin İzlenmesi

Düşük frekanslı (1–20 kHz) seslerin bir mikrofonla dinlenmesidir. İşleme esnasında titreşimler ses üretir. Oluşan sesler ile titreşim arasında bir korelasyon vardır. Bu yaklaşım makine ve takım dışındaki ortamlardan gelen seslerin ayrılamaması zorluklarıyla karşı karşıyadır. Ekonomik olmakla birlikte gürültülü ortamlarda kullanımı verimli değildir.

6.2. Talaş Kaldırmada Adaptif Kontrol Yöntemleri

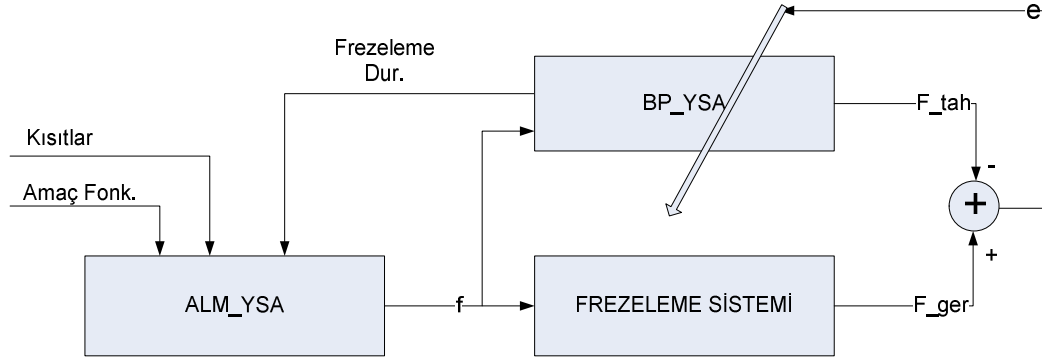
Talaş kaldırmada aşağıdaki adaptif kontrol yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bunlar Optimizasyonlu Adaptif kontrol, Geometrik Adaptif Kontrol, Kısıtlı Adaptif Kontroldür.

6.2.1. Optimizasyonlu Adaptif Kontrol (OAK)

Optimizasyonlu Adaptif Kontrol sisteminde; maksimum üretim hızı, minimum işleme zamanı, minimum işleme maliyeti gibi kriterlere bağlı olarak belirlenen optimum kesme hızı, takım ömrü, takım aşınması gibi bir amaç fonksiyonu belirlenir ve tezgahın çalışması bu kritere göre gerçekleştirilir.

AKS'nin bu formu sistemin performans indeksine özgüdür. Bu performans indeksi (birim hacim talaş kaldırma maliyeti veya maksimum üretim hızı) tüm sistemin performansını gösterir. Optimizasyonlu adaptif kontrolün amacı,

operasyondaki ilerleme veya hızın ayarlanması ile performans indeksinin optimize edilmesidir.



Şekil 6.6. Frezelemede Optimizasyonlu Adaptif Kontrol (Liu ve Wang 1999).

Şekil 6.6.da Frezelemede işlemine uygulanan Optimizasyonlu Adaptif Kontrol blok şeması verilmiştir. Burada bir frezeleme işleminde ölçülen kesme kuvvetleri (F_{ger}) ile tahmin edilen kesme kuvvetleri (F_{tah}) arasındaki fark (e) geriye yayılma algoritması kullanan YSA'nın ağırlıklarının ayarlanmasında kullanılmıştır. Çıkışta frezeleme durumuna ilişkin gerçek zamanlı bilgiler Optimizasyon Algoritmasıyla beraber 2. bir YSA'ya (ALM_YSA) verilmiştir. Sistemde amaç fonksiyonu doğrultusunda kısıtlar içinde ilerleme hızı (f) üretilmektedir (Liu ve Wang 1999).

6.2.2. Geometrik Adaptif Kontrol (GAK)

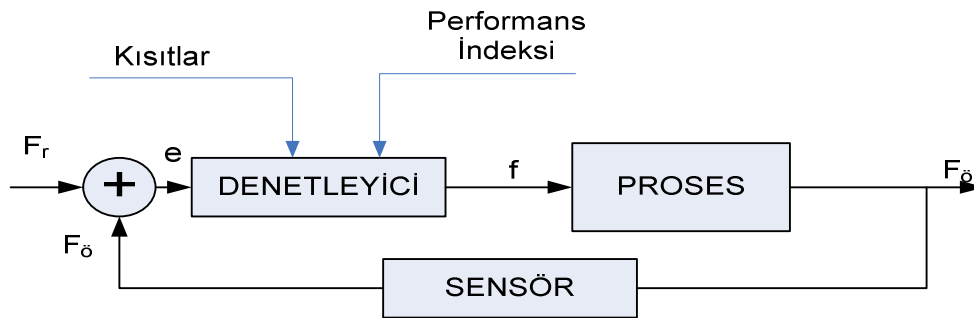
Geometrik Adaptif Kontrol Sistemi genellikle bitirme operasyonlarında kullanılır. Bu sayede takım aşınması ve malzeme yapısındaki düzensizliklere rağmen belirlenen parça kalitesinde üretimin devamını sağlamış olur. İlerleme ile yüzey kalitesi arasındaki ilişkiden dolayı sensör ile geri besleme yoluyla yüzey pürüzlülüğü veya ölçü tamlığı sürekli ölçülmektedir. Bir sonraki parçanın istenen nitelikte çıkması için takım sıfırlama ve ilerleme ayarlaması yapılır (Liang ve ark. 2004).

Yüzey pürüzlülüğünün minimum olması yüksek hızlarda sağlanabilmektedir. Sonuç olarak kesme hızı sabit tutulmakta ve ilerleme istenen yüzey kalitesini sağlamak için ayarlanmaktadır (Koren 1989). GAK Sistemli bir Tornalamada ölçü tamlığı işlemeden sonra parça çapı çeşitli noktalardan ölçülerek sağlanır. Ölçülerdeki sapmalara karşılık takım telafisi yapılır.

Yüzey pürüzlülüğünün izlendiği bazı işleme operasyonlarında, ya proses esnasında gerçek zamanlı ya da işleme operasyonu kısa süre durdurulup ölçme yapılabilir. Coker ve Shin (1996) Ultrasonik sensörü işleme esnasında yüzey pürüzlülüğünü tahmin için kullanmışlardır. Manuel olarak parça değişimi esnasında ilerleme ayarlanmaktadır.

6.2.3. Kısıtlı Adaptif Kontrol (KAK)

Kısıtlı adaptif kontrol sisteminde; talaş kaldırma işlemini etkileyen bir değişken, belirlenen bir değerde sabit tutulmakta aynı anda diğer değişkenler sınırlanmaktadır. Sabit tutulan parametre: kesme kuvveti, motor gücü, yüzey kalitesi vb. olabilir. Bu değer sistem için referans değerdir. Şekil 6.7.de Tornalama işleminde KAK uygulanmasına ait blok şema görülmektedir.



Şekil 6.7. Tornalamada Kısıtlı Adaptif Kontrol.

Burada f İlerleme, e hata, F_r Referans kesme kuvveti, F_o Ölçülen kesme kuvvetidir.

AKS'nin bu formunda proses değişkenleri kısıtlar içinde, değişebilmektedir. Amaç zorunlu sınır değerleri içinde ölçülebilen değişkenleri sürdürüebilmek için ilerleme ve kesme hızı ayarlamaktır.

Burada performans indeksi olarak iş parçasından talaş kaldırma hızının takım aşınma oranına bölümü dikkate alınmaktadır. Bu oranın maksimum olmasına çalışır. Diğer bir deyişle Performans İndeksi:

$$Pİ = \frac{TKH}{TAH} \quad (6.1)$$

Şeklinde ifade edilir.

Pİ = Performans İndeksi

TKH = Talaş Kaldırma Hızı

TAH = Takım Aşınma Hızı

Performans indeksindeki zorluk, günümüzün teknolojisiyle gerçek zamanlı olarak TAH ölçülemez. Böylece Pİ proses esnasında izlenemez. Gelecekte sensorlar geliştirilecek ve proses performansı gerçek zamanlı ölçülebilecektir. Bu gelişmeler KAK'ü daha popüler yapacaktır.

İşlemede Kısıtlı adaptif kontrol (Liu ve ark. 2001) tarafından şu şekilde sınıflandırılmıştır.

- Geri Beslemeli Kontrolör Tabanlı KAK,
- Kendi Kendini Ayarlayan Kontrol Tabanlı KAK,
- Model Referans Adaptif Kontrol Tabanlı KAK,
- Değişken Yapılı Sistem Tabanlı KAK,
- Bulanık Kontrol Tabanlı KAK,
- YSA Tabanlı KAK 'dür.

Bu yöntemlerin literatürdeki uygulamalarında kesme kuvveti kontrolü temel alınmıştır.

6.2.3.1. Geri Beslemeli Denetleyici Tabanlı KAK Sistemi

Başlangıçtaki KAK Sistemlerinde sabit kazançlı geleneksel geri beslemeli kontrolör kullanılırdı. Bu geri beslemeli sistemin denetleyicisi bir PID, PI veya PD dir. PID Denetleyici aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t).dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (6.2)$$

Denklemden; K_p oransal kazanç, T_i integral zaman sabiti, T_d türev zaman sabitidir.

Şekil 6.8’de sabit tornalama kuvvetini temel alan integral denetleyicili KAK görülmektedir. Sistem bir integral denetleyici, servo sistem, ilerleme, kesme prosesi ve sensörlerden oluşur. Sistemin giriş ve çıkışları aşağıdaki gibi açıklanabilir(Liu ve ark. 2001).

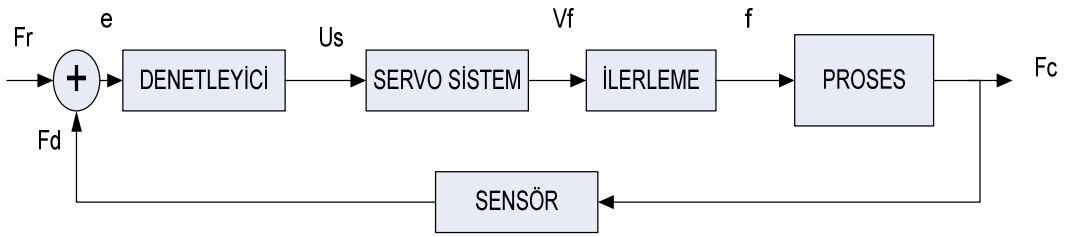
$$U_s(i) = K_c T \sum E(i) \quad (6.3)$$

$$V_f = \left[\frac{K_m \cdot \omega_n^2}{s^2 + 2 \cdot \varepsilon \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2} \cdot U_s \right] \quad (6.4)$$

$$f = \frac{60}{n} \cdot V_f \quad (6.5)$$

$$F_c = K_s \cdot a_p \cdot f^u \quad (6.6)$$

$$F_d = K_D \cdot F_c \quad (6.7)$$



Şekil 6.8. Tornalamada İntegral Denetleyicili Kısıtlı Adaptif Kontrol.

Burada; U_s Kontrol çıkışı, K_c Kontrolör kazancı, T Kontrol çevrimi, e Çıkış hatası, V_f İlerleme komutu, K_m servo kazanç, ε servo sönümlenme oranı, ω_n servo doğal frekansı, f İlerleme, n devir sayısı, F_c Gerçek Kesme kuvveti, a_p kesme derinliği, K_s kesme ilerlemesi kazancı, u nonlinear indeks, F_d Ölçülen kesme kuvveti, F_r Referans kesme kuvveti ve K_D dönüşüm faktörüdür.

Yukarıdaki eşitliklerden sistemin transfer fonksiyonu;

$$G(s) = \left[\frac{K \cdot \omega_n^2}{s^2 + 2 \cdot \varepsilon \cdot \omega_n \cdot s + \omega_n^2} \cdot G_u(s) \right] \quad (6.8)$$

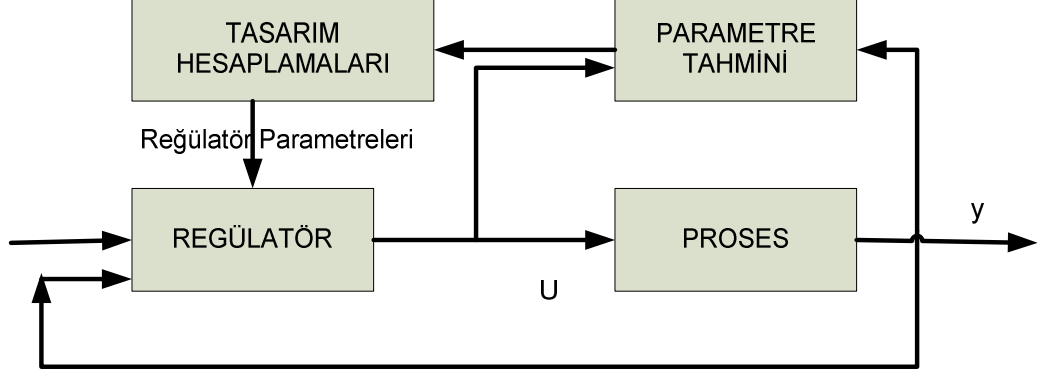
Burada $K=(60/n) \cdot K_c \cdot T \cdot K_m \cdot K_D \cdot K_s \cdot a_p$ sistemin açık döngü kazancı, $G_u(s)$ sistemin nonlinear bölümüdür.

KAK sistemlerinde ana problem kazanç ayarlamadır. Zamanla değişen sistemlerde kazanç ayarlamak zordur bu durumda sistem düşük performanslı ve kararsız çalışır.

6.2.3.2. Kendi Kendini Ayarlayan Denetleyici Tabanlı KAK

Sistemin değişen şartlarda parametreleri tahmin edilerek, her ölçüm aralığında regülatör parametrelerinin yeniden hesaplanması gerçekleştirilmektedir. Prosesin sabit olduğu, parametrelerin bilinmediği varsayılır. İstenen performans

parametrelerini set edecek regülatör tasarlanır. Şekil 6.9.da Kendini Ayarlayan Adaptif Kontrol Blok şeması verilmiştir.



Şekil 6.9. Kendi Kendini Ayarlayan Adaptif Kontrol Blok Şeması.

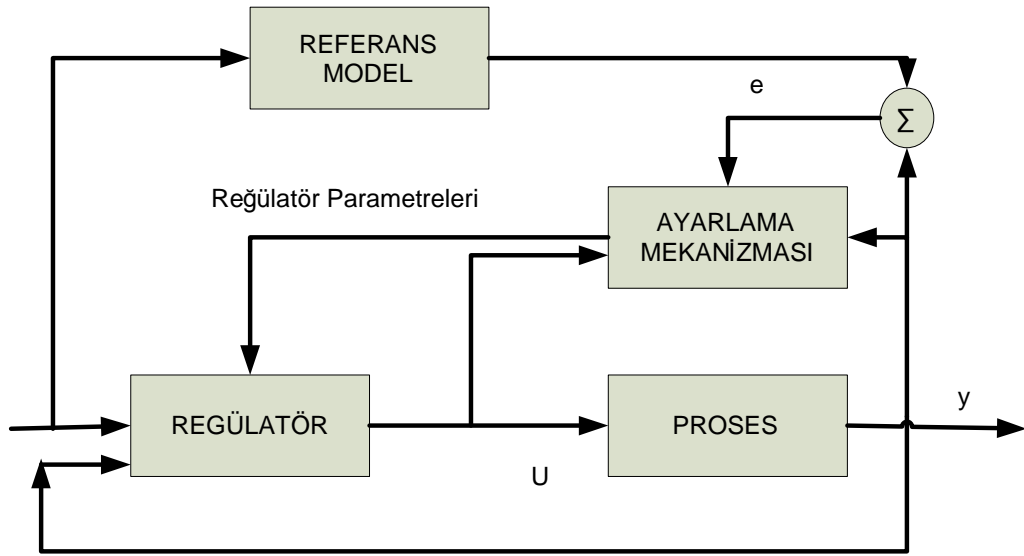
Bu tasarım genellikle sistemin istenen çıkış cevabına dayanır. Bu tasarım işlemlerindeki temel zorluk kararlılık problemidir. Problem Kök-Yer Eğrisi yöntemi ile çözülmektedir. Kontrol algoritmasındaki kazançların ve zaman sabitlerinin ayarlanması yolu ile kullanılan yöntem, transfer fonksiyonunu ayar etmeyi ve dolayısıyla da baskın çıkış cevabını araştırır. Diğer işlemler genellikle Ziegler ve Nichols kurallarına dayanır. Kendi kendini ayarlayan denetim çevrimindeki son süreç en uygunlaşmış denetleyici ayarlarını fiziksel olarak gerçek sistem üzerine yüklemektir. Kendi kendini ayarlayan denetim genellikle, ölü zaman gecikmesi, doğrusalsızlıklar ve çoklu denetim döngüleri ile karmaşık hale gelen sistemlerde uygulanır. Bu tür sistemlerin kararlılığı çoğu durumlarda, genel bir teori bulunmamasından dolayı, saptanabilir değildir. Bu nedenle pek çok kendi kendini ayarlayan denetleyiciler iyi tanımlanmış PİD denetleyicilerine dayanmakla beraber buna güçlendirilmiş uyarlanabilirlik de ilave edilmiştir. Uyarlamalı denetim kendi içinde denetim organı parametrelerinin yeniden düzenlenme biçimlerine göre farklılık göstermektedir. Burada U giriş parametresi y çıkıştır.

6.2.3.3. Model Referans Adaptif Kontrol Tabanlı KAK(MRAK)

İstenen sistem davranışı, model ile belirlenir. MRAK sistemden istenen performansın yani sistem cevabının, kontrol işareti olarak bir referans model ile

sağlandığı bir adaptif servo sistem olarak ifade edilebilir. Sistem, kontrolör ve kontrol edilen sistemin klasik bir geri besleme devresine sahiptir. Kontrolör parametreleri “e” hata işaretinden alınan geri besleme ile değiştirilir.

Klasik geri besleme iç çevrim, parametre ayar geri beslemesi ise dış çevrim olarak bilinir. Ayar mekanizması Gradyen Metodu ve Kararlılık Teorisi ile elde edilebilir. Şekil 6.10.da Model Referans Adaptif Kontrol Blok Şeması verilmiştir.



Şekil 6.10. Model Referans Adaptif Kontrol Blok Şeması.

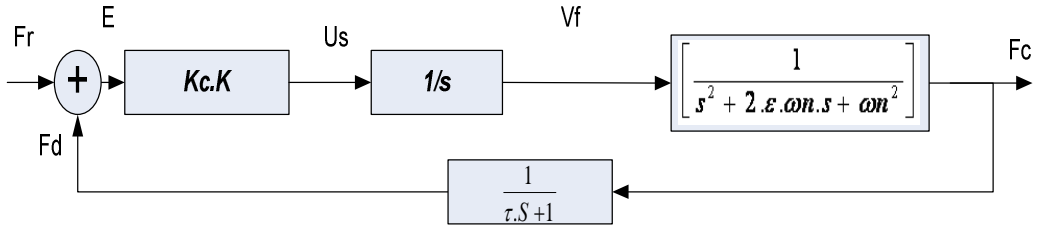
MRAK sistemleri için, sistemin dinamik performansını belirlemek gerekmediğinden, oldukça yüksek adaptasyon hızı ile gerçeklenmeleri kolaydır. Bu kontrol metodu ilk defa 1975’ de Amerongen tarafından gemi baş açısının kontrolü için kullanılmıştır. MRAK sistemindeki amaç, bilinmeyen sistem çıkışı “y” kontrol sisteminin bir parçası olan referans model çıkışına asimptotik olarak yaklaştırmaktır. Parametrelerin zamanla değişimi performansı etkilediğinden adaptasyon esnasında parametreler düzenli olarak güncellenmektedir. Ayrıca çevre etkileri de performansın önemli miktarda azalmasına sebep olmaktadır. Kontrolcü bu etkileri dikkate almazsa istenen yaklaşımı sağlayamayacaktır.

6.2.3.4. Değişken Yapılı Sistem Tabanlı KAK

Değişken yapıli sistemin amacı, durum uzayında kayar yüzey olarak isimlendirilen bir yörünge oluşturmaktır. Kayar Mode Kontrol olarak adlandırılan değişken yapıli sistem kayar mode göre negatif bir kontrol çıkışı ile pozitif bir kontrol çıkışı arasında anahtarlama yapar. Değişken yapıli kontrol sistemi, hızlı cevap ve doğru performans sağlayabilir. Bu özelliğinden dolayı işleme sistemlerine uygulanabilir. Tornalama sistemlerinde Değişken Yapılı Kontrol Şekil 6.11 de verilmiştir. Her model ünitesinin farklı tornalama sistemleri için farklı transfer fonksiyonu vardır. Uzama ölçer tipi bir dinamometre tarafından kesme kuvvetleri ölçüldüğü zaman, birinci dereceden model takip edildiği için (6.7) eşitliğindeki kesme kuvveti sensörlerinin transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi olur.

$$F_d = \frac{K_d}{\tau \cdot S + 1} \cdot K_c \quad (6.9)$$

Burada τ dinamometrenin zaman sabitidir. K_c parametre değişimine karşı kararlılığı sağlamak için anahtarlama yapan kontrol kazancıdır.



Şekil 6.11. Tornalamada Değişken Yapılı Kontrol (Liu ve ark. 2001).

6.2.3.5. Yapay Zeka Tabanlı KAK

Zeki kontrol, karar alma, yorumlama gibi insan akli gerektiren değerlendirmeleri kapsayan bir kontrol teknolojisidir. Sistem kontrol stratejileri

planlanır ve yeni fonksiyonlar öğretilir ne zaman çevrede bir değişim olursa kendisini yeni şartlar için hazırlamış olur.

Yapay sinir ağları ve bulanık mantık, zeki kontrol mühendisliğinde uygulamalarda kullanan iki potansiyel temel araçtır.

Çok prosesli ortamlarda, sinirsel kontrol algoritmalarıyla planlama, karmaşık nonlineer sistemlerin kontrolü ve tanımlama problemleri başarıyla çözülmüştür (Narendra ve Parthasarathy 1991).

Bulanık mantık temelli kontrol, geleneksel yaklaşımların zayıflıklarını ortadan kaldırır. Bulanık mantığa dayalı bulanık kontrol, bir denetleyicinin, matematiksel olarak giriş-çıkış ilişkilerinin yazılmadığı, nicel verilerin kullanıldığı bir sistemdir (Driankov ve ark. 1996).

Modern kontrol teknolojisinde yeni araştırma alanı zeki kontroldür. Zeki kontrol kullandığı yapay zeka teknikleri ile farklı şekilde tanımlanabilir. Bunlar aşağıda verilmiştir.

6.2.3.5.1. Öğrenmeli Kontrol

Öğrenmeli kontrol, kontrol döngüsünün gerekli durumunu elde etmek için desen tanıma tekniğini kullanır. Sonra durum döngüsü ve önceki tecrübe ve bilgilerine dayalı kontrol kararı oluşturur. Öğrenmeli kontrol depolayabildiği bilgi ile sınırlandığı için uygulamalarda popüler değildir.

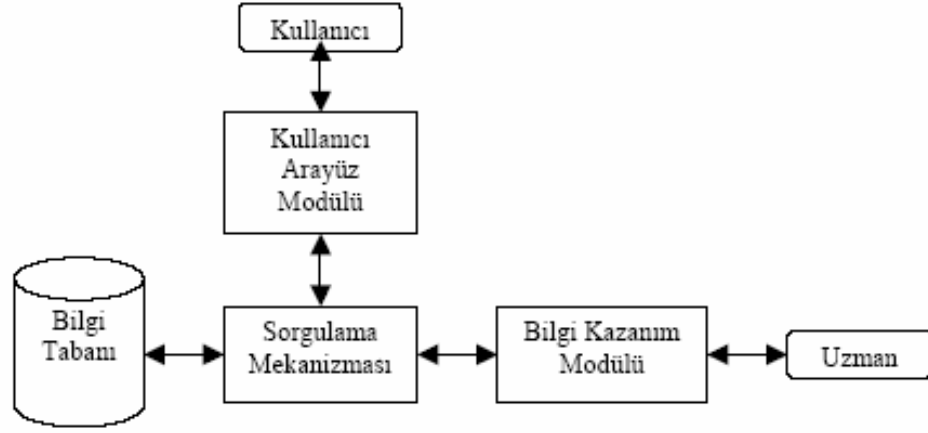
6.2.3.5.2. Uzman Kontrol

Uzman kontrol, uzman sistem teknolojisini temel alır. Bir uzman sistem çok dar bir alanda insan uzmanın uzmanlığını kullanma davranışına özenen bir bilgisayar programıdır. Bu program bir uzmanın çok özel bir görevde kullandığı bilgi ve bulgularını içine alır.

Bir uzman sistemin tipik olarak sahip olduğu birkaç özelliği vardır. Mesela, uzman sistem çıkardığı sonucu “niçin” ve “nasıl” soruları sorulduğunda açıklayabilir. Bunun yanı sıra, çoğu uzman sistem belirsizliği kullanabilir. Bir uzmanın verdiği bilgiler yüzde yüz kesin değildir ve o genellikle cevaplarına belirsizliğin bir ölçüsünü de katar. Uzman sistemin bir başka özelliği, yazılım açısından, veri ve bilgiden (bilgi tabanı) ayrılmış bir kontrol yapısı (sorgulama mekanizması) olmasıdır. Bu özelliği ile uzman sistemler adım adım kurulabilir ve mükemmelleştirilebilir. Aynı zamanda uzman sistemi test etme son derece kolaylaştırılabilir. Diğer bir özellik de, sayılar yerine sembollerin ve listelerin işlendiği, sayısal işlemden öte sembolik işlemin kullanılabilmesidir.

Bir uzman sistemin temel bileşenleri sorgulama mekanizması ve bilgi tabanıdır. Ancak kullanıcı ara yüz ve bilgi kazanım modülleri de uzman sistemler için gerekli bileşenlerdir. Bir uzman sistemdeki kontrolörün rolü geleneksel bir bilgisayar programındaki algoritmanın rolü ile benzerdir. Uzman kontrol çeşitli çözümlere varmak için bilgi tabanındaki bilgiyi kullanır. Bir uzman sistemde bilgi tabanı, dar bir alanda deneyime dayalı bilgileri ve bulguları birleştirir. Burada önemli olan husus bilgi tabanında yer alacak bilgi ve bulguların nasıl temsil edileceğidir. Buna karar vermede, uzman için en uygun olanı seçmek iyi bir yoldur. Diğer bir deyişle, bilginin uzmanın o bilgiyi aynen kullandığı şekilde uzman sistemde temsil edilmesidir. Kural-tabanlı bilgi temsil yöntemi bilginin sıralı kurallar ifadesi olarak temsil edilmesi şeklidir. Bu gösterimde bilgi gerçekler ve bu gerçekleri işleyecek kurallar bakımından temsil edilir.

Uzman kontrol, uzman sistem teknolojisini temel alır. Bilgi tabanını kontrol tasarımı yapmada kullanır. Bilgi tabanı, insan tecrübelerinden, çevrim içi sistem verilerinden ve makine tasarım sonuçlarından oluşturulur. Uzman kontroldeki bilgi sembolik olarak gösterilir ve daima farklı formatta olduğu için, hata teşhisi, çizelgeleme ve üretim planlama gibi karar verme problemlerini çözmek için uygundur. ***Sürekli kontrol durumlarında çok uygun değildir.*** şekil 6.12. da Bir Uzman Sistem Blok şeması görölmektedir.



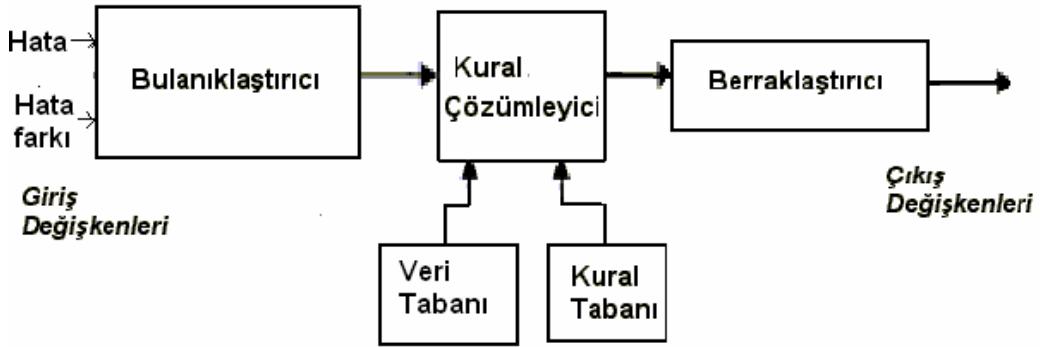
Şekil 6.12. Bir Uzman Sistem Blok Şeması.

6.2.3.5.3. Bulanık Kontrol

Bulanık Kontrol öğrenmeli kontrol ve uzman kontrolün tersine matematiksel olarak teorik bulanık set oluşturur. Bilgi veya tecrübeyi matematiksel formatta gösterir. Proses ve sistem dinamiği karakteri bulanık ve bulanık sette ilişkili fonksiyonlarla tanımlanır. Kontrol kararları kurallı bulanık setler ve fonksiyonları temel olarak üretilir.

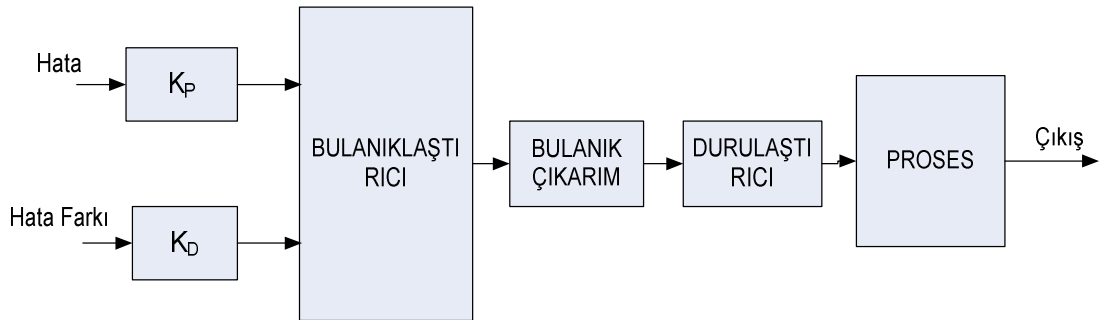
Bulanık Kontrol karmaşık kontrol algoritmalarını çözmek için büyük bir potansiyele sahip olmasına rağmen, tasarım prosedürü çok komplekstir ve çok özeldir. İlaveten bulanık matematik, matematiksel alana ait değildir, temel matematiksel operatörler yoktur. Örneğin ters ekleme bulanık matematikte de yoktur. Sonra bulanık eşitliğini çözmek çok zordur. Farklı eşitlikleri çözmek için uygulamalar ve geleneksel kontrol teorilerindeki pratiklerden faydalanılmaktadır. Böylece matematiksel araçların yokluğunda bulanık kontrol probleminin üstesinden gelinebilmektedir.

Bir bulanık kontrolörün temelini kural çözümleyici, veri tabanı ve kural tabanından oluşan kural tabanlı sistem oluşturur. Burada uzman sistemlerde olduğu gibi kural tabanında EGER-İSE yapısında oluşturulan kurallar, veri tabanında ise kullanılan üyelik fonksiyonlarının tipleri ve sınır değerleri tutulur. Şekil 6.13.de Bulanık Kontrol yapısı verilmiştir.



Şekil 6.13. Genel Bir Bulanık Kontrolör Yapısı.

Bulanık kontrolörde bulanık giriş ve çıkış parametrelerini sayısı, kullanılan üyelik fonksiyonlarının tipi ve adedi, kural tabanını oluşturan kurallar, kural çözümleme yöntemi, birleştirme operatörleri, berraklaştırma metodu belirlenmesi gereken en önemli parametrelerdir. Bu parametrelerin belirlenmesinde bazı sayısal yaklaşımlar var ise de çoğunlukla bu parametreler bir uzman tarafından veya deneme yanılma metodu ile test edilerek oluşturulur.



Şekil 6.14. Bir Bulanık-PD Kontrol Sistemi Blok Şeması.

Geleneksel bulanık kontrolün, iki farklı tipi vardır; Birisi, Bulanık-Oransal-türevsel kontroldür (Bulanık-PD Kontrol) Bulanık kontrol girişi hatadan ve hatanın türevinden üretilir. Bu pozisyon tipi bir kontroldür. Şekil 6.14.de Bulanık-PD kontrol blok şeması verilmiştir.

Diğeri ise Bulanık-Oransal-İntegral kontroldür (Bulanık-PI Kontrol) hata ve hatanın toplamlarından bir kontrol çıktısı üreten sistemdir. Bu bir pozisyon tipi kontrolüdür (Mizumoto 1992).

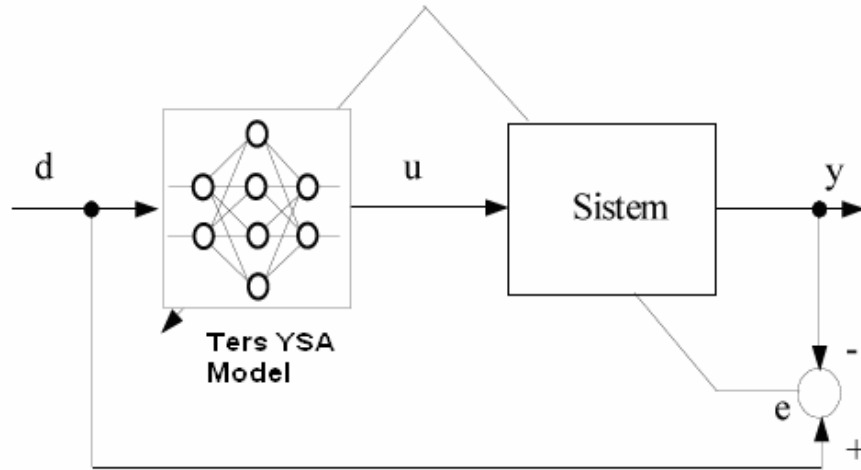
Bulanık kontrolörlerin ulaşım sistemlerinde, planlama, yönetim ve kontrol alanlarında oldukça geniş bir uygulama alanı vardır. Bu uygulamalardan bazıları; bulanık mantık kuralları kullanarak araç yönlendirme, izole edilmiş sinyalizasyon kavşaklarda bulanık mantık ile kontrol, kent içi ekspres yollarda bulanık kontrol sistemleri, bulanık ve geleneksel metotları kullanarak trafik akışı ve kontrol simülasyonu, bulanık mantık ile kontrol problemlerinin çözümü olarak verilebilir.

6.2.3.5.4. Yapay Sinir Ağlarıyla Kontrol

İnsan beyin fonksiyonundan esinlenen yapay sinir ağları (YSA), deneme yolu ile öğrenme ve genelleştirme yapabilmektedir. YSA'nın kullanıldığı önemli alanlardan biri de geleceği tahmindir. YSA, veriler arasındaki bilinmeyen ve fark edilmesi güç ilişkileri ortaya çıkartabilir. YSA doğrusal değildir. Doğrusal modeller, önemli detayları anlayabildikleri ve açıklayabildikleri takdirde avantajlı olabilirler. Ancak ilgilenilen problemin temelindeki ilişki doğrusal olmadığı durumlarda doğrusal modeller uygun değildir.

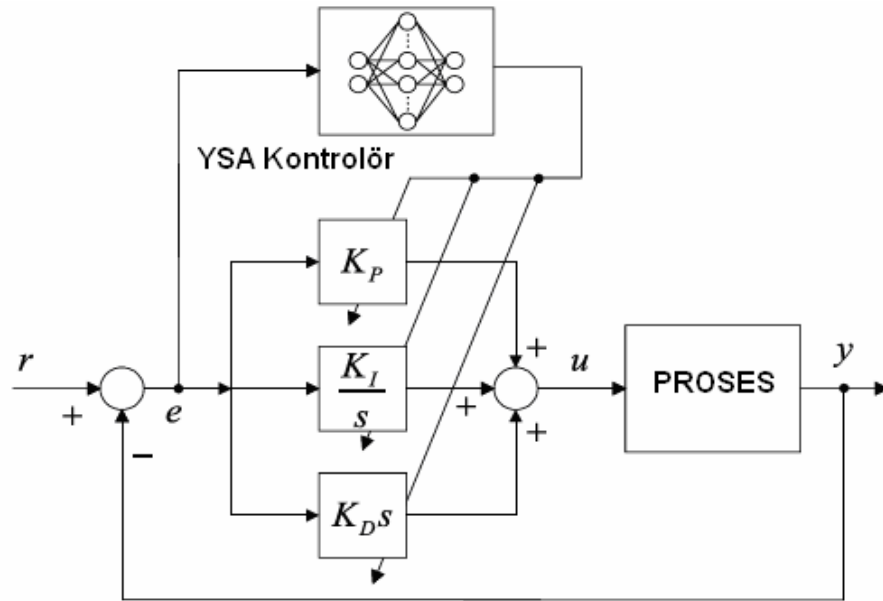
Yapay sinir ağları çok kullanılan bir kontrol metodudur. YSA çok yönlü iyi anlaşılabilir sağlam bir matematiksel temele dayalı olduğu için büyük bir potansiyele sahiptir. YSA, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki herhangi bir ön bilgiye ihtiyaç duymadan, herhangi bir varsayımda bulunmadan, doğrusal olmayan modellemeyi sağlayabilmektedir. Ağa, girdi bilgileri ve bu girdilere karşılık gelen çıktı bilgileri verilmekte ve ağın girdi-çıkışı arasındaki ilişkiyi öğrenmesi sağlanmakta, böylece ağın eğitimi gerçekleştirilmektedir. Öğreticili öğrenme olarak adlandırılan bu yöntem genelde tercih edilen bir yöntemdir. Şekil 6.15.de Danışmanlı YSA Ters Kontrol Şeması verilmiştir.

Giriş referansı d ile proses çıkışı y arasındaki e hatası bir YSA tarafından ağırlıkların ayarlanması için kullanılmaktadır.



Şekil 6.15. Danışmanlı YSA Ters Kontrol Şeması (Sağiroğlu ve Erler 2001).

Ağ, sistem girişi ve çıkışı arasındaki hatayı minimum yapmak için eğitilir. Bu yapının başarısı, eğitim veri seti ile test veri setinin birbirine yakın olmasındadır. Yapay sinir ağları, öğrenme kabiliyeti, kolaylıkla farklı problemlere uyarlanabilirliği, genelleme yapabilme yeteneği, daha az bilgiye gereksinim duyması, paralel yapılarından dolayı hızlı işlem yapabilmeleri ve kolayca gerçekleştirilebilmeleri sebebiyle çok farklı alana başarıyla uygulanmaktadır. Bundan dolayı, oldukça popülerdirler.



Şekil 6.16. NN Kazanç Ayarlamalı PID Kontrol Şeması (Sağiroğlu ve Erler 2001).

Karmaşık dinamik sistemlerin değişebilen yapıdaki dinamik koşullar altında verimli çalışmasını sağlamada nörokontrolörler yeni bakış açıları kazandırmışlardır. Bu başarılmazsa, buna bağlı olarak performansta düşüşler gözlenebilir. Bu kontrol planı, robotik ve otomatik pilot uygulamalarda çok yaygındır (Sağiroğlu ve Erler 2001).

NN kazanç ayarlamalı kontrol örneği Şekil 6.16.da görölmektedir. Burada çok çıkışlı bir bir Radyal Tabanlı Fonksiyon ağı (RBF) tarafından PID kontrolörün parametreleri sisteme özgü ayarlanmaktadır (Chai ve ark. 1996).

6.2.3.5.5. Genetik Algoritmalar(GA)

Genetik algoritma rassal arama tekniklerini kullanarak çözüm bulmaya çalışan, parametre kodlama esasına dayalı bir arama tekniğidir. Genetik algoritma, pek çok problem türü için uygun parametreler ile çalışıldığı taktirde optimuma yakın çözümler verir. GA doğadaki canlıların geçirdiği evrim sürecini dikkate alır. Amaç doğal sistemlerin uyum sağlama özelliğini dikkate alarak yapay sistemleri tasarlamaktır. Bir problemin GA ile çözümünde takip edilecek işlem adımları aşağıda verilmektedir (Dandil ve ark. 2002).

1. Arama uzayındaki bütün muhtemel çözümler, dizi olarak kodlanır. Bu diziyi (kromozomu) oluşturan her bir elemana gen denir. Her bir dizi, arama uzayında belirli bir bölgeye tekabül eder.

2. Genellikle rassal bir çözüm seti seçilir ve başlangıç popülasyonu olarak kabul edilir.

3. Her bir dizi için bir uygunluk değeri hesaplanır; bulunan uygunluk değerleri dizilerin çözüm kalitesini gösterir.

4. Bir grup dizi (kromozom) belirli bir olasılık değerine göre rassal olarak seçilip üreme işlemi gerçekleştirilir.

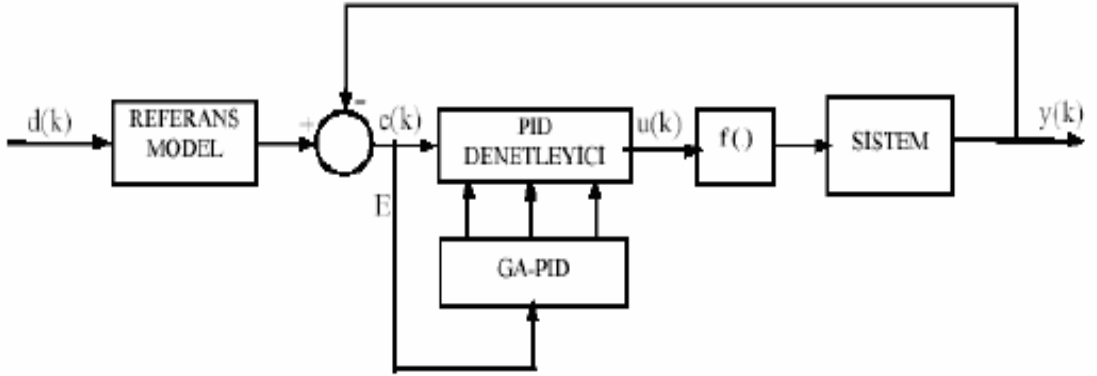
5. Üreme işleminde çeşitli genetik operatörler kullanılabilir.

6. Yeni bireylerin uygunluk değerleri hesaplanarak, çaprazlama ve mutasyon işlemlerine tabi tutulur.

7. Önceden belirlenen nesil sayısı boyunca yukarıdaki işlemler devam ettirilir.

8. İterasyon, nesil sayısına ulaşıncaya işlem bitirilir. Uygunluk değeri en yüksek olan dizi seçilir.

GA ile PID kontrol parametrelerinin ayarlandığı MRAK sistemi Şekil 6.17.de görülmektedir.



Şekil 6.17. GA-PID Kazanç Ayarlamalı Kontrol Şeması.

6.3. Adaptif Kontrollü Talaş Kaldırma İşlemi

Talaş Kaldırma işlemleri için AKS CNC' nin mantıksal bir uzantısıdır. Parça programcısı kesme hızı ve ilerleme hızını belirlemek zorundadır. Bu kesme parametrelerinin tanımlanması tecrübenin yanında iş parçası, takım malzemesi, makine özellikleri, soğutma etkileri gibi faktörlerin bilinmesine bağlıdır. Kesme parametrelerinin seçimi direk olarak ekonomiklik faktörünü, ürünün boyutsal doğruluğunu, yüzey düzgünlüğünü, takım aşınma oranını ve takımın kırılmasını

etkiler. AKS 'de bu üretim ve ürün kalitesine bağlı faktörler, işleme sırasında iyileştirilebilir. Bu işlem değişkenlerinin gerçek zamanlı olarak ölçülerek kontrol edilmesi adaptif kontrolün talaş kaldırma işlemlerine uygulanmasıdır.

Günümüzde imalatta NC, CNC ve DNC kullanılmasının ana sebeplerinden biri üretim dışı zamanı azaltmaktır. Toplam üretim zamanında önemli bir orana sahip olan aşağıdaki birim maliyetlerde azalmalar bu sayede başarılmaktadır;

- 1-İş parçası taşıma
- 2-İşin bağlanması
- 3-Üretim ile sipariş arası yönetim zamanı
- 4-Takım değiştirme
- 5-Operatör gecikmeleri

Toplam üretim maliyetinde, üretim dışı faaliyet maliyetleri gerçek işleme zamanında harcanandan oranca daha fazladır.

NC'ler konvansiyel tezgahlarla karşılaştırıldığında proses zamanını azaltmada önemli bir katkı sağlamıştır. Proses zamanını azaltıcı en büyük etkiyi AKS yapmıştır. İşleme sırasında nümerik kontrolle takımın yolu ve pozisyonu kontrol edilirken, AKS ile hız ve ilerlemelerin malzeme sertliği, genişliği, derinliği ve iş geometrisindeki boşluklara göre belirlenmesidir. AKS proses esnasında değişimleri telafi edici cevaplar üretme kabiliyetine sahiptir. CNC tezgahlarda normalde bu kabiliyet mevcut değildir. AKS aşağıdaki durumlarda kullanılabilir;

1-Toplam üretim zamanı içinde esas işleme zamanı önemli bir orana sahipse,

2-AKS ile telafi edilebilecek değişikliklerin bulunması durumunda, prosesi değişken şartlara uyarlar.

6.3.1. Talaş Kaldırma İşlemlerinin Kontrolündeki Zorluklar

Çoğu üretim operasyonları dinamik proses değişkenleri tarafından karakterize edilir. Bunlar giriş ve çıkış değişkenleri olarak iki temel tiptedir. Değişkenlerin sınıflandırılması farklı operasyonlar için farklı olacaktır. Örneğin ilerleme bir takım tezgahında kontrol edilebilen giriş değişkeni olurken diğer takım tezgahları için sabitleşmiş değişken olabilir. O makinenin kontrol yapısına bağlıdır. Şekil 6.18.de üretim prosesi değişkenlerine ait model verilmiştir.

Giriş değişkenleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

6.3.1.1. Giriş Değişkenleri

6.3.1.1.1 Kontrol Edilebilir Giriş Değişkenleri

Bunlar bazen yönetilen değişkenler olarak isimlendirilirler. Çünkü bu değişkenler proses esnasında değiştirilebilir. Örneğin talaş kaldırma işlemlerinde giriş değişkenlerinden ilerleme ve hızın ayarlanması teknolojik olarak mümkündür. Hiçbir takım tezgahı normalde bu kabiliyete sahip değildir. Kimyasal proseslerde kontrol edilebilir giriş değerleri akış hızı, sıcaklık ayarları v.s dir.

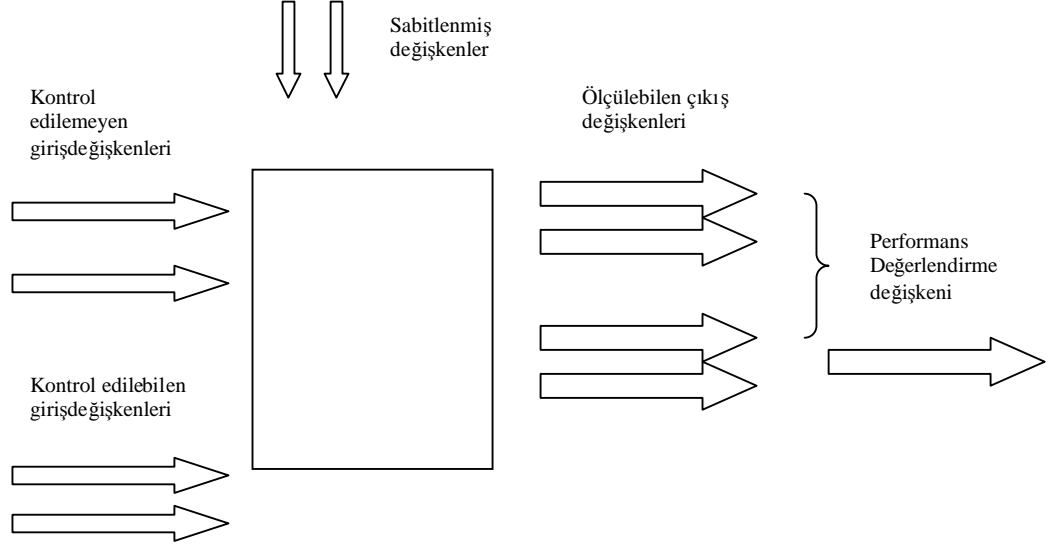
6.3.1.1.2. Kontrol Edilemeyen Giriş Değişkenleri

Operasyon esnasında değişen fakat yönetilemeyen değişkenler böyle tanımlanır. Kimyasal proseslerde başlangıçta ham kimyasallar kontrol edilemeyen giriş değişkenleri olabilir. Onlar proses esnasında telafi edilebilir. Talaş kaldırmada; takım keskinliği, iş parçası malzeme sertliği ve iş parçası geometrisi kontrol edilemeyen değişkendir. Bunların bazılarının kontrol edilebildiği durumlarda mevcuttur. Fakat uygun olan kontrol edilemeyen değişken olarak kabul etmektir.

6.3.1.1.3. Sabitleşmiş Değişkenler

Proses girişin 3. kategorisi sabitleşmiş değişkenlerdir. Bunlar takım geometrisi, iş bağlama durumu gibi yapısal şartlardır. Bunlar operasyonlar arasında

değiştirilebilir. Fakat operasyon boyunca değiştirilemez. Sürekli kimyasal bir proses için sabit girişler tank boyutu olabilir.



Şekil 6.18. Üretim Prosesi Yapısal Modeli.

6.3.1.2. Çıkış Değişkenleri

Üretim prosesindeki diğer değişken tipleri çıkış değişkenleridir. Çıkış değişkenlerini iki sınıfta incelemek uygundur.

6.3.1.2.1. Ölçülebilir Çıkış Değişkenleri:

Proses esnasında çevrim içi olarak karaktertikleri ölçülebilir değişkenlerdir. Örnek olarak talaş kaldırma işlemlerinde kesme kuvvetleri, titreşim, sıcaklık, akım vs. olabilir. Yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması gibi diğer değişkenleri şu an mevcut sensörlerle gerçek zamanlı ölçülememektedir.

6.3.1.2.2. Performans Değerlendirme Değişkenleri:

Bunlar tüm prosesin performansının değerlendirilmesinde kullanılır. Genellikle hem prosesin ekonomikliği hem de üretilen ürünün kalitesi ile ilişkilidir.

Örneğin talaş kaldırarak işlemedeki performans değerlendirme değişkenleri “birim üretim başına maliyet” ve “üretim hızı”dır. Bazen ürün kalitesi, yüzey pürüzlülüğü ve parça boyutu vs. de performans değerlendirmede kullanılabilir. Örneğin sürekli çalışan bir kimya işletmesinde litre/maliyet veya ton/maliyet de performans değerlendirmede kullanılabilir.

Ölçülebilir çıkış değişkenleri, giriş değişkenleri tarafından belirlenebilir. Prosesin performansı, performans değerlendirme değişkenlerinden ölçülebilen çıkış değişkenleriyle ifade edilir.

Üretim prosesinin yapısal modeli içinde, değişkenlerin değerinin kısıtlar içinde olduğu varsayılır. Örneğin bir boru içindeki akış hızını, borunun çapı kısıtlar. Takım tezgâhı için müsaade edilen maksimum dönme hızı vardır ve tezgahdaki her bir makine parçasının dayanabileceği sınır kuvvetler vardır.

Üretim prosesindeki optimal performansın başarısı, değişkenlerin değerini sınırlayan kısıtlara bağlıdır.

6.3.2. Adaptif Kontrolün Talaş Kaldırma İşleminde Gerekliliğinin Nedenleri

1. Kesme geometrisindeki değişim: Kesme derinliği veya genişliğinin değişiklik gösterdiği durumlardır. İlerleme genellikle kesit değişimini telafi etmek için ayarlanır. Bu tür değişimlere operasyon sınırlarında veya profil frezelemede sık sık rastlanır.

2. Değişken iş parçası sertliği ve değişken işlenebilirlik: Takım iş parçasındaki aşırı sert noktalarla ve diğer homojen olmayan alanlarla karşılaştığı zaman aşınmanın azaltılması için, önceden ilerlemenin azaltılması isteği.

3. Değişken iş parçası rijitliği: Yetersiz rijitlik sonucu iş parçası sehim yaparsa, işlemin kararlı olması için ilerlemenin azaltılması isteği.

4. Takım Aşınması: Araştırmalarda takım aşınmaya başladığı zaman, kesme kuvvetlerinde artış gözlemlenmiştir. Kesme kuvvetlerini daha fazla artırmamak için adaptif kontrolör ilerlemenin azaltılmasıyla prosesi güvenli olarak sürdürür.

5. Kesme Esnasındaki Boşluklar: İş parçası geometrisinde değişimlerin olduğu bazı bölgelerde işlemeye ihtiyaç duyulmayabilir. Eğer takım hava boşluklu yerlerde aynı ilerlemeyle devam ediyorsa zaman kaybı olur. Bundan dolayı hava boşlukları ile karşılaşıldığında ilerlemeyi artırmak için özel için bir prosedür yerine getirilir.

İşlemede zamanla meydana gelen, tahmin edilemeyen değişkenlerin telafi edilmesi için AKS'nin nasıl kullanıldığını gösterelim.

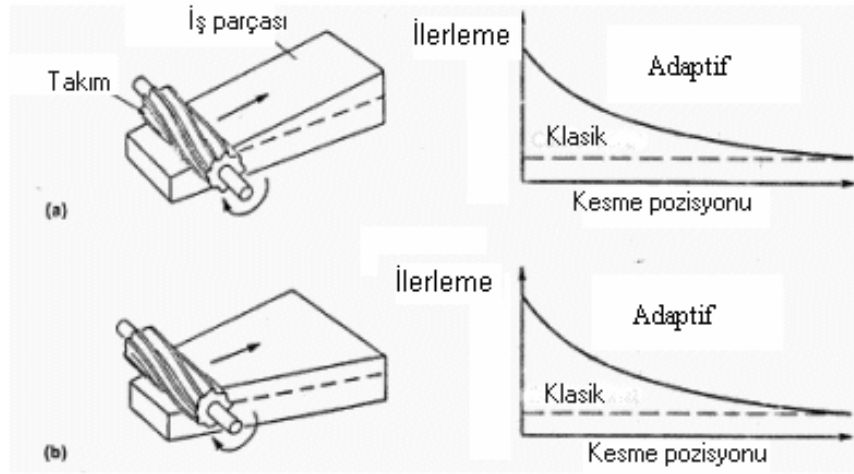
6.3.3. Talaş Kaldırma İşlemlerinde Adaptif Kontrol Uygulaması

Mühendislik problemlerinin birçoğu, sistem parametreleri ve giriş sinyallerindeki beklenmedik büyük değişimler ve belirsizlikler yüzünden otomatik kontrol gerektirmektedirler. Böyle durumlarda konvansiyonel bir kontrol algoritması, sistemin performansını istenen bir seviyede tutamaz. Bu yüzden parametrelerdeki ve giriş sinyallerindeki bu beklenmedik değişimleri otomatik olarak dengeleyecek özel bir kontrol sistemine gereksinim vardır. Yüksek performanslı kontrol sistemlerinin tasarımı, kontrol edilecek proses parametreleri yeterince bilinmiyorsa veya çalışma esnasında değişiyorsa genellikle adaptif kontrol tekniklerinin kullanımını gerektirmektedir.

AKS'nin talaş kaldırma işlemine uygulandığı aşağıdaki çalışmada, ayarlanan değişken olarak ilerleme kullanılmıştır. Nümerik kontrollü bir freze tezgahında profil frezeleme işlemi değişken kesitli durumda adaptif olarak gerçekleştirilmiştir. İş mili sehimi (kesme kuvveti ölçerek) veya güç veya her ikisi ölçülebilen değişkenlerdir. NC takım tezgahlarına AKS eklenebilir. Nümerik kontrollü tezgahlar iki sebepten dolayı AKS için uygundur. Birincisi NC takım tezgâhları otomatik kontrole uygun tabla eksenlerinde servo motorlara sahiptir. İkincisi AKS için gerekli çok çeşitli

Eğer kesici takım, hava boşluğu veya iş konturu boyunca hareket ediyorsa kesme kuvveti izlenerek bir hava boşluğu olduğu tespit edilir. Bu genellikle kesme kuvvetinin düşük bir değeridir. Eğer gerçek kesme kuvveti bu eşik değeri altında ise kontrolör kesici takımın bir hava boşluğu boyunca geçtiğini varsayar. Eğer hava boşluğu artarsa ilerleme 2 veya 3'e katlanıp kesmesiz ilerleme değeri maksimum edilip zaman israfı minimum edilir. Kesici takım iş kenarına gelince ilerleme kesme kuvveti kontrolü ile düşürülür. Şekil 6.19, 6.20, 6.21 de Adaptif Kontrollü Frezeleme işlemi ve sonuçları gösterilmiştir.

Gerek belirli bir parametreye göre optimum bir düzeyde çalışmak, gerekse bozucu faktörlerin etkilerini telafi etmek için ilave kontrol sistemleri kullanılır. Metal kesme işlemleri için adaptif kontrol sistemi CNC 'nin mantıksal bir uzantısıdır. Parça programcısı kesme hızı ve ilerleme hızını belirlemek zorundadır. Bu kesme parametrelerinin tanımlanması tecrübenin yanında iş parçası, takım malzemesi, tezgah özellikleri, soğutma etkileri gibi faktörlerin bilinmesine bağlıdır.

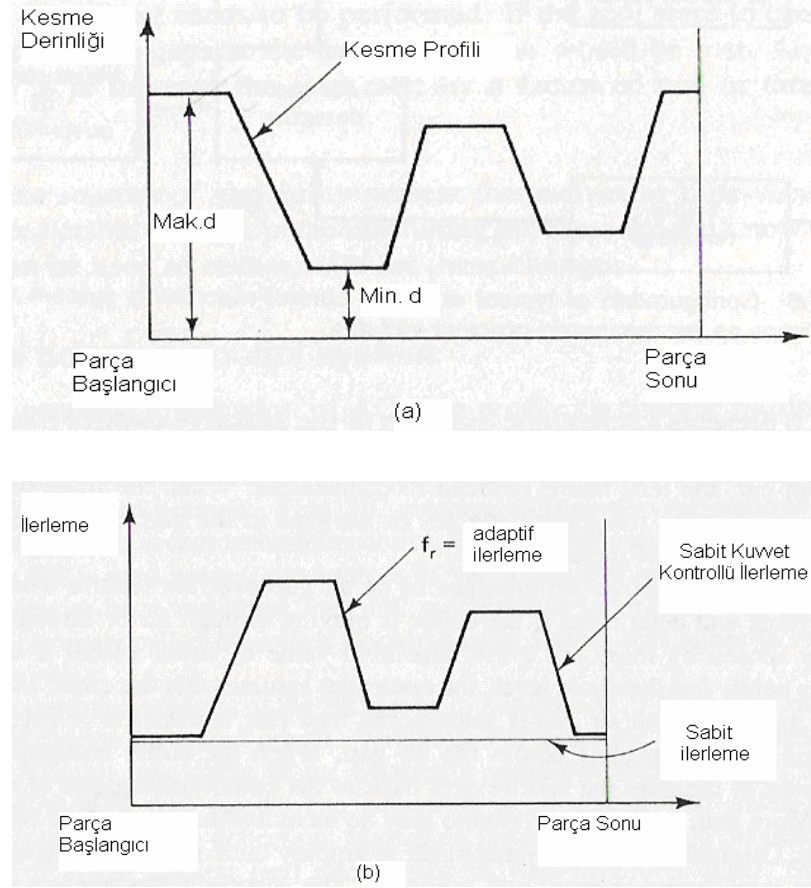


Şekil 6.20. Adaptif Kontrollü ve Klasik Frezeleme İşleminde İlerleme Değişimi.
(a- Değişken derinlik durumunda, b- Değişken genişlik durumunda) (Groover 1987)

Kesme parametrelerinin seçimi direk olarak ekonomiklik faktörünü, ürünün boyutsal doğruluğunu, yüzey düzgünlüğünü, takım aşınma oranını ve takımın kırılmasını etkiler. AKS 'nde bu üretim ve ürün kalitesine bağlı faktörler işleme

sırasında iyileştirilebilir. Bu işlem değişkenleri gerçek zamanlı olarak ölçülerek kontrol edilir.

Bir adaptif kontrollü işleme sisteminde birden fazla proses değişkenleri ölçülebilir. Sıcaklık, moment, titreşim bunlardan bazılarıdır.



Şekil 6.21. Kesme Derinliğine Göre İlerlemenin Adaptif Kontrollü (Groover 1987).

(a- Kesme Profili, b- Adaptif ilerleme durumunda)

6.3.4. Talaş Kaldırmada Adaptif Kontrolün Faydaları

Adaptif kontrolün çok sayıda faydası vardır. Kazanılan avantaj işin durumuna bağlıdır. Çoğu işleme durumlarında adaptif kontrol memnun edici sonuç vermeyebilir. Adaptif kontrolün faydalarından bazıları aşağıdadır.

6.3.4.1. Üretim hızlarını artırır

AKS, işleme verimliliği sağlayarak takım aşınması, malzeme, iş geometrisi, değişiklikleri gerçek zamanlı olarak algılanıp kontrolör kendisini ayarlar. Bu bize mevcut şartlarda en yüksek talaş kaldırma hacmi sağlayan takım tezgahları ile imalat imkanı verir. Birim zamandaki üretim adedi artar. Doğru adaptif kontrol uygulamaları, konvansiyonel tezgahlarla karşılaştırıldığında önemli bir üretim hızı avantajı sağlar.

6.3.4.2. Takım Ömrü Artışı

Yüksek üretim hızına ilaveten AKS genellikle kesicinin daha verimli ve takım ömrü boyunca üniform kullanılmasını sağlar. AKS'de ilerleme ayarı ile takım aşınmaya sebep olacak aşırı yüklerden korunduğu için işleme maliyeti düşer. Takım ömrü artmış olur.

6.3.4.3. Daha Yüksek Parça Koruması

Kesme kuvveti kısıtı yerine, kesici takım veya iş milinin sehimi temel alındığında iş parçası toleranslar içinde üretilmiş olur. Bu yolla parçanın tolerans dışına çıkması önlenerek muhtemel ıskartalar azaltılmış olur.

6.3.4.4. Daha Az Operatör Müdahalesi

AKS İşleme prosesi, parça programlamayla operatör müdahalesi olmaksızın gerçek zamanlı otomatik gerçekleşir.

6.3.4.5. Daha Kolay Parça Programlama

AKS parça programlamada çok yararlıdır. Sıradan nümerik kontrollü tezgâhlar için yapılan programlarda kesici takım ağır ve ani şartlardaki hız ve ilerlemelerle karşılaşacaktır. Kesme şartlarının uygun değerleri seçilmeden önce programcı birkaç kez denemelidir. Adaptif kontrollü parça programı uygun ilerleme seçimi, parça programcısından çok kontrolör ünitesine kalır. Kesme kuvveti, güç veya diğer değişkenlerin sabit değeri kullanılan kesici veya işe göre belirlenmelidir. Bu sistem yazılımı tarafından bilinen parametrelerden hesaplanır. Genellikle parça programcılarını görevi nümerik kontrolden daha az korumalı bir yaklaşım gerektirir. Daha az zamanda bir iş için kayıt yapılır ve daha az tecrübe gerekir.

USA Air Force LCRAC (Low Cost Retrofitable Adaptive Control) ile Üretim maliyetindeki kazancı alüminyum, çelik ve titanyum kullanarak gerçekleştirdiğinde bu işten tasarrufu klasik NC işlemeye göre % 37 olmuştur. AKS doğru işe doğru şekilde uygulanırsa ekonomik kazanç sürekli olur.

7. ŞERİT TESTERE TEZGAHININ YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİYLE ADAPTİF KONTROLÜ VE MALZEME TANIMA SİSTEMLİ HALE GETİRİLMESİ

Bu çalışmada yarı otomatik bir Őerit testere tezgahına yapay zeka yöntemleriyle adaptif kontrol ve malzeme tanıma sistemi uygulanmıştır. Talaşlı ve talaşsız imalat ortamına girecek bir çok mamul ya da yarı mamul malzeme primer işlem olarak Őerit testere tezgahlarında işlenmektedir. Bu tezgahlar imalat ortamında eğitim seviyesi dūřuk operatörler tarafından kullanılmaktadır. Őerit ömrü ve verimini operatör tecrübesi ve becerisi belirlemektedir. Aynı Őartlarda farklı operatörler arasında ekonomiklik açısından büyük değişimler gözlenmektedir. Endüstri evrelerinden Őerit testere tezgahlarında ekonomik kesme konularında akademik destek talepleri bizi bu çalışmaya yönlendirmiştir. Çalışmamızla operatör marifeti ve tecrübesi olmadan yapay zeka tahmin ve karar algoritmalarıyla optimum Őartlarda kesme gerçekleştirilmiştir.

Malzeme olarak Şerit testerelemlerle en fazla kesilen birbirlerine göre farklı kesme parametreleri olan 3 gruptan 18 farklı numune hazırlanmıştır. Malzemeler gerilmelerinin giderilmesi için normalizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra deneysel plana göre istenen kesitte dairesel/kare malzeme üretmek için tornalama/frezeleme işlemi ile numuneler hazırlanmıştır. Tezgahı bilgisayarla kontrol edebilmek için üzerinde hidrolik, elektrik elektronik ve mekanik revizyonlar yapılmıştır. Prosesten kesme kuvvetleri, akım, titreşim, AE, hız ve ilerleme değerlerini gerçek zamanlı ölçebilen bir yazılım ve donanımdan oluşan deney seti kurulmuştur. Farklı kesme parametreleri ve malzemeler için analog veriler toplanmıştır. Bu verilerden karşılaştırmalı olarak birçok sonuç elde edilmiş ve ilerleyen bölümlerde verilmiştir. Alınan bu veriler yapay sinir ağları ve bulanık mantık algoritmalarıyla adaptif kontrol kararına dönüştürülmüştür. Sonuçta optimum kesme koşullarında çalışan ve malzemeyi tanıyan bir tezgah geliştirilmiştir.

7.1. Deney Malzemelerinin Özellikleri

Deneyde kullanılan malzemeler endüstride testere tezgahların da en fazla kullanılan 3 ayrı gruptan alınmıştır. Malzemelere ait kimyasal analiz, sertlik ve kesit değerleri aşağıda Tablo 7.1.de verilmiştir. Numunelerde gerilim giderme ve homojenliği sağlamak için 880° C de normalizasyon ısıl işlemine tabi tutulmuş ve sonrasında sertlikler Affri 206 RTD Sertlik ölçme cihazında 3 noktadan HRB cinsinden ölçülmüştür.

Tablo 7.1. Deney Malzemesi Özellikleri.

Standard		Kimyasal Bileşim (%)							Kullanım Yerleri	Sertlik	Hazırlanan Numune
DIN	SAE	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo		HRB	Çap / Kenar (mm)
St37 (Genel Yapı Çeliği)	1015	0,14-0,17	0,01	0,35-0,55	0,025	0,04	-	-	Sanayi profilleri, cıvata, somun	60	Ø 30
											Ø 50
											Ø 70
											□ 30
											□ 50
□ 70											
Ck40 (Islah Çeliği)	1040	0,35-0,44	0,19	0,64	0,011	0,01	-	-	Makine elemanları, Dişli, piston pimi,mil, burç	85	Ø 30
											Ø 50
											Ø 70
											□ 30
											□ 50
□ 70											
42CrMo4 (Islah Çeliği)	4140	0,4	0,25	0,84	0,015	0,002	0,91	0,18	Otomotiv uçak par, şanzıman, direksiyon	95	Ø 30
											Ø 50
											Ø 70
											□ 30
											□ 50
□ 70											

7.2. Şerit Testere Özellikleri

Şerit testere olarak Eberle M42 (Bi-metal: HSS+Yay çeliği) kullanılmıştır. Boyutları: 0.9 x 27 x 3670 x 6 TPI, Şerit gerilimi: 85 bardır. Şeride ait kimyasal analiz Tablo 7.2.deki gibidir.

Tablo 7.2. Şerit Testere Kimyasal Analizi

Bileşen	C	W	Cr	V	Mo	Co
% Ağırlık	1.8	1.6	3.75	1.15	9.6	8.25

7.3. Deney Parametreleri

Kesme hızı (m/dak) 40; 63; 100

İlerleme hızı (mm/dak) 35; 66; 125

Soğutma sıvısı: Bor yağı (su-yağ % 20 emülsiyonu)

Deney malzemesi olarak SAE 1015, SAE 1040, SAE 4140 çeliklerden 30; 46; 70 (mm) çaplarında dairesel dolu malzemeler ve Kenar uzunluğu 30; 46; 70 (mm) olan kare malzemeler kullanılmıştır. Numuneler tornalama ve frezeleme işlemi ile hazırlanıp normalizasyona tabi tutulduktan sonra testereye bağlanıp kesilmektedir.

Minimum ve maksimum değerler şerit üreticileri el kitaplarının ortalamasından, orta değerler Tam Faktöriyel Deney Tasarımından hesaplanarak bulunmuştur.

7.4. Deney Testere Tezgahı Özellikleri

Deneyisel çalışmada mafsallı tip, çekerek kesme yapan bir şerit testere tezgahı (İMAŞ 280) kullanılmıştır. Deneyde kullanılan testere tezgahının resmi Şekil 7.1.de Teknik özellikleri de Tablo 7.3. de verilmiştir.



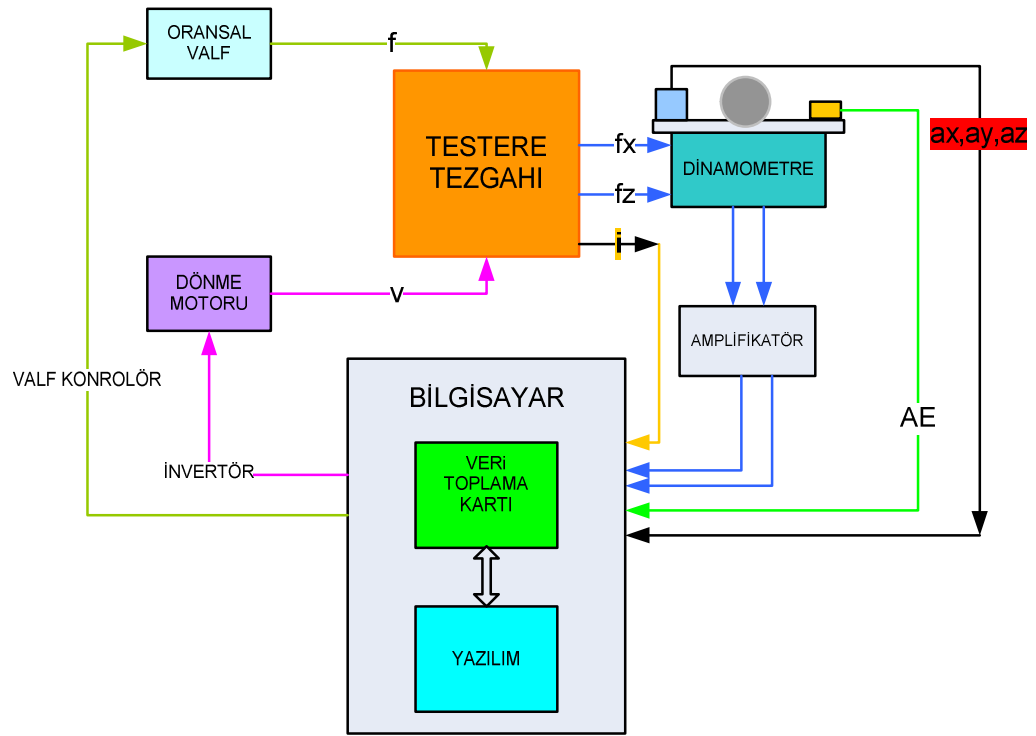
Şekil 7.1. Denejde Kullanılan Testere Tezgahı.

Tablo 7.3. Deney Testere Tezgahı Teknik Özellikleri.

ÖZELLİKLER		KMY 280
Kapasite (mm)	Çap	280
	Kare	280x280
	Dikdörtgen (yatay)	150x360
	Kare 45 derece	200X200
Motorlar (kW – d/d)	Ana Motor	2,2 kw / 1500 d/d
	Boryağı Motoru	0,12 kw / 3000 d/d
	Hidrolik Motoru	0,37 kw / 1500 d/d
	Sürtücü Motoru	Manuel
Şerit Ebadı (mm)		27x0,9x3670
Boryağı Deposu Hacmi (Lt)		4
Hidrolik Deposu Hacmi (Lt)		-
Ebatları (mm)		1220x1900x1100
Sürme Boyu (mm)		Manuel
Ağırlık (kg)		570

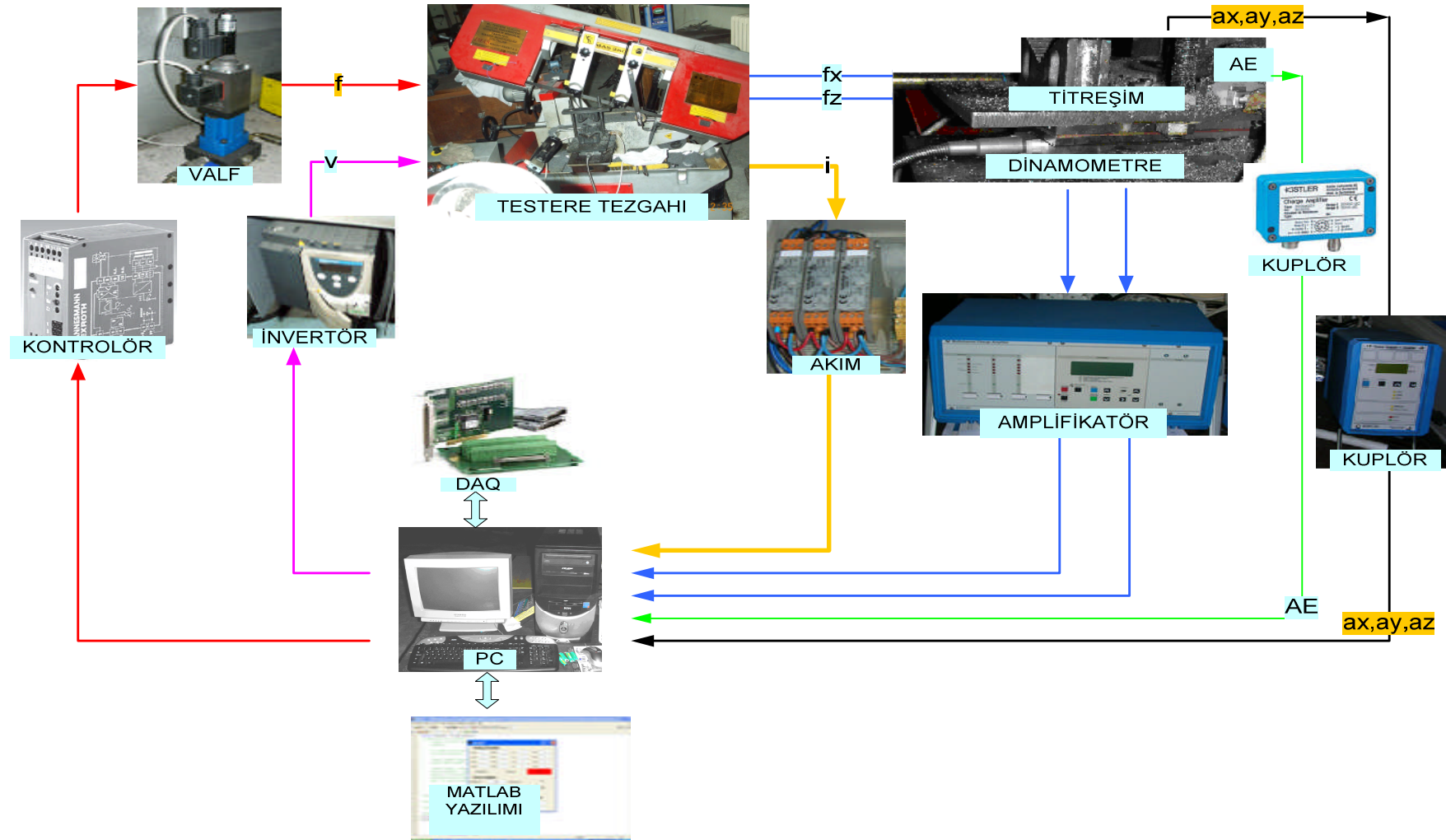
7.5. Deney Seti

Testere Tezgağını bilgisayarla kontrol edebilmek için üzerinde hidrolik, elektrik-elektronik ve mekanik revizyonlar yapılmıştır. Prosesten üç eksende kesme kuvvetleri, akım, üç eksende titreşim, AE, hız ve ilerleme değerlerini gerçek zamanlı ölçebilen bir yazılım ve donanımdan oluşan deney seti kurulmuştur. Farklı kesme parametreleri ve malzemeler için analog veriler toplanmıştır. Bu verilerden karşılaştırmalı olarak birçok sonuç elde edilmiş ve ilerleyen bölümlerde verilmiştir. Deney seti blok şeması şekil 7.2.de verilmiştir.



Şekil 7.2. Deney Seti Blok Şeması.

Dinamometrenin montajı için bir platform yapılmıştır. İş malzemelerinin kolay bağlanıp çözülmesi için bir mengene tasarlanıp üretilmiş 43 HV sertleştirilmiştir. Tasarımı ve imalatı yapılan bir mengene dinamometre üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 7.3. Denei Seti Resimlendirilmiş Şeması.

Dinamometreden alınan analog sinyaller kullanılan bir amplifikatörde filtreleme ve yükseltme işlemine tabi tutulmuştur. Amplifikatörden çıkan analog sinyaller data toplama kartı ile bilgisayar ortamına dijital olarak aktarılmıştır. Amplifikatör ve dinamometre üretici firma kalibrasyon sertifikasına göre kalibre edilmiştir. İvme (a_x , a_y , a_z), ve akustik emisyon (AE) sensörleri de imalatı yapılan mengene üzerine monte edilmiştir. Alınan analog sinyaller kuplör (Şartlandırıcı) vasıtasıyla filtrelenip şartlandırıldıktan sonra data kartı ile bilgisayar ortamına alınmıştır. Ana motorun çektiği akımın ölçümü için bir akım sensörü kullanılmıştır.

Tezgahın ilerleme ve kesme hızını kontrol için mekanik, elektrik-elektronik ve hidrolik tadilatlar yapılmıştır. İlerleme hızının bilgisayardan kontrolü için bir elektronik kontrolörle kumanda edilen oransal valf kullanılmıştır. Valfin kalibrasyonu yapılmış ve sistem yazılımla bilgisayardan İlerleme hızını kontrol eder hale getirilmiştir. Kesme hızını sağlayan ana motorun (dönme devri) kontrolü için sisteme bir invertör dahil edilmiştir. İvertörle testere kesme hızı bilgisayardan veri toplama kartı yoluyla kumanda edilebilir hale dönüştürülmüştür.

Yapay zeka yazılımlarının eğitimi için veri toplama yazılımı gerçekleştirilmiştir. Bu yazılımla 81 farklı deney yapılarak veriler bilgisayar ortamına tablolar halinde kaydedilmiştir.

Gerçekleştirilen Yapay Zeka Modülü yazılımı ile sistem malzemeyi tanıyarak bir kesme kuvveti referans modeli oluşturmakta ve kesme parametrelerini optimum ayarlamaktadır. Deney Seti Blok Şeması Şekil 7.3.de verilmiştir.

7.6. Deney Seti Elemanları

Aşağıda deney seti elemanları ayrıntılarıyla verilmiştir.

7.6.1. Dinamometre

Tornalama, frezeleme, taşlama v.s. talaş kaldırma işlemlerinde 3 eksende kesme kuvvetlerini ölçmeye uygun tasarlanmış Şekil 7.4.de verilen dinamometre deneylerde kullanılmıştır. Tablo 7.4.de teknik özellikler verilmiştir



Şekil 7.4. Deney Seti Dinamometre Uygulama Resmi.

Tablo 7.4. Kistler 9257B Dinamometre Özellikleri

Ölçme Aralığı	Hassasiyet	Doğal Frekans	Operasyon Sıcaklığı	L	W	H	Ağırlık
kN	pC/N	kHz	(°C)	mm	mm	mm	Kg
F _x = ±5	F _x = -7,5	f _{n(x)} = 2.3	0 ... 70	170	100	60	7.3
F _y = ±5	F _y = -7,5	f _{n(y)} = 2.3					
F _z = ±5	F _z = -3,7	f _{n(z)} = 3,5					

7.6.2. Şarj Amplifikatörü Özellikleri

Deneyde Kistler 5019B şarj amplifikatörü kullanılmıştır. Üzerinde LCD ekranı ve ayar tuşları ile opsiyonel taşınabilir bir cihazdır. Şekil 7.5.te amplifikatöre ait resim ve Tablo 7.5.te teknik özellikler verilmiştir



Şekil 7.5. Deney Seti Amplifikatör Resmi.

Tablo 7.5. Kistler 5019B Şarj Amplifikatör Özellikleri

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER
Ölçme Kanalı Sayısı		4
Ölçme Aralığı	pC	$\pm 10 \dots 999'000$
Sensör Hassasiyeti	pC / M.U.	0,01 ... 9'990
Ölçek	M.U. / V	0,001 ... 9'990'000
Çıkış Voltajı	V	± 10
Çıkış Akımı	mA	0 ... ± 5
Çıkış Empedansı	Ω	10
Frekans Sınırları	kHz	0 ... 200
Lineerlik	%	$< \pm 0,05$

7.6.3. Titreşim Sensörü

Titreşim ölçmede 3 eksen de ölçme yapabilecek şekilde kistler 8792A500 tipi sensör kullanılmıştır. Kullanılan sensörün teknik özellikleri Tablo 7.6.da ve uygulama resmi Şekil 7.6.da verilmiştir.



Şekil 7.6. Deney Seti İvme Sensörü Uygulama Resmi.

Tablo 7.6. Kistler 8792A500 İvme Sensörü Özellikleri

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER
Ölçme Aralığı	g	±500
Hassasiyeti	mV/g	10
Frekans Aralığı	Hz	1...5000
Çözünürlük	mg rms	10
Dönüşüm hassasiyeti	%	1.5
Non-lineerlik	% FSO	±1
Standard		hermetik(IP68)
Konnektör		4-pin

7.6.4. Akustik Emisyon Sensörü

Talaş kaldırma işlemlerinde ortaya çıkan yüksek frekanslı sesler çatlak ve kırılmaların ön belirtisidir. Bunlar talaş kaldırma işlemlerinde AE sensörleriyle izlenmiştir. Kullanılan sensör teknik özellikleri Tablo 7.7.de, uygulama resmi Şekil 7.7.de verilmiştir.



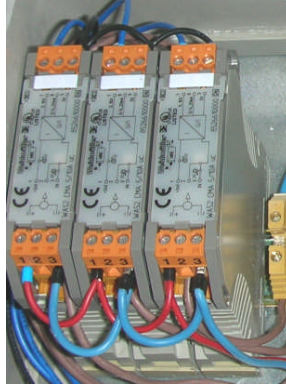
Şekil 7.7. Deney Seti AE Sensörü Uygulama Resmi.

Tablo 7.7. Kistler 8152B111 Akustik Emisyon Sensörü Özellikleri

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER
Hassasiyeti 1V/(m/s)	dB	57
Aşırı Yük Şoku (0.5 ms)	g	2000
Aşırı yük Titreşimi	g	±1000
Operasyon Sıcaklığı	°C	-40...60
Sabit Akım	mA	3.000
Voltaj	V DC	5.000
Çıkış Bias	V DC	2.5
Frekans Aralığı	Hz	50000...400000
Standart		hermetik (IP68)

7.6.5. Akım Sensörü

Deneyde harcanan güç, kesme kuvvetleri-akım, ilerleme-akım, hız-akım ilişkileri incelenmiştir. Akım izleme modülü ile DC ve AC 60 Ampere kadar akımlar ölçülebilir. DIP swichlerle opsiyonel seviye ayarlamaları yapılabilir. İlave kalibrasyon gerekmez. Çıkış olarak 4-20 mA veya 0-10 V. elde edilebilir. Şekil 7.8.de uygulama resmi verilmiştir.



Şekil 7.8. Deney Seti Akım Sensörü Uygulama Resmi.

7.6.6. Oransal Valf

Testere tezgahının ilerleme hızının bilgisayardan kontrolü için sisteme özgü bir Rexroth 2FRE 6 B-2X/K4RV oransal akış kontrol valfi seçilmiştir. Bu valf bir kontrolörle data kartı tarafından uyarılmaktadır. Valfimiz 2 yollu, sıcaklık ve basınç kompanzasyonludur. Şekil 7.9.da oransal valfin, Şekil 7.10.da Valf kontrolörünün resmi verilmiştir. Tablo 7.8.de oransal valf teknik özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 7.9. Deney Seti Oransal Valfi Resmi. Şekil 7.10. Deney Seti Valf Kontrolörü

Tablo 7.8. Rexroth 2FRE 6 B-2X/K4RV Valf Özellikleri

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER
Uygulanan Ortam Sıcaklığı	°C	- 20 ... + 50
Akışkan Sıcaklığı	°C	20 ... 80
Müsaade Edilen Basınç port A	bar	210
Debi	L/min	2L
Viskozite	mm ² /s	15 ... 380
Histerizis	%	< ± 1 at $q_v \max$
Maksimum Akım	A	1.5

7.6.7. İnvvertör

Kesme hızının bilgisayardan ayarlanabilmesi ve dolayısıyla kesme hızının kontrolü için Telemecanique invertör kullanılmıştır. 0.18 kW - 2.2 kW arası 3 fazlı asenkron motorlar için kullanılan bir hız kontrol cihazıdır. Teknik olarak ; 1 röle çıkışı (NA kontak), 4 lojik giriş (30 V. maks.), Dahili güç kaynakları : +5 V (potansiyometre güç kaynağı) ve +15 V kısa devre ve aşırı yük koruması, 1 konfigüre edilebilir analog giriş: 0-5 V dahili güç kaynağı, 0-10 V harici güç kaynağı, 0/4 - 20 mA özelliktedir. Şekil 7.11.da Hız Kontrol İnvvertörüne ait resim verilmiştir.



Şekil 7.11. Hız Kontrol İnvvertörü.

7.6.8. Veri Toplama Kartı (Data Acquisition)

Bilgisayar ortamına analog ve dijital giriş çıkış sağlayan donanım olan veri toplama kartları sinyallerin alınması ve kontrol sinyallerinin üretilmesi için önemlidir. Kullanılan NI 6221 Serisi data toplama kartı ve konektör resimleri Şekil 7.12.de, teknik özellikler Tablo 7.9.da verilmiştir.



Şekil 7.12. Data Toplama Kartı ve Kart Konektörü.

Tablo 7.9. Veri Toplama Kartı Özellikleri

ÖZELLİK	BİRİM	DEĞER
Analoğ Giriş Çözünürlüğü	Bit	16
Analoğ Giriş	Kanal	16
Dijital I/O Sayısı	Kanal	24
Analoğ Çıkış	Kanal	2
Sayıcı	Bit	32
Analoğ Çıkış Gerilimi	+/- V	10
Data Transferi	-	PCI
Maksimum Çıkış Hızı	kS/s	250

7.7. Deneylerin Yapılışı

Deney numuneleri tornalama ve frezeleme ile istenen ölçüye getirilip, 880° C normalizasyondan sonra hazır hale getirildi. Kesme esnasında verileri toplamak için “ilhan_dağ_v01” isimli bir veri toplama yazılımı MATLAB ortamında gerçekleştirilmiştir (<http://www.mathworks.com/products-2006>). Yazılımla gerçek zamanlı olarak 16 kanaldan veri alınabilmektedir. Kesme süresince alınan veriler kaydedilmekte ve Microsoft Excel ortamına aktarılmaktadır.

Seçilen 3 ayrı malzeme ait 18 numune sırayla mengineye bağlanmaktadır. Numuneye ait sabitler ve kesme parametreleri (kesme hızı ve ilerleme) Şekil 7.13.te gösterilen program ara yüzüne girilmekte, “OTOMATİK KAYIT” butonuna basılmaktadır. Kesmenin başlangıcından sonuna kadar saniyede 80 veri alınmakta ve bu verilerin ortalaması bir veri olarak ekranda gözlemlenip, arka planda deney adıyla bir satır halinde kaydedilmektedir. Yapılan her kesme işleminde saniyede bir kayıt “DUR” butonuna basıncaya kadar devam etmektedir. Dairesel ve kare deney numuneleri için; Üç farklı sertlikte malzeme, 3 ayrı çap, 3 farklı kesme hızı, 3 farklı ilerleme hızında toplam 81 farklı deney kombinasyonu denenerak veri toplama deneyleri tamamlanmıştır.

The screenshot displays the 'ilhan_dağ_v01' software interface, which is used for data collection during cutting experiments. The interface is divided into several sections:

- Analog Ölçümler (Analog Measurements):** This section contains 16 input fields for various measurements, all currently set to 0. The fields are: I-1 (A), I-2 (A), I-3 (A), Fx (N), Fy (N), Fz (N), A-06, L (mm), ax, ay, az, E, A-12, A-13, A-14, and A-15.
- Control Buttons:** Below the measurements, there are three buttons: 'Otomatik Kayıt' (Automatic Record), 'El ile Kayıt' (Manual Record), and a prominent red 'Dur' (Stop) button.
- Deney Bilgileri (Experiment Information):** This section contains several input fields for experiment parameters:
 - Malzeme Adı (Material Name): Çelik...
 - Kesme hızı (m/dk) (Cutting Speed): 100
 - İlerleme hızı (mm/dk) (Feed Rate): 66
 - Sertlik (Hardness): 85
 - Kayıt sayısı (Record Count): 1
 - Anlık İlerleme (mm/dk) (Instantaneous Feed): 0
 - Kayıt ismi (Record Name): De_112_1040_D70
 - Zaman Aralığı (sn) (Time Interval): 1
- Analog Çıktılar (Analog Outputs):** This section contains two output fields:
 - İlerleme hızı (mm/dk) (Feed Rate): 65
 - Kesme hızı (m/dk) (Cutting Speed): 98

Şekil 7.13. Veri Toplama Yazılımı Kullanıcı Arayüzü.

7.8. Veri Toplama Deney Sonuçları

Yapay Zeka Modülü 1 için yapılan veri toplama deneylerinden elde edilen verilerin ortalama sonuçları EK-1 de verilmiştir. Burada hazırlanan kare numune deney malzemeleri için veriler giriş parametrelerine karşılık, ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak kaydedilmiştir.

Deneylerde veriler, malzemenin mengeneye bağlanması, program ekranına giriş parametreleri olan hız, ilerleme, malzeme adı, çap bilgilerinin girilmesi ve bilgisayardan otomatik kayıt işleminin seçilmesiyle kayıt edilmeye başlanır. 81 Deneyin tamamlanmasından sonra her bir deneye ait verilerin aritmetik ortalaması alınarak bu tabloya bir satır olarak aktarılmıştır. Bu veriler Yapay Zeka Modülü 1 'in eğitim ve test işlemlerinde kullanılmıştır.

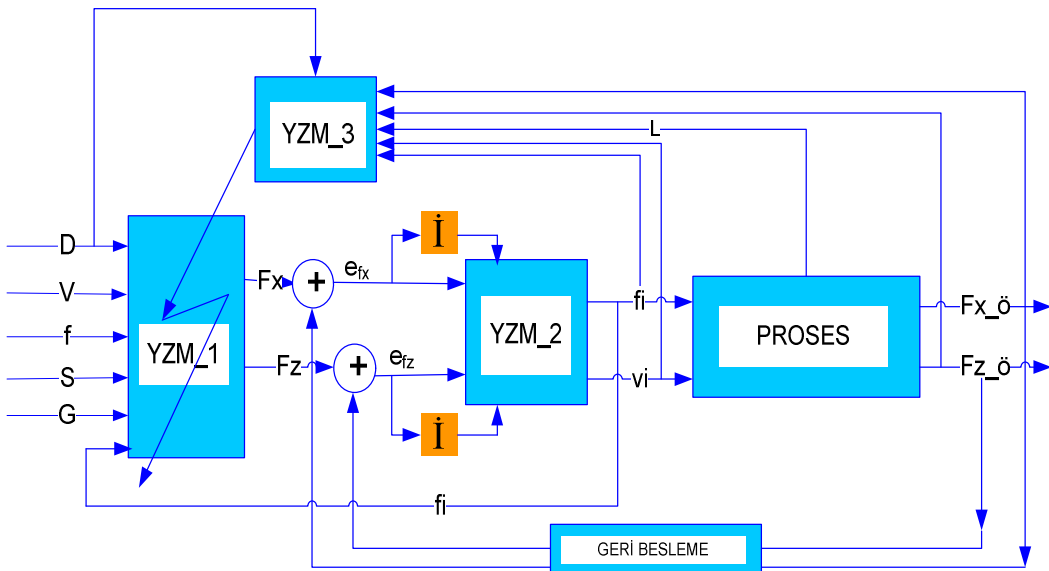
Veri toplama deneyleri 3 değişik kesme hızı, ilerleme, çap, malzeme için çok sayıda tekrarlı olarak yapılmıştır. Aşınmanın kesme kuvvetleri diğer çıkış parametrelerini etkilememesi için her malzeme değişiminde şerit yenisi ile değiştirilmiştir.

Yapılan her bir deney için alınan veriler bir dosyaya kayıt yapılmıştır. Kesme süresince her 16 kanaldan saniyede 80 veri alınmakta ve bir veri olarak ilgili sütuna kaydolmaktadır. Deneyler malzeme çapı ve sertliğine bağlı olarak 20-150 saniye sürmektedir. Kesme işlemi bitiminde sütunların her birinin ortalaması alınmakta ve EK-1 e satır olarak kaydedilmektedir.

Kesme işleminde kullanılan kesme hızı ve ilerlemenin alt ve üst limit değerleri farklı testere ve şerit üretici kitapları ortalama değerlerinden alınmıştır. Ara değerler ise Tam Faktöriyel Deney Tasarımından hesaplanarak bulunmuştur.

7.9. Zeki Adaptif Kontrol Sistemi (ZAKS)

Modelimiz üç zeki modülün birleşiminden oluşmaktadır (Şekil 7.14). Yapay Zeka Modül 1 (YZM_1) proses değişkenlerinden kesme kuvvetlerinin tahmininde kullanılan bir Yapay Sinir Ağı algoritmasıdır. Yapay Zeka Modülü 2 (YZM_2) Ölçülen proses çıkışlarından geri besleme yapılarak kontrol çıktıları üreten bir Bulanık Mantık Kontrol Algoritmasıdır. Yapay Zeka Modül 3 (YZM_3) ise proses de meydana gelen anlık değişimlerden veya dış bozucu değişkenlerden dolayı sistemi istenen optimum duruma yaklaştıran gerçek zamanlı çalışan Yapay Sinir Ağı algoritmasıdır.



Şekil 7.14. Zeki Adaptif Kontrol Sistemi (ZAKS).

Sistemdeki kalıcı durum hatalarını yok etmek için bir PI denetleyici kullanılmıştır. Sistemde aşmalar fazla değildir bu nedenle diferansiyel kontrol kullanılmamıştır. PD Denetleyici ile sistemi çalıştırdığımızda kesme kuvvetlerinin kararlılığı sağlanamamıştır. Sistem için uygun cevap PI ile sağladığı için diferansiyel

etki ilavesine gerek yoktur. Çünkü sistem daha karmaşık hale gelmekte ve cevap hızı bilgisayar işlemci hızına da bağlı olarak düşmektedir. Sistemin davranışının en iyi şekilde değiştiren kontrol o sistem için en ideal kontroldür.

Bulanık PI kontrol hata ve hatanın integrali ile bir kontrol işareti üretir. Bulanık kontrolde uzman bilgisi ve tecrübesi sistemi modellemede ve kontrolör karekterini belirlemede belirleyici rol oynamaktadır.

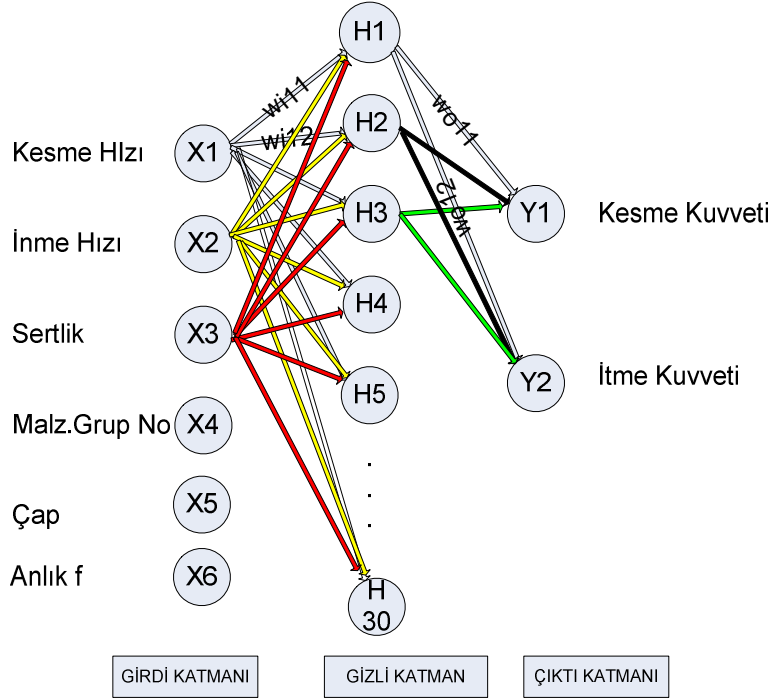
Bu çalışmada çok girişli ve çok çıkışlı kontrol yapısı kullanıldığı için, PID ile çoklu sistemleri modellemek zordur, bunun yerine bulanık kontrol kullanılarak kompleks teorik zorlukların üstesinden gelinmiştir. PID kontrolde uygun cevap bulununcaya kadar K_p , K_i , K_d kazancı ayarlanmaktadır. Bu sistem dinamiğinin belirlenmesine bağlıdır. Teorik olarak belirlemek mümkün olmakla beraber oldukça karmaşık ve zordur. Bulanık kontrolün, literatür çalışmalarında konvansiyonel PID kontrolörden çok efektif olduğu görülmektedir.

7.9.1. Yapay Zeka Modülü 1(YZM_1)

Sistemimizde giriş parametreleri olan Kesme Hızı(V), İlerleme Hızı(f), Çap(D), Sertlik(S), Malzeme Grup No (G), Anlık İlerleme(fi) ye karşılık ölçebildiğimiz çıkış parametreleri olarak kesme ve itme kuvvetleri (F_x ve F_z) vardır Ağ yapısı Şekil 7.15’de verilmiştir. Şerit testere tezgahında kesme kuvvetlerini sistemi etkileyen bir çok lineer olmayan parametre olduğu için, gerçek zamanlı modellemek günümüzde imkânsızdır.

Deneyler sonucunda elde edilen 4482 satır 8 sütun veri Yapay Zeka Modülü 1’e veri kaynağıdır. Bu sonuçlar 0-1 aralığına normalize edilmiştir. YZM_1 için eğitim işleminde (3000 X 6) boyutunda veri matrisi giriş, (3000 X 2) boyutunda veri matrisi çıkış olarak kullanılmıştır. Test sisteminde giriş olarak, veri dizisinin öğrenmede kullanılmayan (1482 X 6) boyutundaki matrisi, çıkış olarak (1482 X 2) boyutundaki matrisi kullanılmıştır.

Matlab Neural Network Toolbox kullanılarak YZM_1 'in modellenmesi, eğitimi ve testi gerçekleştirilmiştir (<http://www.mathworks.com-2006>).



Şekil 7.15. Kesme Kuvvetlerini Tahmin Eden Yapay Sinir Ağı Modeli.(YZM_1)

Mühendislikte ve pek çok alanda en çok kullanılan öğrenme algoritması, geriye yayılma algoritmasıdır. Bunun en büyük nedeni, öğrenme kapasitesinin yüksek olmasıdır. Bu yüzden yapılan çalışmada YSA'yı eğitmek için geriye yayılma algoritması kullanılmıştır. Çok katmanlı ileri beslemeli seçilen ağda transfer fonksiyonu olarak Tanjant Sigmoid ve Logaritmik Sigmoid, eğitim fonksiyonu olarak Gradient Descent optimizasyon yöntemi kullanılarak ağırlıklar ve bias değerleri güncellenmiştir. Hedeflenen MSE (ortalama hataların karesi) ve iterasyon için kabul edilebilir hata değerine ulaşarak YSA'nın eğitimi ve testi tamamlanır.

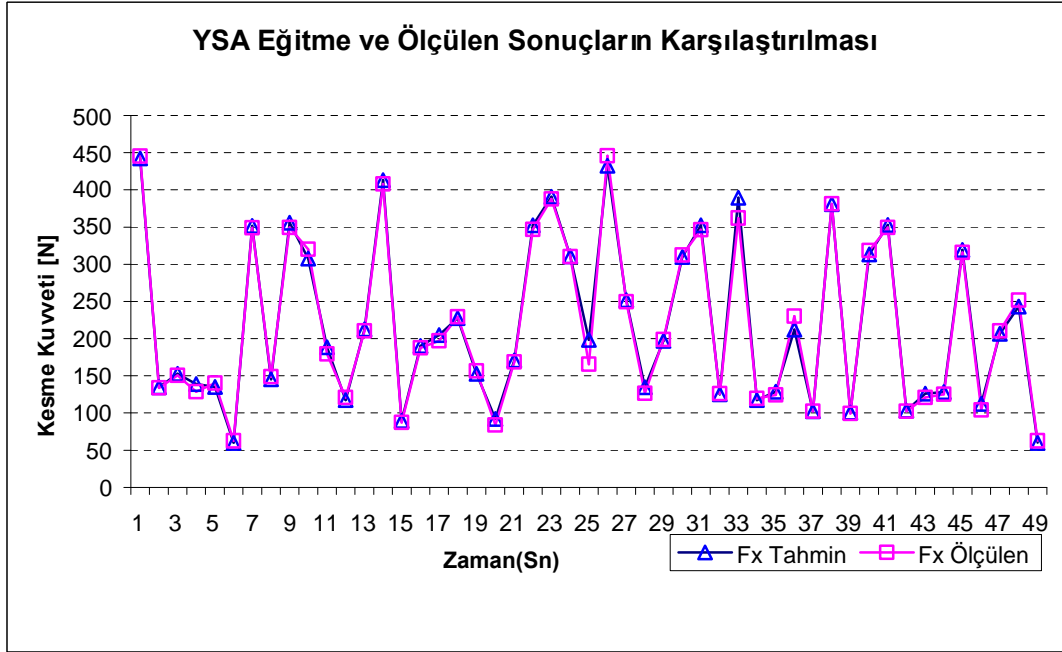
Uygun YSA ağ yapısını belirlemek için performanslar aşağıdaki ağ yapılarında ölçülmüştür. YSA da giriş ve çıkış katmanı nöron sayılarını sistemin giriş ve çıkışları belirler. Giriş ve çıkış katmanlarındaki nöron sayısı sabit tutulup gizli katmandaki 2,3,4,5,6,10,15,20,25,30,35,40,50 nörona karşılık performanslar

ölçülmüştür. 6000 epok (epoch) a kadar elde edilen sonuçlara ait değerler Tablo 7.10'da gösterilmiştir.

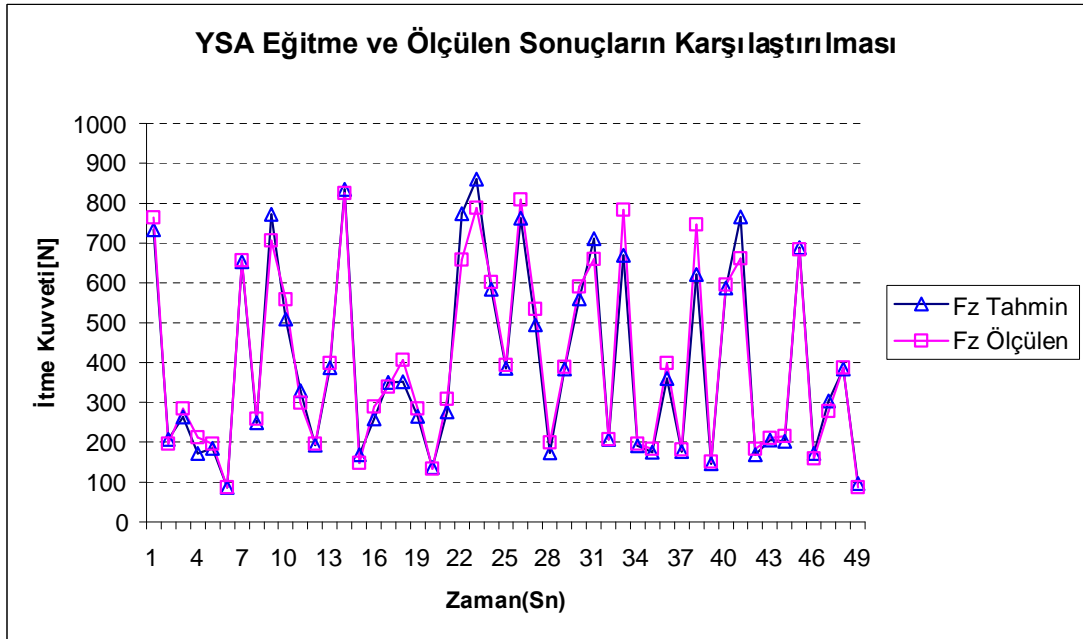
Tablo 7.10. YSA Gizli Katman Nöron Sayıları ve Eğitim MSE' leri.

Deneme Sırası	Giriş Katmanı Nöron Sayısı	Gizli Katman Nöron Sayısı	Çıkış Katmanı Nöron Sayısı	MSE	Epok (Epoch) Sayısı
1	6	2	2	0,00601835	6000
2	6	3	2	0,00602387	6000
3	6	4	2	0,00509519	6000
4	6	5	2	0,00446888	6000
5	6	6	2	0,00360251	6000
6	6	10	2	0,00276514	6000
7	6	15	2	0,00221342	6000
8	6	20	2	0,00229801	6000
9	6	25	2	0,002208060	6000
10	6	30	2	0,0020407	6000
11	6	35	2	0,00206084	6000
12	6	40	2	0,00209634	6000
13	6	50	2	0,00195248	6000

Buna göre testteki uygun YSA yapısı 6 nöron dan oluşan giriş katmanı, 30 nöron dan oluşan gizli katman ve 2 adet nöronun yer aldığı çıkış katmanından ibarettir. Bu ağ yapısı ile yapılan test işleminden alınan bir bölümün grafiği aşağıda Şekil 7.16 ve 7.17 de verilmiştir.



Şekil 7.16. Ölçülen ve Tahmin Edilen YSA Çıkışı Kesme Kuvvetinin(F_x) Karşılaştırma Grafiği.



Şekil 7.17. Ölçülen ve Tahmin Edilen YSA Çıkışı İtme Kuvvetinin(F_z) Karşılaştırma Grafiği.

Tablo 7.11. Seçilen YSA Mimarisinin Eğitim ve Test Hataları.

YZM-1	Eğitim Sonuçları		Test Sonuçları		
Ağ Mimarisi	% Ort.Mut.Hata (e)	Hata Kareleri Ortalaması (mse)	% Ort.Mut.Hata (e)	Hata Kareleri Ortalaması (mse)	Epok (Epoch) Sayısı
6 X 30 X 2	2,878693	0,002052	2,95766	0,0020316	6000

Tespit edilen ağ parametreleri ile teşkil edilen YZM-1 ağ mimarisi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. MSE'si en düşük olan 6 X 30 X 2 YSA modeli en uygun model olarak seçilmiştir. Ağ eğitme sonucu % 97,13, test sonuçlarında % 97,05 başarıyla referans kuvvetler tahmin edilmiştir (Tablo 7.11). Bu modelleme ile deney verileri içerisinde bulunmayan değerlere karşılık da YSA interpolasyon yaklaşımıyla ara değerler üretmektedir. Böylece klasik sistemlerde hesaplama ile model kurmak için gereken deney sayısı, harcanacak zaman ve maliyetler YSA ile ortadan kaldırılmaktadır.

7.9.2. Yapay Zeka Modülü 2(YZM_2)

Yapay Zeka Modülü 2 (YZM_2) Ölçülen proses çıkışlarından geri besleme yapılarak kontrol çıktıları üreten çok girişli ve çıkışlı bir bulanık mantık algoritmasıdır. Matlab Fuzzy Toolbox kullanılarak YZM_2 'nin modellenmesi gerçekleştirilmiştir (<http://www.mathworks.com/support/-2006>).

Modül, bulanık mantığı kullanan bir kontrolör yapısıdır. Bu nedenle sistem gerçek zamanlı ölçülen kesme kuvvetleriyle, YZM_1'inden elde edilen tahmini kesme kuvvetleri arasındaki farkı minimum etmeye çalışmaktadır. Bulanık sistemi modellemede, parametrelerin belirlenmesinde uzman görüşleri ve tecrübelerinden yararlanılmıştır. Sistemde hata değerleri ve bunların integrali giriş, ilerleme hızı ve kesme hızı çıkış olarak alınmıştır.

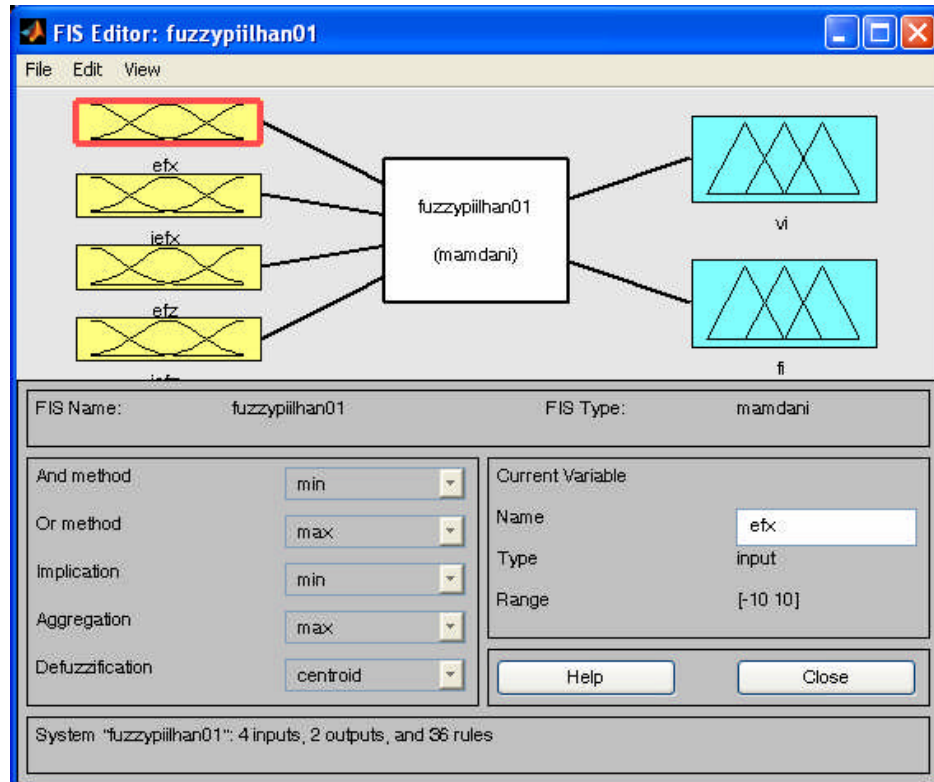
MATLAB ortamında 'fuzzypilhan01' isimli bir bulanık mantık mimarisi (Fuzzy İnterface System=FIS) kurulmuştur. Bulanık mantık yönteminde yaygın olarak kullanılan iki yöntem vardır. Bunlar; Mamdani ve Sugeno yöntemleridir. Problemimiz nonlinear olduğu için Mamdani tipi yapı tercih edilmiştir.

Tablo 7.12. Seçilen Bulanık Mantık Mimarisi Giriş Bilgileri.

FIS GİRİŞLERİ	Adı	Üyelik Fonk. Sayısı	Üyelik Geo.	MF1 Üyelik Fonksiyonu Aralığı	MF2 Üyelik Fonksiyonu Aralığı	MF3 Üyelik Fonksiyonu Aralığı
Kesme Kuvvetleri Farkı	efx	3	trimf	[-18 -10 -2]	[-8 0 8]	[2 10 18]
Kesme Kuvvetleri Farkı İntegrali	iefx	3	trimf	[-18 -10 -2]	[-8 0 8]	[2 10 18]
İtme Kuvvetleri Farkı	efz	3	trimf	[-18 -10 -2]	[-8 0 8]	[2 10 18]
İtme Kuvvetleri Farkı İntegrali	iefz	3	trimf	[-18 -10 -2]	[-8 0 8]	[2 10 18]

Tablo 7.13. Seçilen Bulanık Mantık Mimarisi Çıkış Bilgileri.

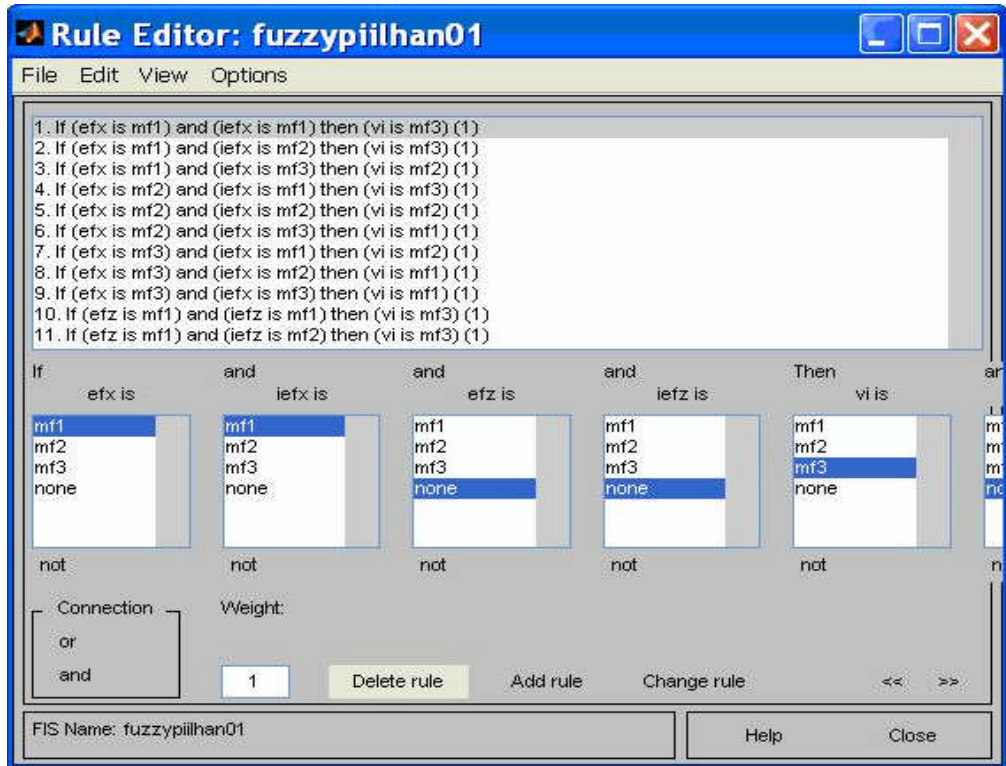
FIS ÇIKIŞLARI	Adı	Üyelik Fonk. Sayısı	Üyelik Geom.	MF1 Üyelik Fonksiyonu Aralığı	MF2 Üyelik Fonksiyonu Aralığı	MF1 Üyelik Fonksiyonu Aralığı
Kesme Hızı	vi	3	trimf	[-30 10 50]	[20 60 100]	[70 110 150]
İlerleme Hızı	fi	3	trimf	[-60 0 60]	[15 75 135]	[90 150 210]



Şekil 7.18. Bulanık Mantık Kontrolör Ekran Görünüşü.

Giriş değişkeni sayısı 4, çıkış değişkeni sayısı 2, bulanıklık derecesi 3, kural sayısı 36, max-min çıkarım metodu, durulaştırma işleminde, ağırlık merkezi durulaştırma yöntemi kullanılmıştır. Bulanıklık bölgesi hem giriş değişkenlerinde hem de çıkış değişkenlerinde 1= Düşük(mf1), 2=Orta(mf2), 3=Yüksek(mf3) adlarıyla derecelendirmeye tabi tutulmuştur. Bulanık modeller oluştururken değişik üyelik fonksiyonları seçilebilir. Yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonları olarak üçgen, yamuk, Gauss eğrisi, sigmoid vb. kullanılmaktadır (Tablo 7.12 ve 7.13).

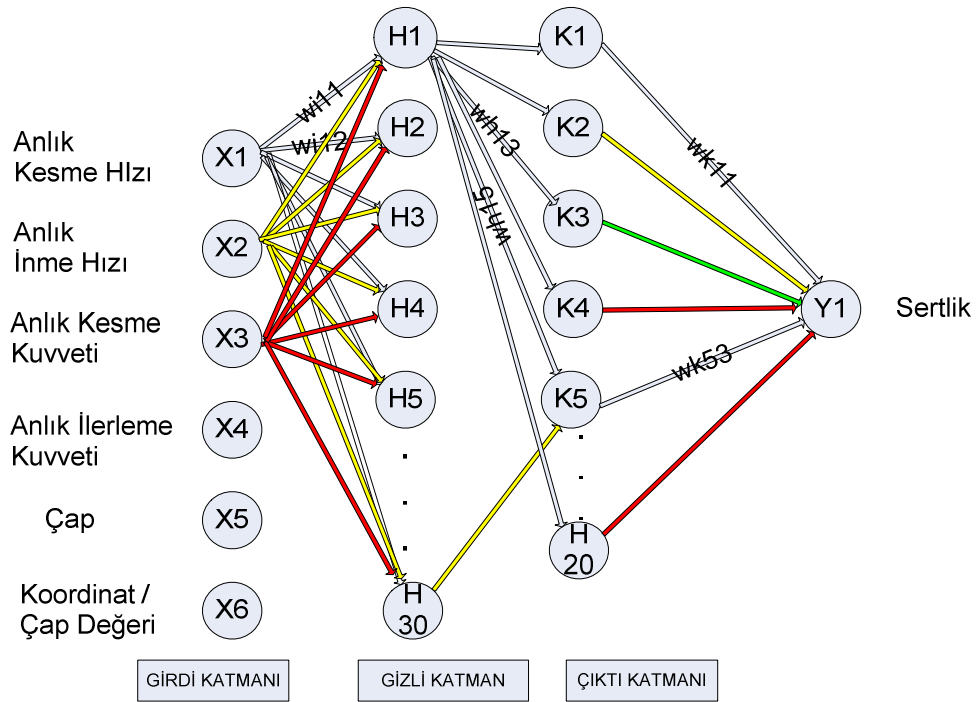
Çalışma da literatürde sıklıkla kullanılan üçgen üyelik fonksiyonu benimsenmiştir (Şekil 7.18). Tüm girişler ve çıkışlara ait değişkenler tanımlandıktan sonra en önemli adım olan kural tablosu hazırlanmıştır. Girişlere göre tüm olasılıkların gerçekleştirildiği kural tablosunda çıkışa ait değişkenler uzmanın istediği değerlere yerleştirilir. Bu sayede kural tablosu hazırlanmış olur. Tasarlanan Bulanık Kontrolör kurallarının yapısı “İF(Eğer)THEN..(İse).”terimleriyle oluşturulmuştur. Hatalar ve Hataların değişimi ile ilgili 36 tane kural tanımlanmıştır. Çıkış kuralları aşağıda Şekil 7.19.da izlenmektedir. Ayrıca tüm kurallar EK-2’de verilmiştir.



Şekil 7.19. Bulanık Mantık Kontrolör Kural Tablosu Ekran Görünüşü.

7.9.3. Yapay Zeka Modülü 3(YZM_3)

YZM_3 Modülü ise proses de meydana gelen anlık değişimlerden veya dış bozucu değişkenlerden dolayı sistemi istenen optimum duruma yaklaştırır. Sistemimizde giriş parametreleri olarak; ölçülen Kesme ve İtme Kuvveti, Anlık İlerleme ve Hız, Çap ve Koordinat/Çap değerleri alınmıştır. Ağ yapısı Şekil 7.20’de verilmiştir. Çıkış parametresi olarak danışmanlı (Supervising) eğitim kullanacağımız için, malzeme sertliği tek çıkış kabul edilmiştir. Modelimiz gerçek zamanlı olarak kesme esnasında malzeme sertliğini üretmektedir. Eğitim ve test işlemleri için veri toplama deneyleri sonucunda elde edilen 5487 satır 7 sütun veri 0-1 aralığına normalize edilmiştir. YZM_3 için eğitim işleminde (3800 X 6) boyutunda veri matrisi giriş, (3800 X 1) boyutunda veri matrisi çıkış olarak kullanılmıştır. Test sisteminde giriş olarak, veri dizisinin öğrenmede kullanılmayan (1686 X 6) boyutundaki matrisi, çıkış olarak (1686 X 1) boyutundaki matrisi kullanılmıştır.



Şekil 7.20. Yapay Sinir Ağı Modeli.(YZM_3)

Matlab Neural Network Toolbox kullanılarak YZM_3 'ün modellenmesi, eğitimi ve testi gerçekleştirilmiştir. Bu modülde YSA'yı eğitmek için geriye yayılma algoritması kullanılmıştır. Çok katmanlı ileri beslemeli seçilen ağda transfer fonksiyonu olarak tanjant sigmoid, logaritmik sigmoid, eğitim fonksiyonu olarak gradient descent optimizasyon yöntemi kullanılarak ağırlıklar ve bias değerleri güncellenmiştir. Hedeflenen MSE (ortalama hataların karesi) ve iterasyon için kabul edilebilen hata değerine ulaşılarak YSA'nın eğitimi ve testi tamamlanır.

Uygun katman ve nöron sayısı için aşağıdaki ağ mimarileri denenmiştir. YSA da giriş ve çıkış katmanı nöron sayılarını sistemin giriş ve çıkışları belirler. Giriş ve çıkış katmanlarındaki nöron sayısı sabit tutulup her iki gizli katman için 3,6,10,15,20,30,40 nörona karşılık performanslar ölçülmüştür. 5000 Epok (Epoch) sonunda elde edilen sonuçlara ait değerler Tablo 7.14'de gösterilmiştir.

Tablo 7.14. YSA Gizli Katman Nöron Sayıları ve Eğitim MSE' leri.

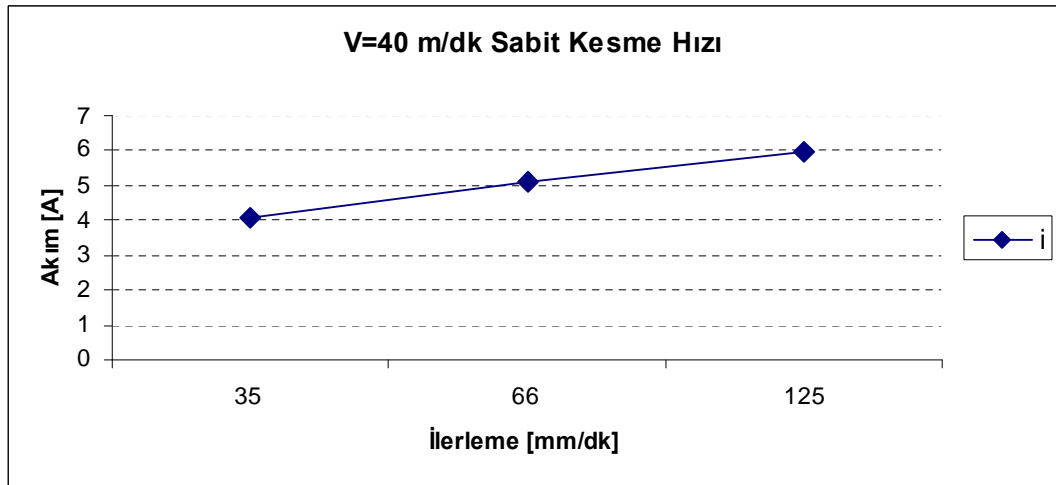
Deneme Sırası	Giriş Katmanı Nöron Sayısı	1.Gizli Katman Nöron Sayısı	2.Gizli Katman Nöron Sayısı	Çıkış Katmanı Nöron Sayısı	MSE	Epok (Epoch) Sayısı
1	6	3	3	1	0,0222069	5000
2	6	3	6	1	0,0234585/0	5000
3	6	3	10	1	0,0213234	5000
4	6	3	15	1	0,0214682	5000
5	6	3	20	1	0,02109	5000
6	6	3	30	1	0,0207435	5000
7	6	3	40	1	0,0208954	5000
8	6	6	3	1	0,0231755	5000
9	6	6	6	1	0,0216314	5000
10	6	6	10	1	0,021322	5000
11	6	6	15	1	0,0207765	5000
12	6	6	20	1	0,0192263	5000
13	6	6	30	1	0,0181558	5000
14	6	6	40	1	0,0169091	5000
15	6	10	3	1	0,0204333	5000
16	6	10	6	1	0,0187158	5000
17	6	10	10	1	0,0181053	5000
18	6	10	15	1	0,0171297	5000
19	6	10	20	1	0,0175679	5000

20	6	10	30	1	0,0166713	5000
21	6	10	40	1	0,0170186	5000
22	6	15	3	1	0,0194493	5000
23	6	15	6	1	0,0197466	5000
24	6	15	10	1	0,0186675	5000
25	6	15	15	1	0,0158278	5000
26	6	15	20	1	0,016441	5000
27	6	15	30	1	0,0162442	5000
28	6	15	40	1	0,0162728	5000
29	6	20	3	1	0,0208821	5000
30	6	20	6	1	0,0182101	5000
31	6	20	10	1	0,0173645	5000
32	6	20	15	1	0,0154344	5000
33	6	20	20	1	0,0158883	5000
34	6	20	30	1	0,0160245	5000
35	6	20	40	1	0,0161281	5000
36	6	30	3	1	0,0186021	5000
37	6	30	6	1	0,0167598	5000
38	6	30	10	1	0,0157012	5000
39	6	30	15	1	0,0142817	5000
40	6	30	20	1	0,0133115	5000
41	6	30	30	1	0,0136847	5000
42	6	30	40	1	0,0137706	5000
43	6	40	3	1	0,0174879	5000
44	6	40	6	1	0,0168546	5000
45	6	40	10	1	0,0150843	5000
46	6	40	15	1	0,01489131	5000
47	6	40	20	1	0,0143513	5000
48	6	40	30	1	0,01387261	5000
49	6	40	40	1	0,0133596	5000

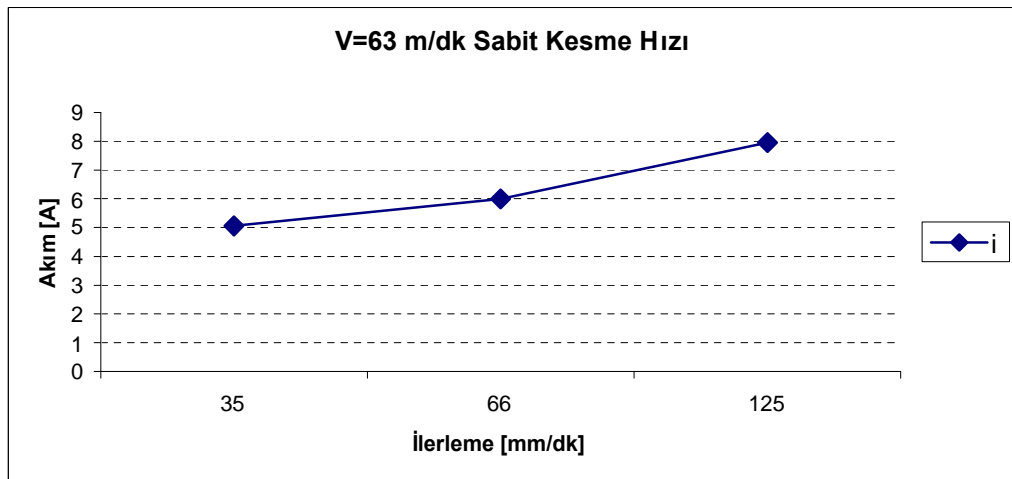
Eğitim ve testlerimiz sonucunda bu mimariler arasındaki en uygun YSA yapısı 6 nöron dan oluşan giriş katmanı, 30 nöron dan oluşan 1.gizli katman, 20 nöron dan oluşan 2.gizli katman ve 1 adet nöronun yer aldığı çıkış katmanından ibarettir.

8. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

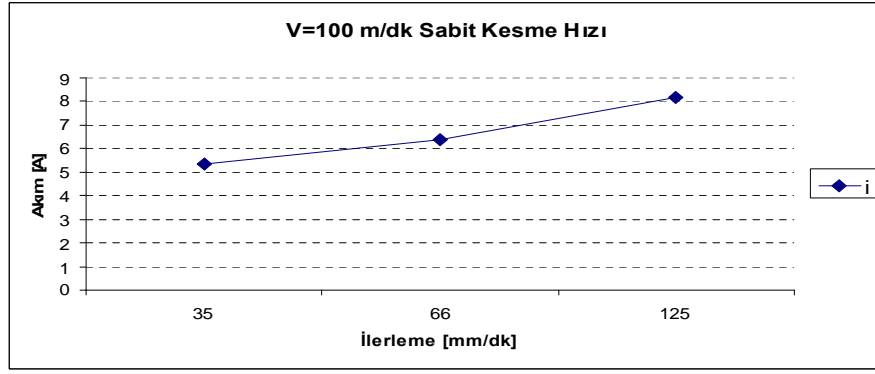
Aşağıda yapılan deneysel çalışmalardan bazılarının sonuçları grafiklerle verilmiştir. Grafikler 46 mm. kenar uzunluğuna sahip kare, SAE 1040 Çelik Malzemenin kesilmesi esnasında alınan verilerden çıkarılmıştır.



Şekil 8.1. V=40 m/dk. Sabit Hızda Akımın İlerlemeye Göre Değişimi.

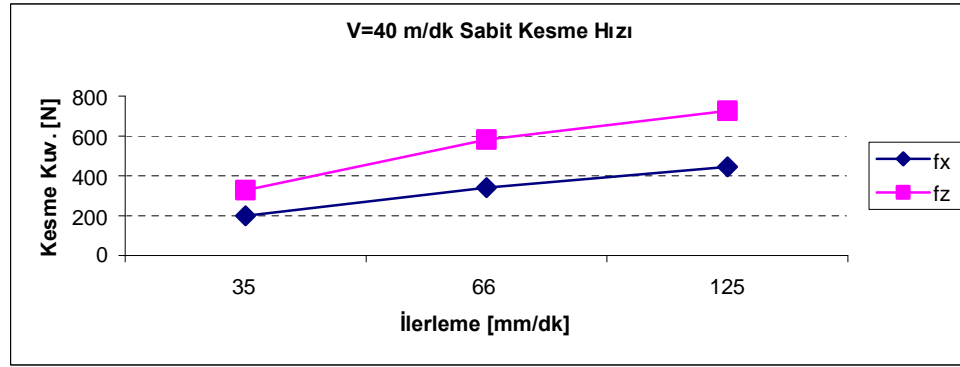


Şekil 8.2. V=63 m/dk. Sabit Hızda Akımın İlerlemeye Göre Değişimi.

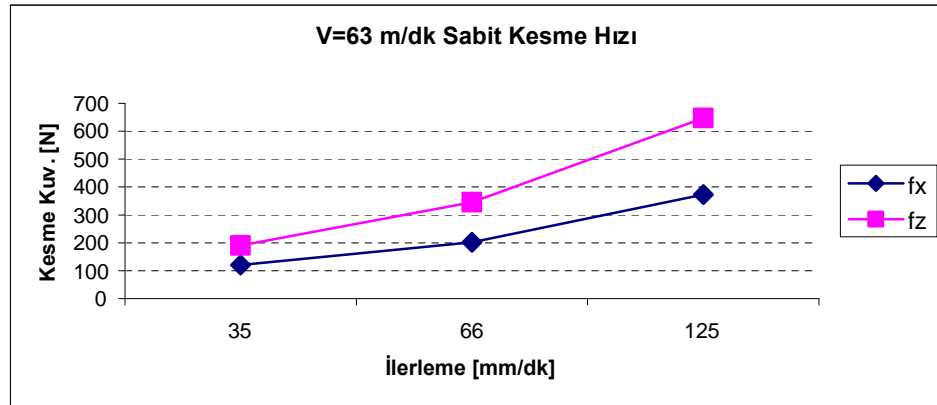


Şekil 8.3. V=100 m/dk. Sabit Hızda Akımın İlerlemeye Göre Değişimi.

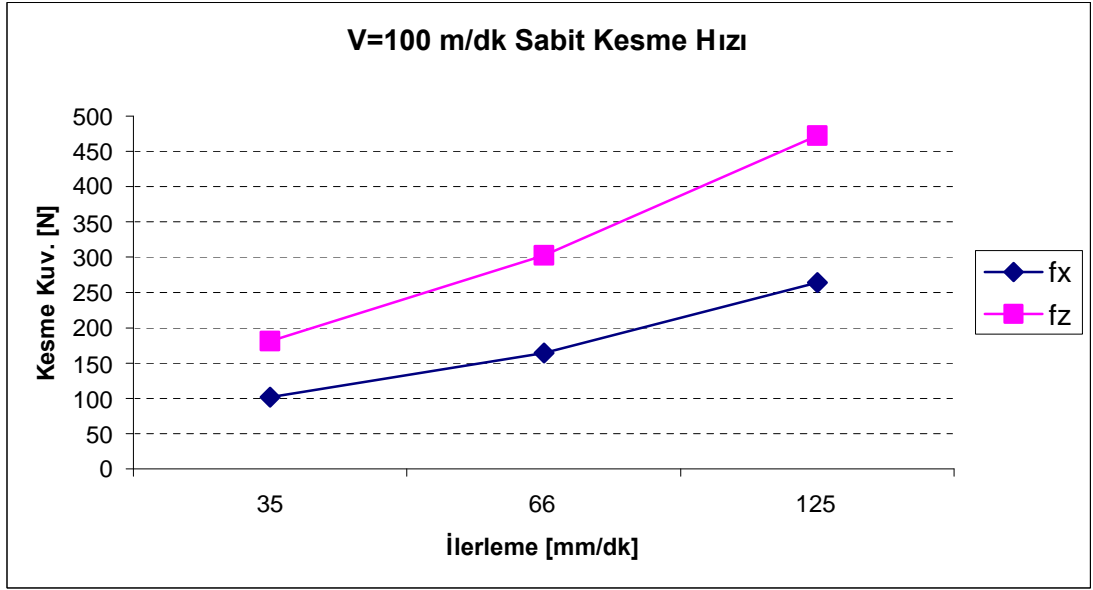
Deneyler sonucunda elde edilen Şekil 8.1, Şekil 8.2, Şekil 8.3 grafikleri incelendiğinde sabit kesme hızında farklı ilerleme değerleri için dönme devrini sağlayan motorunun çektiği akımın arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 8.4. V=40 m/dk. Sabit Hızda Kesme Kuvvetlerinin İlerlemeye Göre Değişimi.

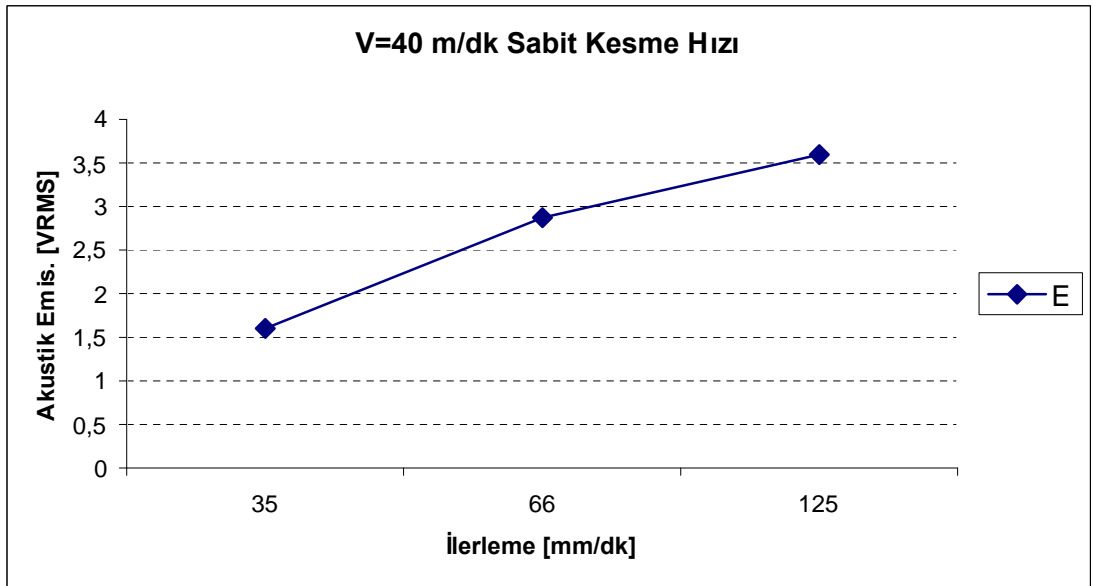


Şekil 8.5. V=63 m/dk. Sabit Hızda Kesme Kuvvetlerinin İlerlemeye Göre Değişimi.

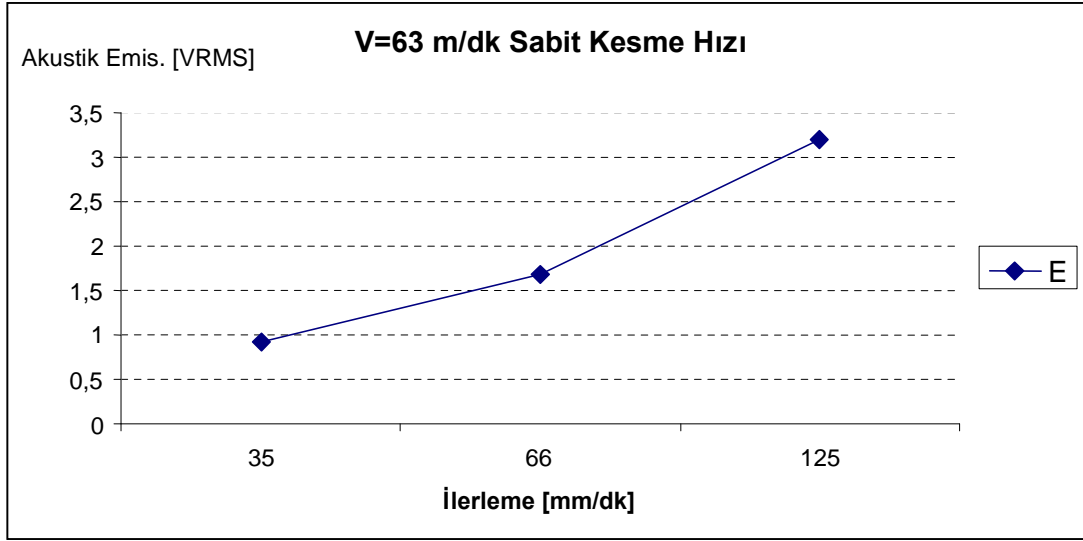


Şekil 8.6. V=100 m/dk. Sabit Hızda Kesme Kuvvetlerinin İlerlemeye Göre Değişimi.

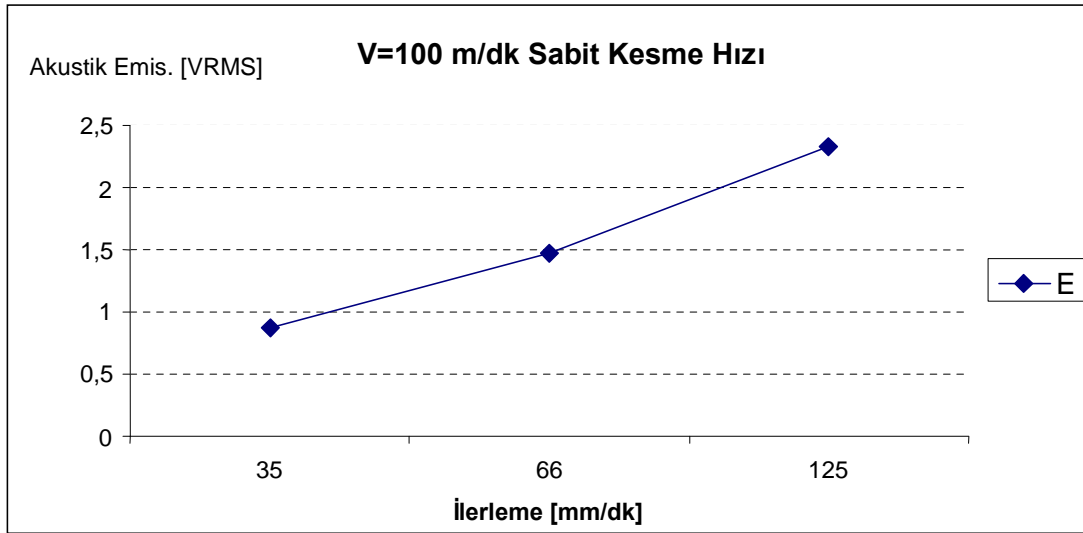
Farklı ilerleme değerleri ve sabit kesme hızı için (Şekil 8.4, Şekil 8.5, Şekil 8.6) kesme kuvvetlerinin (F_x , F_z) ilerlemenin artan değerlerinde arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 8.7. V=40 m/dk. Sabit Hızda Akustik Emisyonun İlerlemeye Göre Değişimi.

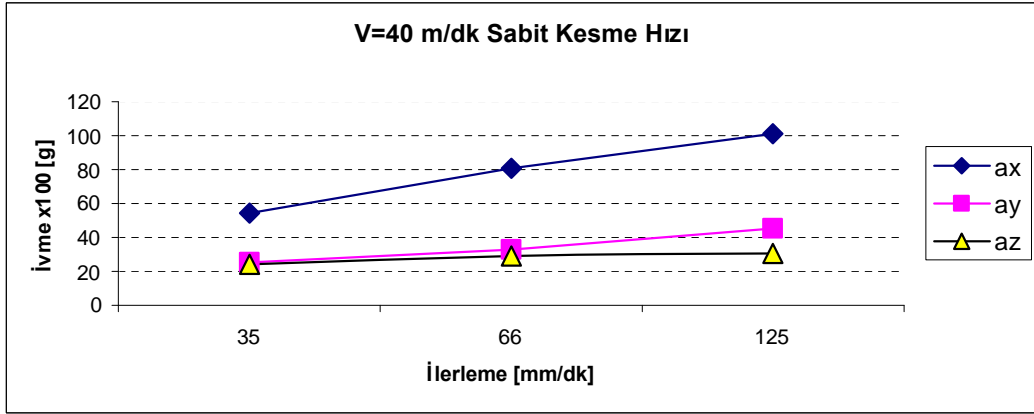


Şekil 8.8. V=63 m/dk. Sabit Hızda Akustik Emisyonun İlerlemeye Göre Değişimi.

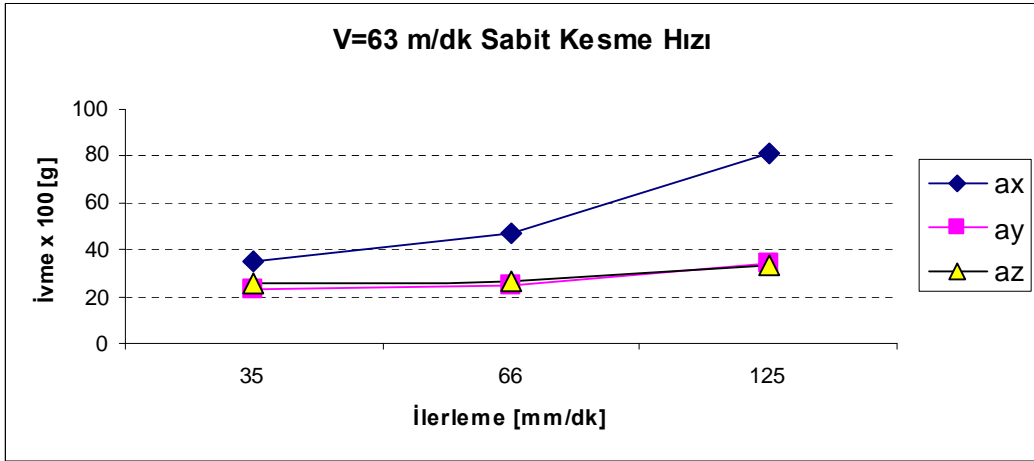


Şekil 8.9. V=100 m/dk. Sabit Hızda Akustik Emisyonun İlerlemeye Göre Değişimi.

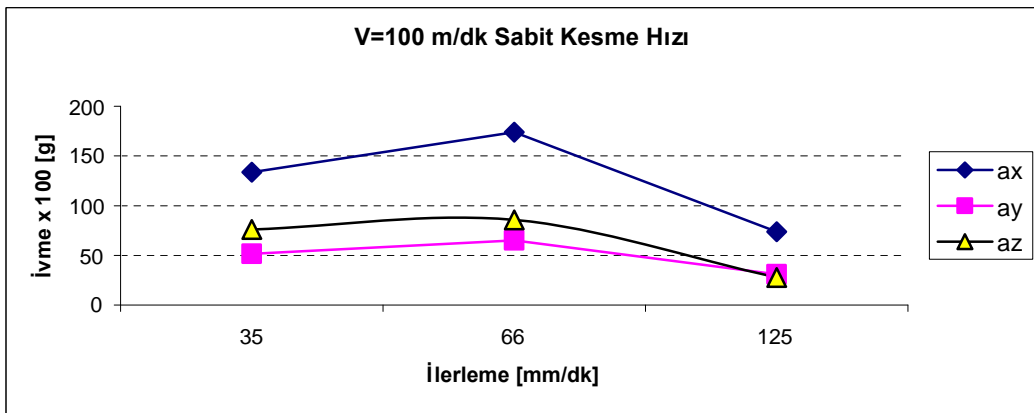
Şekil 8.7., Şekil 8.8. ve Şekil 8.9.'de belirlenen farklı hız ve ilerleme parametrelerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilere göre ilerleme – akustik emisyon grafikleri çizilmiştir. Kesme hızının (V m/dak) sabit değerlerinde ilerlemenin (f mm/dk) artan değerlerine karşılık akustik emisyonun artmış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 8.10. V=40 m/dk. Sabit Hızda İvmenin İlerlemeye Göre Değişimi.

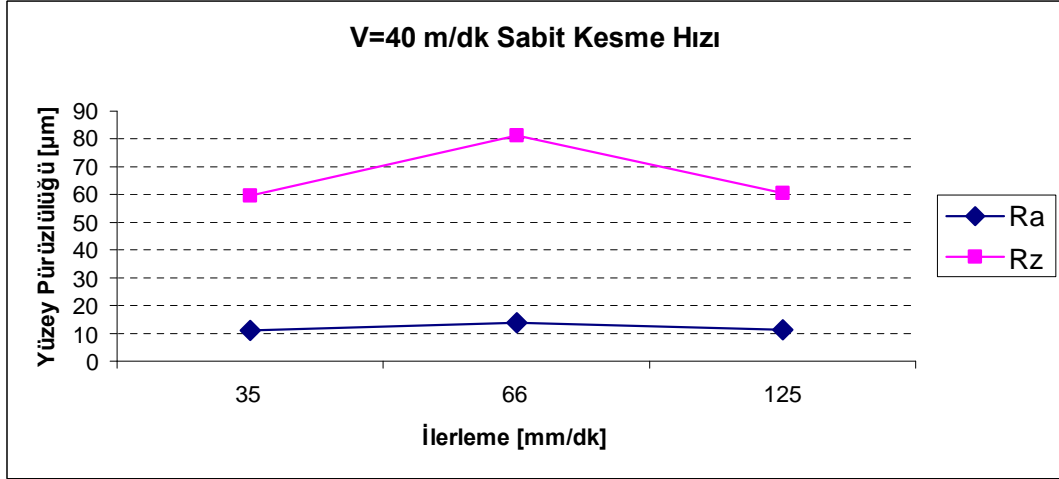


Şekil 8.11. V=63 m/dk. Sabit Hızda İvmenin İlerlemeye Göre Değişimi.

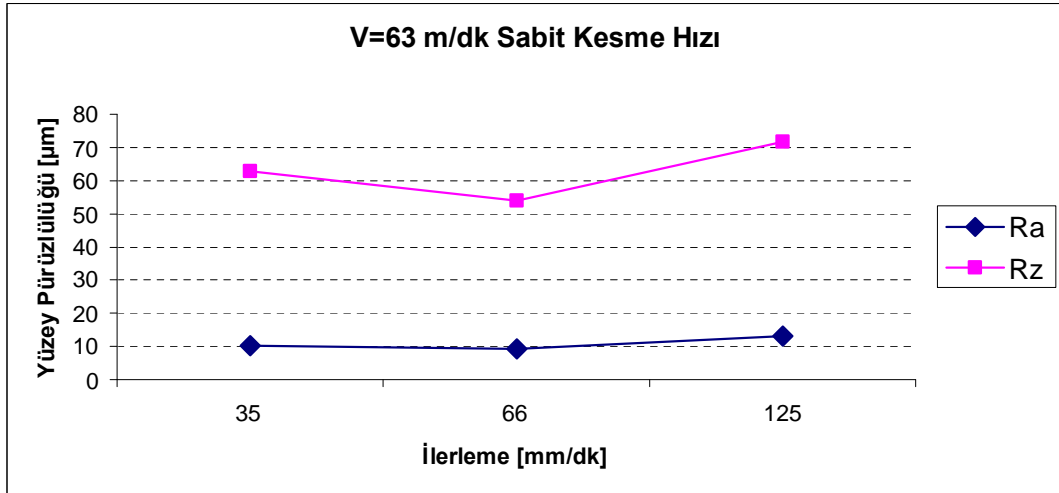


Şekil 8.12. V=100 m/dk. Sabit Hızda İvmenin İlerlemeye Göre Değişimi.

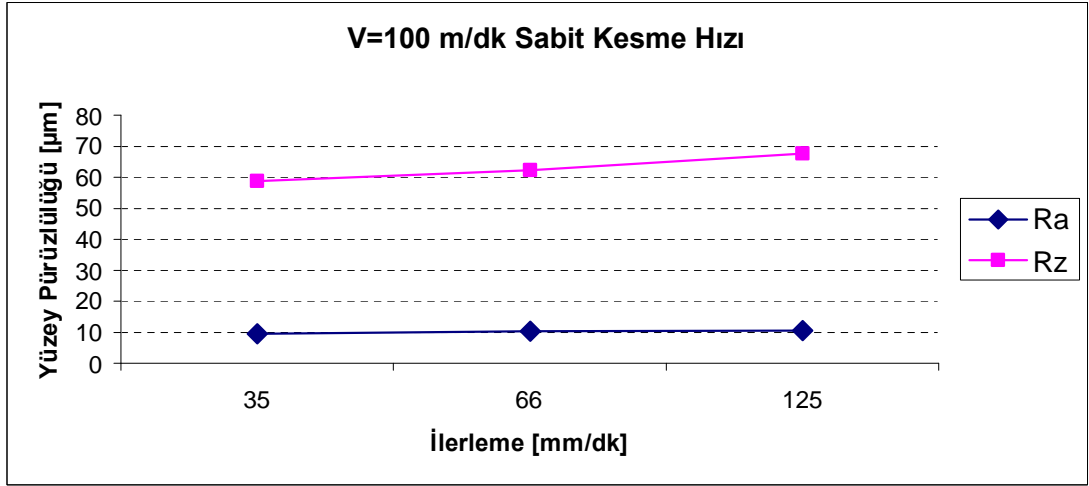
Şekil 8.10.ve Şekil 8.11 incelendiğinde kesme hızının sabit değerlerinde ilerleme artışının ivmeyi (titreşimi) artırdığı gözlemlenmiştir. Şekil 8.12 de ise hızın $V=100$ m/dk. ve ilerlemenin $f=125$ mm/dk. Değerinde ivmenin tekrar düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 8.13. $V=40$ m/dk. Sabit Hızda Yüzey Pürüzlülüğünün İlerlemeye Göre Değişimi.

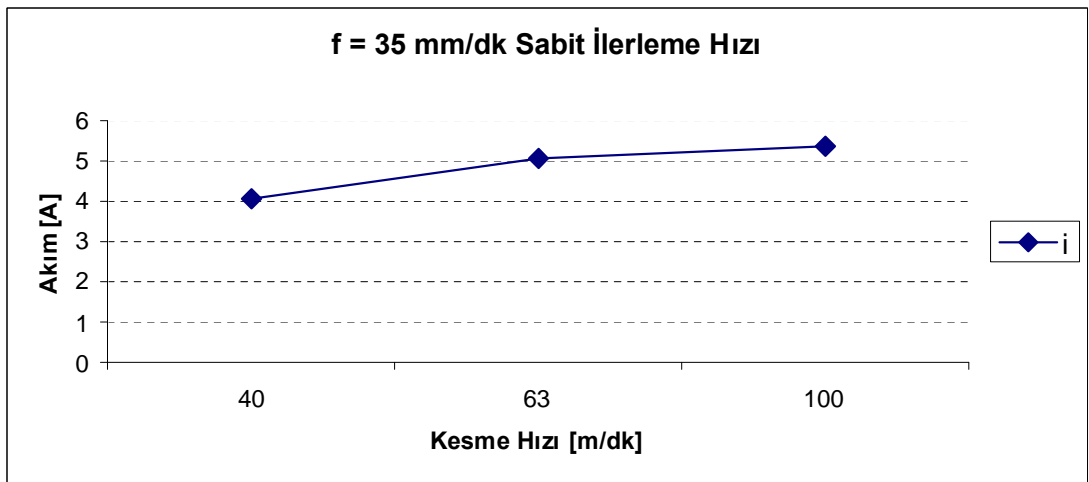


Şekil 8.14. $V=63$ m/dk. Sabit Hızda Yüzey Pürüzlülüğünün İlerlemeye Göre Değişimi.

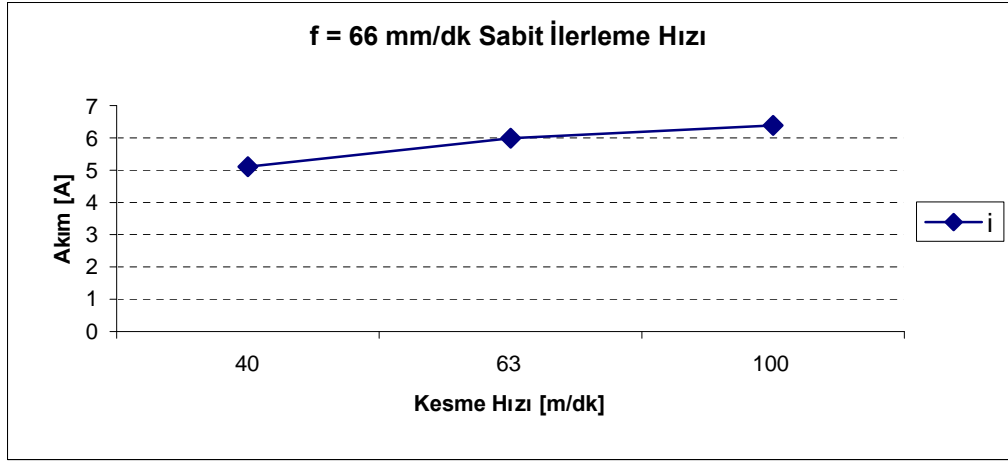


Şekil 8.15. V=100 m/dk. Sabit Hızda Yüzey Pürüzlülüğünün İlerlemeye Göre Değişimi.

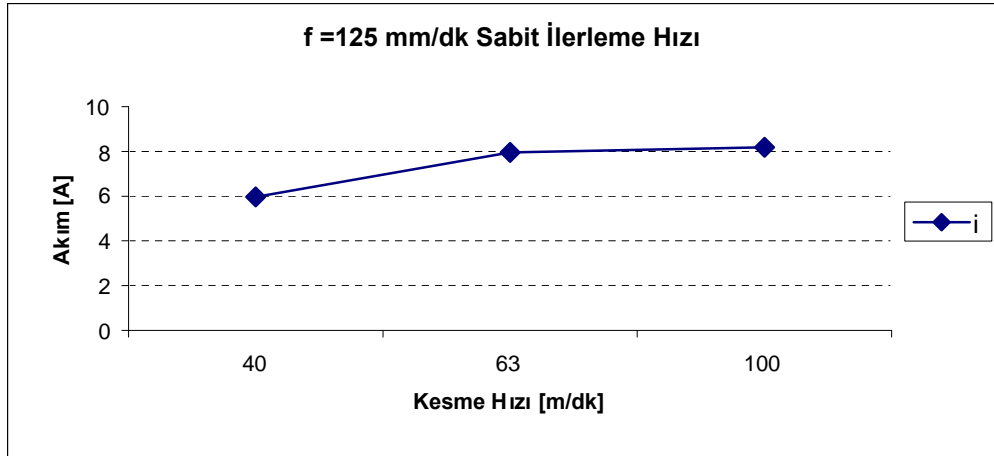
Testere ile kesme işleminde yüzey pürüzlülüğü çok önemli olmamasına rağmen kesilen parçaların yüzey pürüzlülüğü Mitutoyo SJ-301 cihaz ile ölçülmüştür. Şekil 8.13, Şekil. 8.14, Şekil 8.15 de yüzey pürüzlülüğünün ilerleme ile arttığı kesme hızı değişiminden ise önemli derecede etkilenmediği görülmüştür. Buradan Ra'nın ilerleme hızı ile kontrol edilebileceği sonucu çıkarılabilir.



Şekil 8.16. f=35 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akımın Kesme Hızına Göre Değişimi.

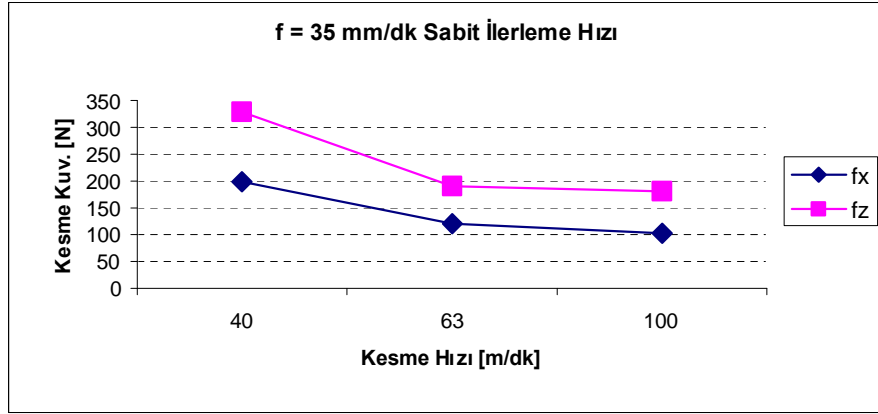


Şekil 8.17. $f=66$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akımın Kesme Hızına Göre Değişimi.

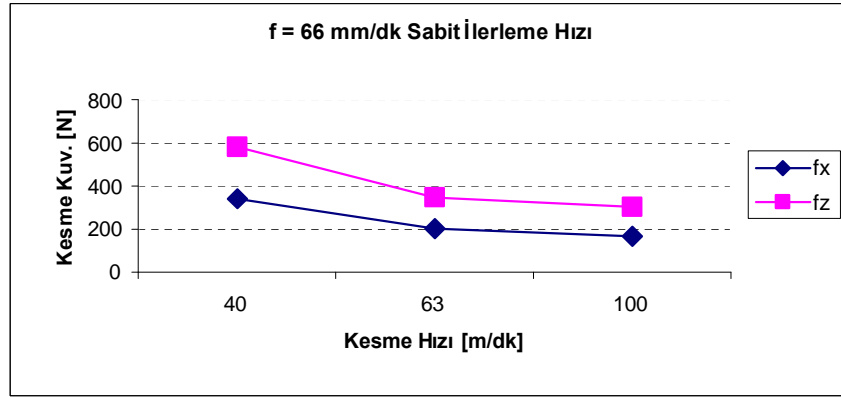


Şekil 8.18. $f=125$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akımın Kesme Hızına Göre Değişimi.

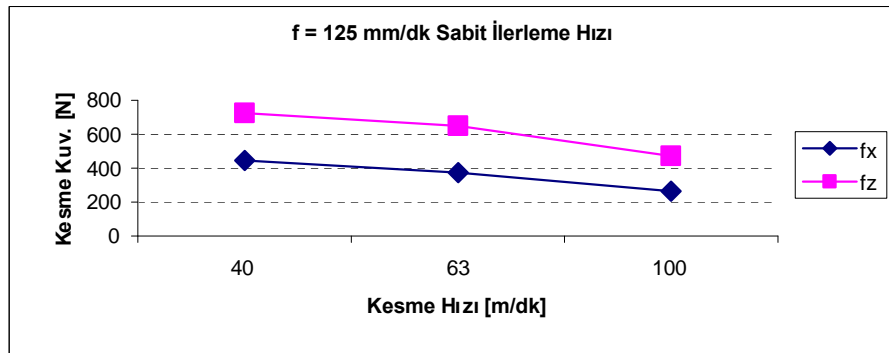
Sabit ilerleme hızı değerlerinde (Şekil 8.16, Şekil 8.17, Şekil 8.18) kesme hızının (V m/dak.) artan değerlerinde akımın da arttığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin kesme hızını sağlayan motorun daha hızlı dönme esnasında daha fazla güç harcamasından kaynaklandığı sonucu çıkarılmıştır. Tezgah/takım durumunu izlemede tek bir sensör değil birden fazla sensör kullanılarak bazı ilişkiler izlenmiştir. Örneğin kuvvet artışına paralel akım artışı da gözlenmiştir.



Şekil 8.19. $f=35$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Kesme Kuvvetlerinin Kesme Hızına Göre Değişimi.

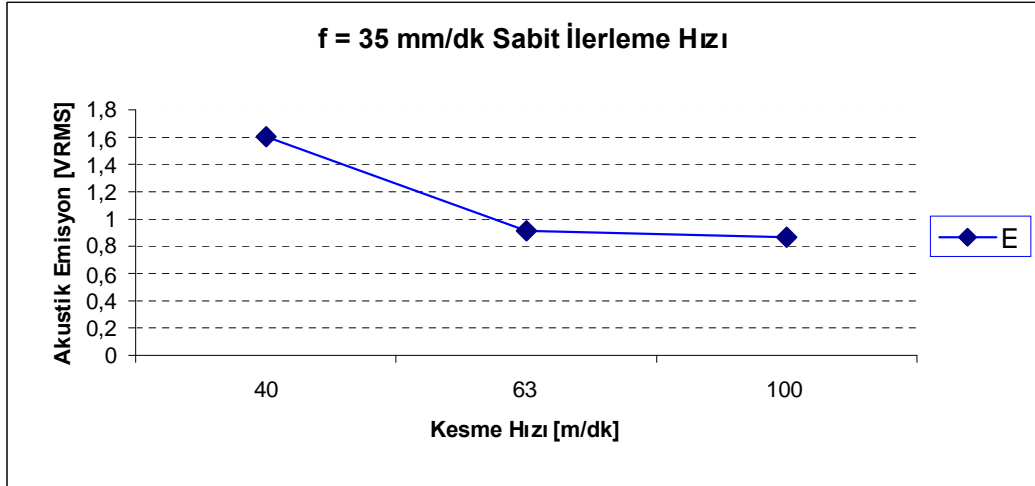


Şekil 8.20. $f=66$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Kesme Kuvvetlerinin Kesme Hızına Göre Değişimi.

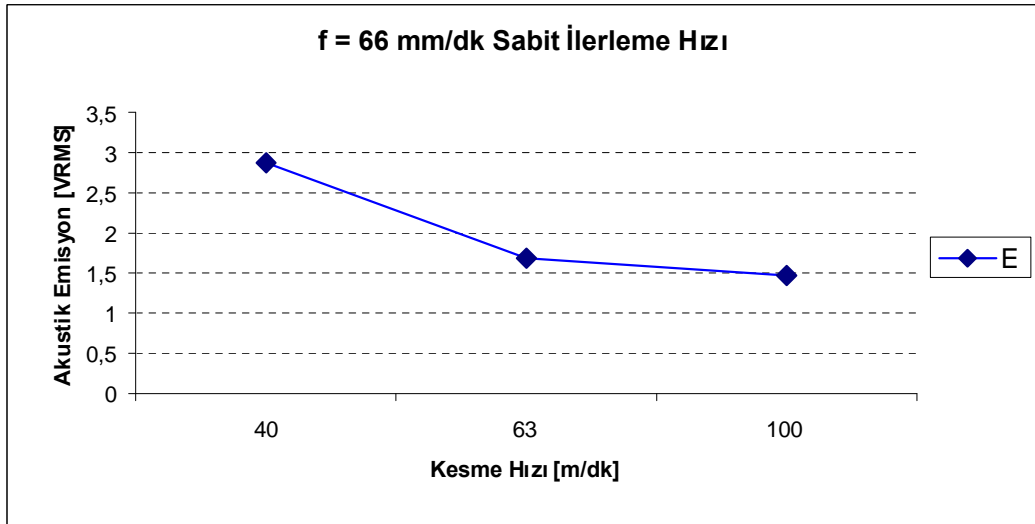


Şekil 8.21. $f=125$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Kesme Kuvvetlerinin Kesme Hızına Göre Değişimi.

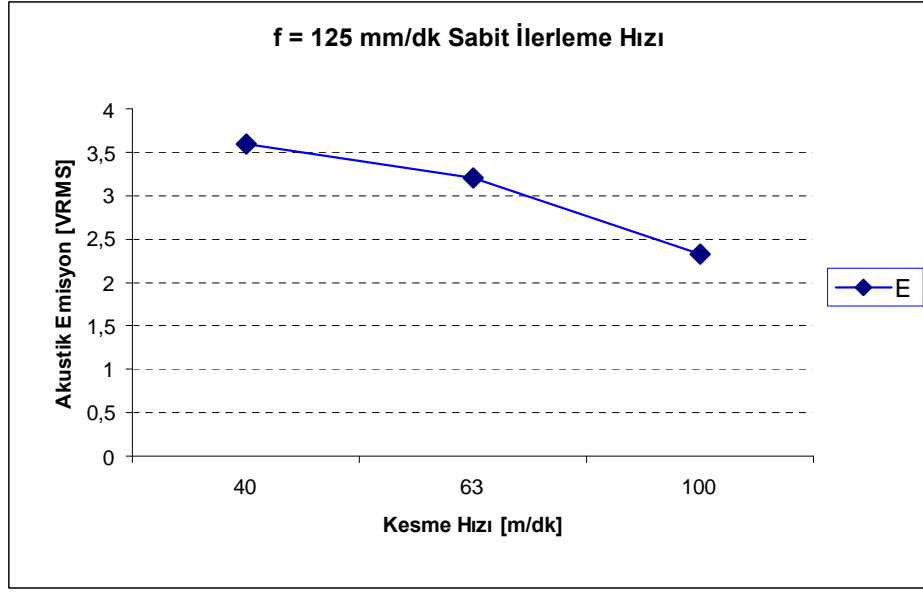
Sabit İlerleme hızları için (Şekil 8.19, Şekil 8.20, Şekil 8.21) kesme hızı (V m/dak) ve kesme kuvvetleri arasındaki bağıntıları ifade eden grafikler incelendiğinde; diğer kesme parametreleri sabit kalmak şartıyla, kesme hızının artan değerlerinde kesme kuvvetlerinin (F_x , F_z) azaldığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin kesit daralması ve malzemenin lokal ısı artışı sebebiyle dayanımının düşmesi ve kolay kesildiği şeklinde yorumlanmıştır.



Şekil 8.22. $f=35$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akustik Emisyonun Kesme Hızına Göre Değişimi.

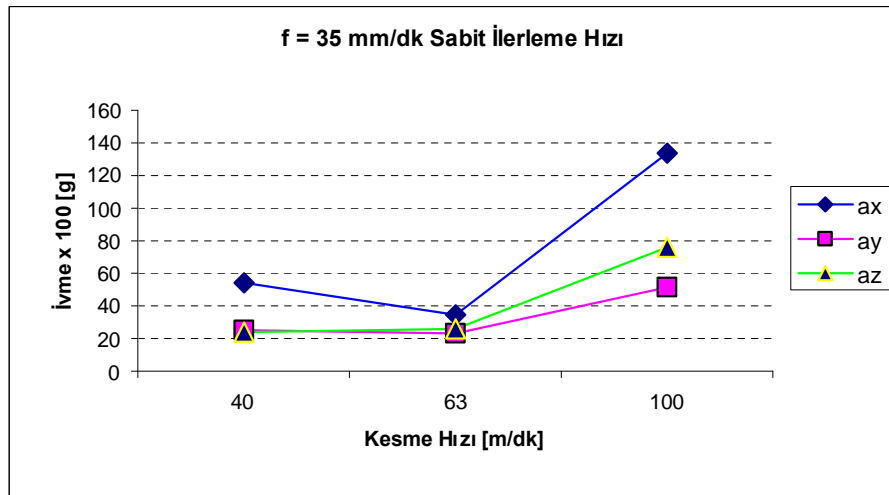


Şekil 8.23. $f=66$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akustik Emisyonun Kesme Hızına Göre Değişimi.

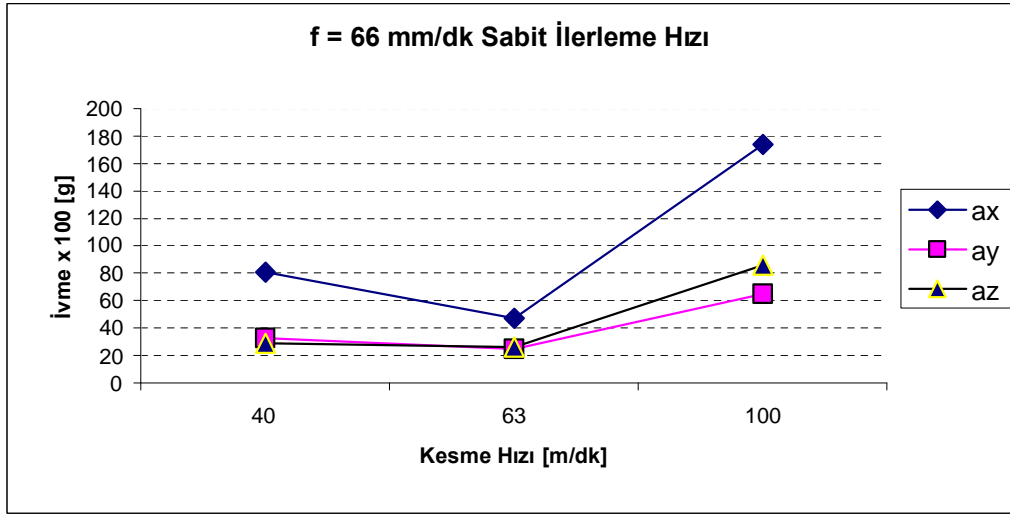


Şekil 8.24. $f=125$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Akustik Emisyonun Kesme Hızına Göre Değişimi.

Akustik emisyonla kesme hızı arasındaki ilişki incelendiğinde sabit ilerleme hızı değerleri için akustik emisyonun kesme hızına bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Durum Şekil 8.22, Şekil 8.23. Şekil 8.24. de görülmektedir.

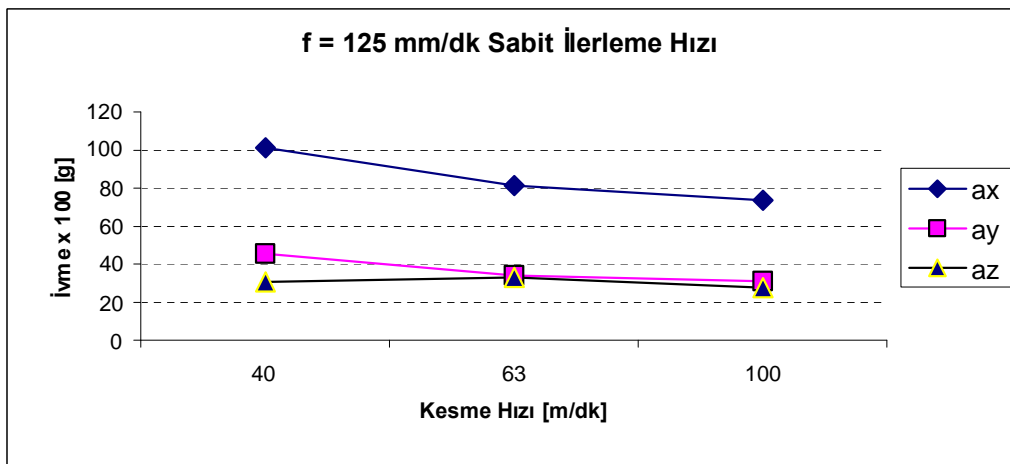


Şekil 8.25. $f=35$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında İvmenin Kesme Hızına Göre Değişimi.

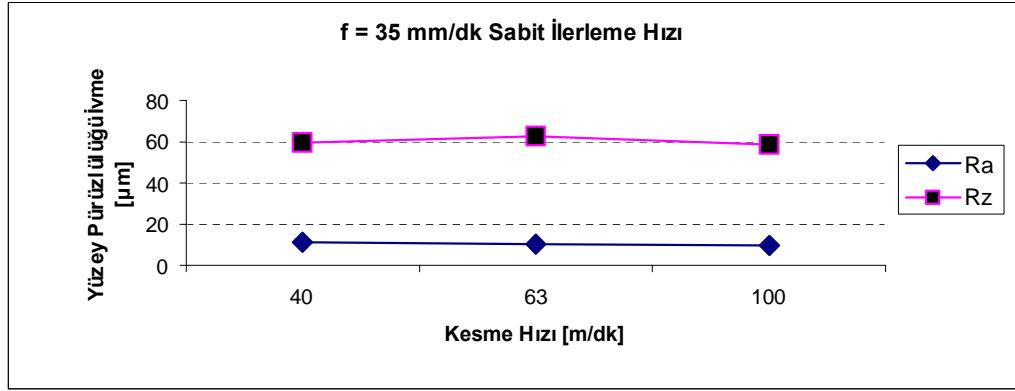


Şekil 8.26. f=66 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında İvmenin Kesme Hızına Göre Değişimi.

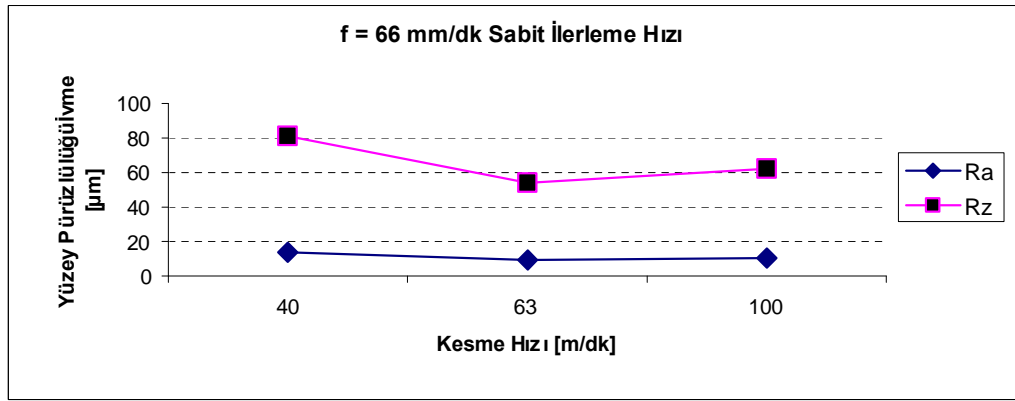
İvme ile kesme hızı arasındaki ilişki incelendiğinde, düşük sabit ilerleme hızı değerleri için (Şekil 8.25.ve Şekil 8.26) ivmenin kesme hızına bağlı olarak arttığı yüksek ilerlemelerde (Şekil 8.27) azaldığı görülmüştür. Bunun sebebinin yüksek kesme hızında düşen kesme kuvvetlerine karşılık kendiliğinden oluşan titreşimlerin artması olarak kabul edilmiştir.



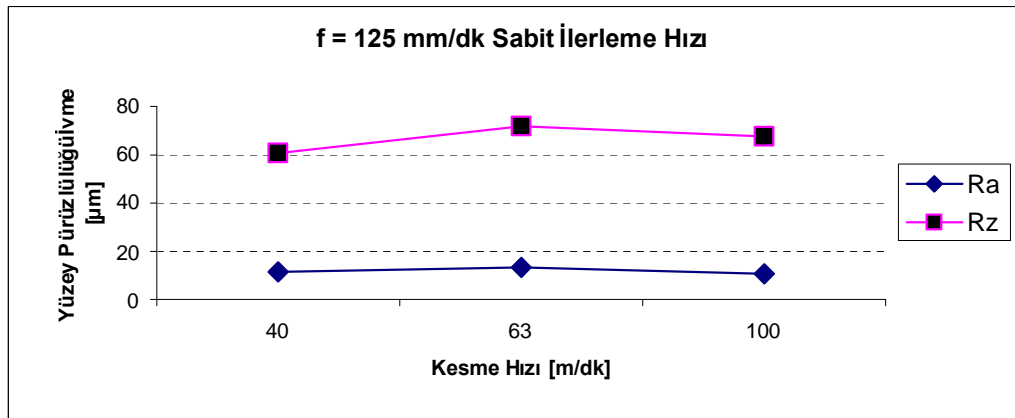
Şekil 8.27. f=100 mm/dk. Sabit İlerleme Hızında İvmenin Kesme Hızına Göre Değişimi.



Şekil 8.28. $f=35$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Yüzey Pürüzlülüğünün Kesme Hızına Göre Değişimi.



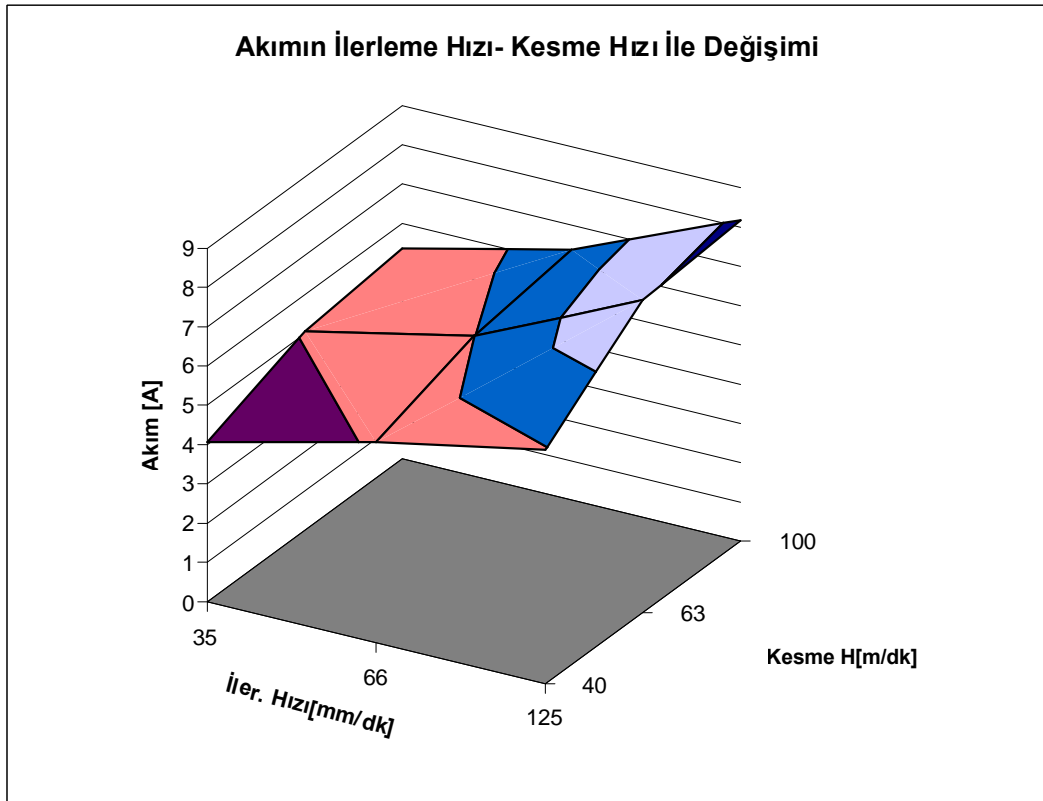
Şekil 8.29. $f=66$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Yüzey Pürüzlülüğünün Kesme Hızına Göre Değişimi.



Şekil 8.30. $f=125$ mm/dk. Sabit İlerleme Hızında Yüzey Pürüzlülüğünün Kesme Hızına Göre Değişimi.

Sabit ilerleme hızı değerlerinde yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına bağlı olarak azaldığı Şekil 8.28, Şekil 8.29 ve Şekil 8.30 incelendiğinde görülmüştür.

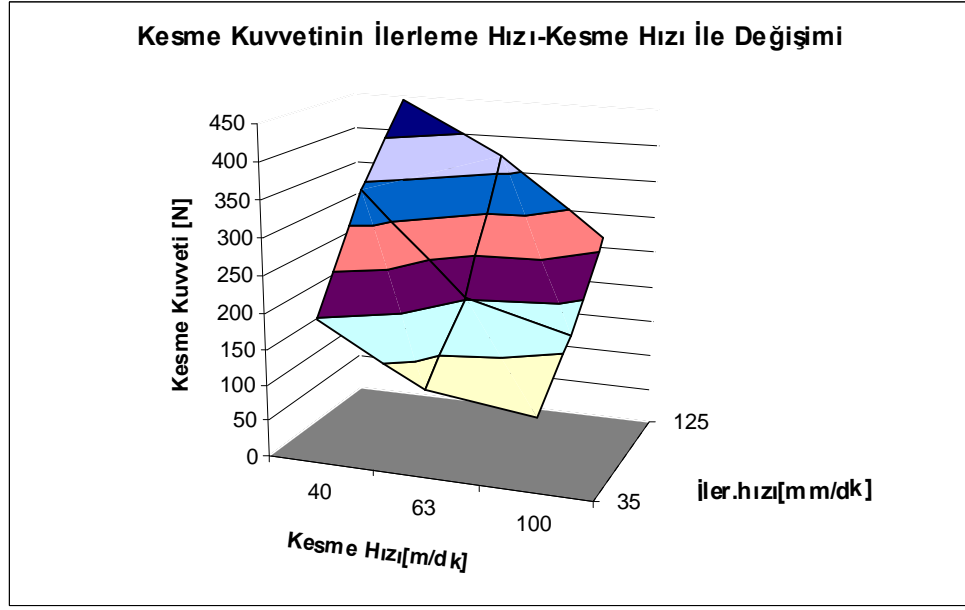
Kesme hızı ve İlerleme hızının aynı anda değiştiği durumlar için deney sonuçlarını bir 3B yüzey grafiğinde gösterecek olursak aşağıdaki sonuçları elde ederiz.



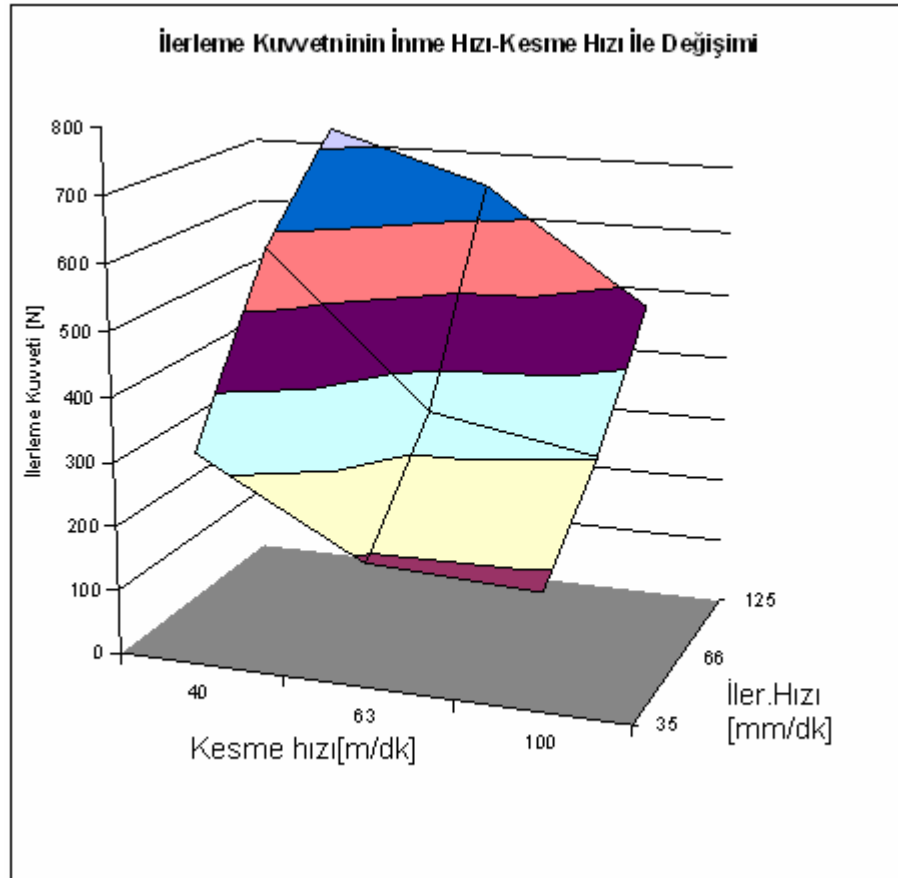
Şekil 8.31. Dönme Devri Motoru Akımın İlerleme Hızı ve Kesme Hızına Göre Değişimi.

Şekil 8.31. İncelendiğinde akımın hem kesme hızı ve İlerleme hızına bağlı olarak arttığı görülmektedir.

Buradan kesme hızı artışının yüksek güç gerektirdiği ve motor besleme geriliminin sabit olması sebebiyle akımın arttığı sonucu çıkarılmıştır. İlerleme artışıyla birim zamanda kaldırılan talaş hacmi arttığı için artan güç gereksinimi motorun çektiği akımın artmasına sebep olmuştur.

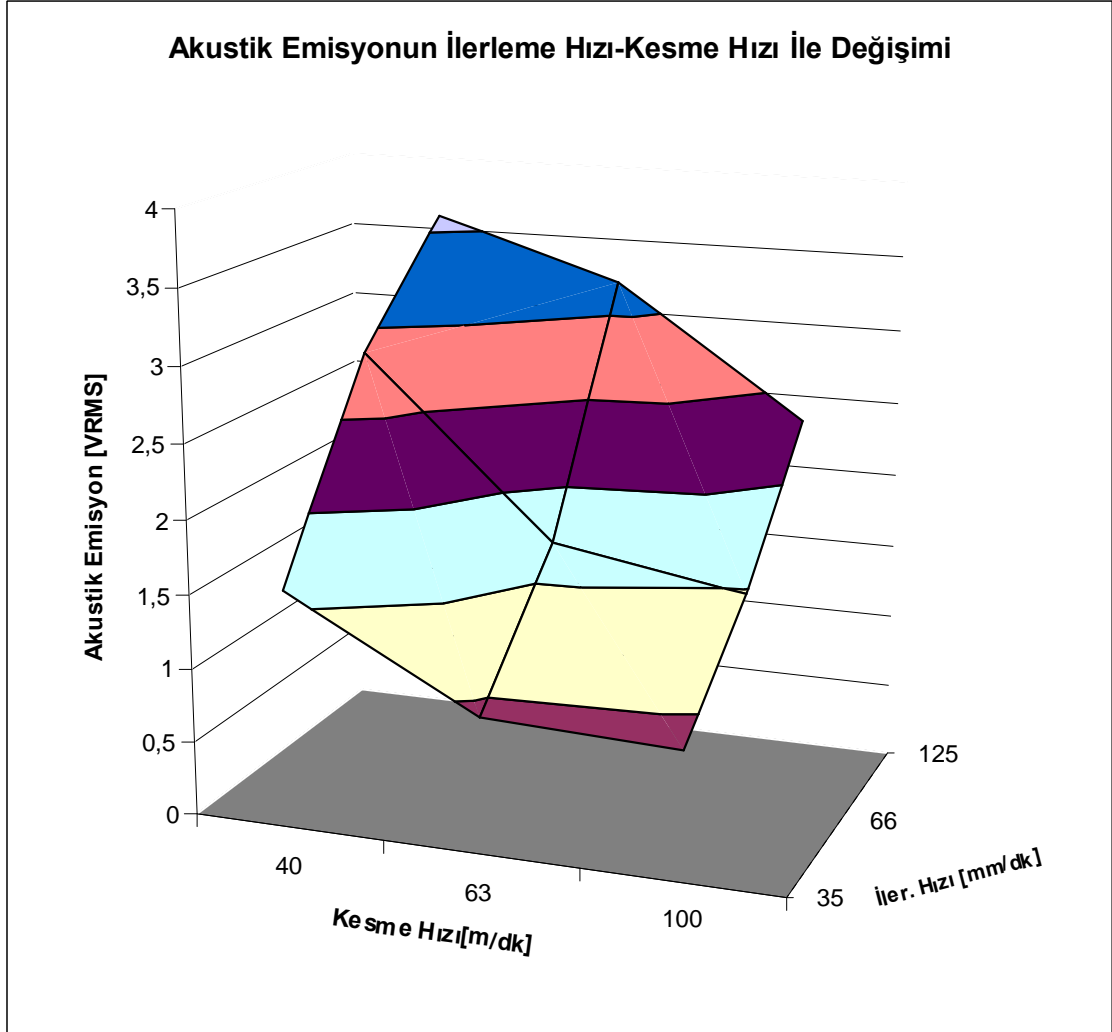


Şekil 8.32. Kesme Kuvvetinin İlerleme Hızı ve Kesme Hızına Göre Değişimi.



Şekil 8.33. İlerleme Kuvvetinin İlerleme Hızı ve Kesme Hızına Göre Değişimi.

Şekil 8.32.ve Şekil 8.33 İncelendiğinde Kesme kuvvetlerinin kesme hızı ile azaldığı ve İlerleme hızına bağlı olarak arttığı görülmektedir.



Şekil 8.34. Akustik Emisyonun İlerleme Hızı ve Kesme Hızına Göre Değişimi.

Akustik emisyonun kesme hızı artışı ile azaldığı, ilerleme hızıyla arttığı Şekil 8.34'de görülmektedir.

8.1. Şerit Testere Tezgahında Zeki Adaptif Kontrol Sistemi Uygulamasının Sonuçları

Takım durumu izleme metal kesme operasyonlarında önemli bir faktördür. Endüstride minimum maliyetli, verimli minimum insan faktörünün etkilediği üretilere rağbet artmaktadır. Kesme işlemlerinde optimum performansı sağlamak için iş parçası, kesici takım/tezgah ve prosesler şu amaçlarla izlenmektedir;

- Meydana gelecek hataları önceden tespit etmek,
- Korumalı, güvenli ve kararlı işleme prosesi sağlamak,
- Kabul edilebilir sınırlar içinde üretim için takım aşınması v.s durumlarda telafi prosesi oluşturmak,
- Takım tezgâhlarına zarar verecek durumlardan uzak durmak.

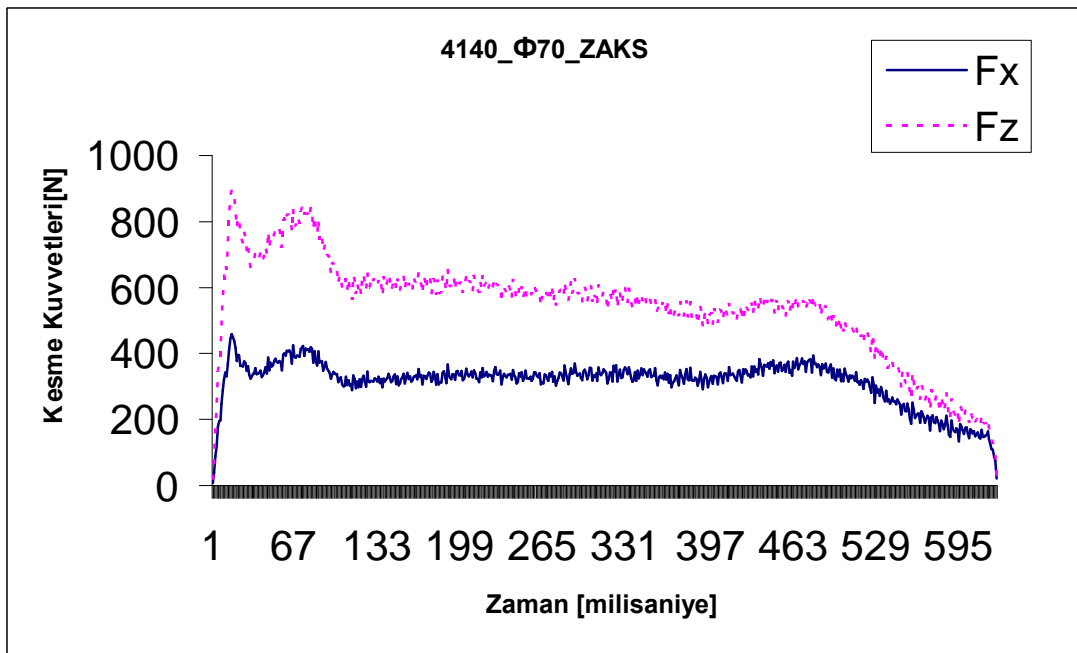
Takım/tezgah izleme ve kontrol sistemi içermeyen prosesler aşırı güç tüketimi, kabul edilmeyen toleranslarda üretim, değişken iş parçası yüzey pürüzlülüğü ve sonuçta gereksiz maliyet artışı, takım/tezgah hasarları ortaya çıkar. Takım İzleme ve Kontrol Sistemleri ile birçok araştırmacı yakından ilgilenmiş, ancak endüstri çevrelerinden yeterli destek alamamıştır. Sensor seçimi ve kullanımındaki hatalar izleme ve kontrol sisteminin avantajlarını engellemiştir.

Endüstriyel uygulamalarda takım izleme ve kontrol sistemi kullanılmamasının bir diğer sebebi de sistemi kurmak için sistemin dayandığı matematik modelin büyük miktarda deneysel dataya ihtiyaç duymasıdır. Bir diğer dezavantajda sensörler karakterleri ve yapıları gereği statik olmayan yapıya sahiptirler. Gürültü kaynakları da ayrıca tasarımda olumsuzluklar yaratır.

ZAKS uygulandığında operatör tezgaha sadece ilgili malzemeyi bağlamakta ve çap değerini girmektedir. Malzeme kesilmeye başladığı andan itibaren sertliği ve malzeme grup bilgisi bilgisayar programı tarafından sınıflandırılarak referans model oluşturulmaktadır. Proses kesme kuvvetlerinin sabitliği ilkesinden hareketle kesme ve ilerleme hızını ayarlamaktadır. Talaş birikmesi, iş parçası lokal sertliği gibi

durumlarda model kendini güncellemekte referans kuvvetler anında değişmekte ve proses yeni referansa uygun parametrelerle sürülmektedir.

ZAKS ile 18 ayrı deney numunesi için tekrarlı deney yapılmış olup burada sadece SAE 4140 Φ 70mm. malzemenin ZAKS ve klasik yöntemlerle kesimi ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar grafiklerle verilmiştir. Örnek alma hızı 2-0.01 sn aralığında farklı değerlerle denenmiştir. Ancak 0.1 sn. örnekleme hızında sistem gereken adaptif cevabı üretebilmektedir.



Şekil 8.35. SAE 4140 Φ 70mm. Malzemenin ZAKS ile Kesimi.

Şekil 8.35 - Şekil 8.36 da Malzemenin kesilmeye başlamasıyla kesme kuvvetlerinin belirlenen referans seviyede sabit sürdürülmesi için ilerleme düşürülmekte ve kesme hızı artırılmaktadır. Kesme kuvvetlerine dayalı gerçek zamanlı malzeme sertlik bilgisi alınmakta ve referans kuvvet modeli güncellenmektedir. Kesme esnasında herhangi bir lokal kuvvet artışı model referansın güncellenmesini sağlamaktadır. Artan kesme kuvvetleri durumunda sistem hızı artırarak ve ilerlemeyi düşürerek tepki vermektedir.

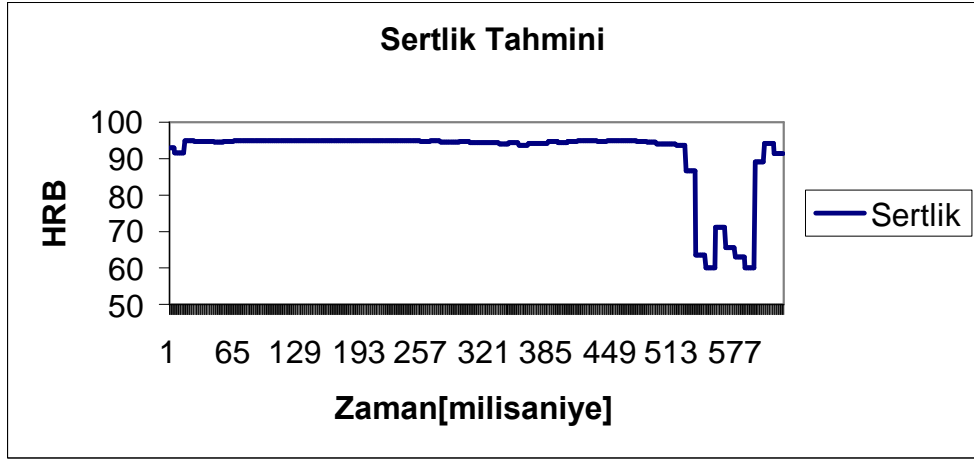
Kurulan sistemde şerit malzemeye temas edinceye kadar maksimum ilerleme hızında ve minimum kesme hızında hareket etmekte bu sayede kesme zamandan tasarruf sağlanmaktadır. ZAKS ile kesmede kesme zamanı 62.2 sn.(622 milisaniye) olarak kaydedilmiştir (Şekil 8.35). Aynı malzeme konvansiyonel yöntemlerle üretici tavsiyelerine göre kesilirse 141 sn.de işlem tamamlanmaktadır (Şekil 8.38).



Şekil 8.36. SAE 4140_ Φ 70mm.Malzemenin ZAKS ile Kesiminde İlerleme ve Kesme Hızı Değişimi.

Gerçek zamanlı sabit kuvvet kontrolü testere ile kesme işlemine uyarlanmış değişen kesme koşullarında testere ile kesme işlemlerinde önemli iyileştirmeler başarılmıştır. Deneysel sonuçlar gösterilmiştir ki önerilen YSA bulanık adaptif kontrol sistemi tüm kesme durumları için memnuniyet verici kesme zamanı azalmasına sebep olmuştur.

Malzeme kesmeye başlayıncaya kadar geçen sürede şerit minimum kesme hızıyla hareket ettiği için enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

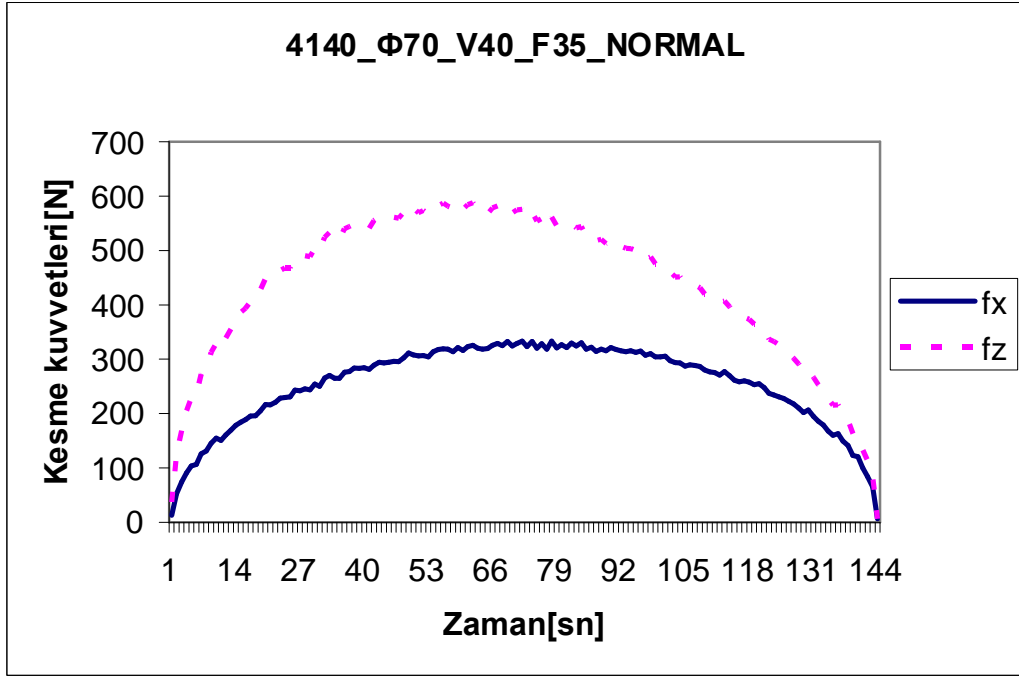


Şekil 8.37. SAE 4140_ Φ 70mm.Malzemenin ZAKS ile Kesiminde Malzemenin Tanınması.

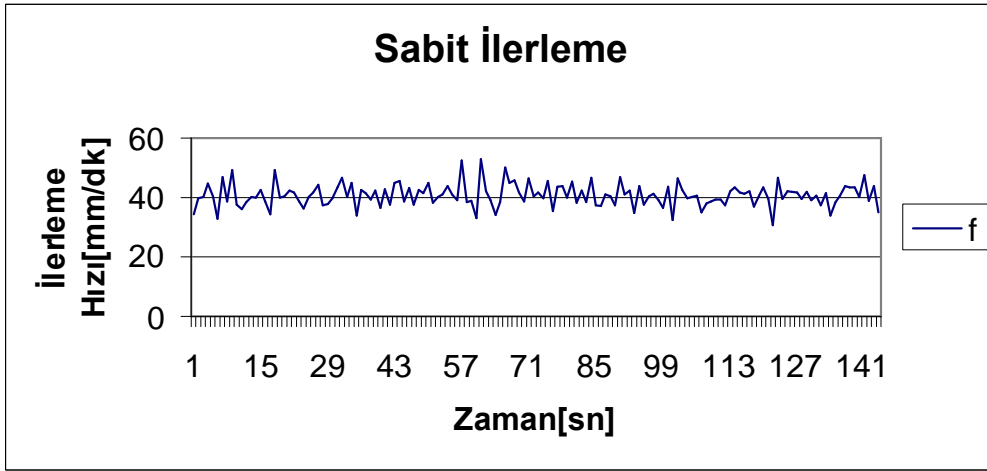
ZAKS yapısında yer alan YZM_3 sayesinde kesme kuvvetlerine dayalı malzeme sertliği tanıma sistemi geliştirilmiştir. SAE 4140_ Φ 70mm. malzemenin gerçek zamanlı sertliği Şekil 8.37.de büyük bir doğrulukla elde edilmiştir.

Şekil 8.38.de SAE 4140_ Φ 70mm. malzemenin konvansiyonel tezgâh ile kesiminde kesme kuvvetleri değişimi görülmektedir. Grafikte başlangıçta malzeme ile temastaki diş sayısına bağlı olarak kesme kuvvetleri düşük, şerit ilerledikçe kesit artmakta ve temastaki diş sayısı da artmaktadır. Zamanla kesme kuvvetleri kesite göre artmakta ve parça merkezinden sonra tekrar düşmektedir. Burada şerit uçlarının maruz kaldığı kuvvetler sürekli değişmektedir.

Dairesel bir parçayı şerit testere ile kesmede sabit ilerlemede gittikçe kesit artmakta dolayısıyla kuvvet artmaktadır. Buna ilaveten takım aşınması, iş parçası geometri değişimi, lokal sertlik değişimleri halinde doğru kesme kuvveti tespiti mümkün gözükmemektedir. Bu durumlarda takım aşırı ve ani yüklere maruz kalmaktadır. Bu nedenle kesme kuvvetlerinin hesaplanması yerine gerçek zamanlı ölçümü ile referans model oluşturulmuştur. Kesme kuvvetleri özgül kesme kuvveti, kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği gibi değerlere bağlıdır.



Şekil 8.38. SAE 4140_ Φ70mm.Malzemenin Konvansiyonel Tezgâh ile Kesiminde Kesme Kuvvetleri Değişimi.



Şekil 8.39. SAE 4140_ Φ70mm.Malzemenin Konvansiyonel Tezgâh ile Sabit ilerleme İle Kesimi.

Şekil 8.39'da SAE 4140_ Φ70mm. Malzemenin konvansiyonel tezgâh ile kesiminde ilerlemenin sabit tutulduğu görülmektedir. Malzeme geometrisi veya sertliğinden bağımsız olarak şerit sabit ilerlemeye zorlanmaktadır. Bu durum takım ömrü ve üretim maliyeti açısından olumsuzluk meydana getirmektedir.

Önerilen sistem, gerçek kesme kuvvetlerine bağı olarak malzeme sertliğini tahmin etmekte ve buna göre kesme parametreleri üretmektedir. Şekil 8.37’de kesme esnasında içyapıdaki sertlik tahmini görülmektedir. ZAKS Konvansiyonel sistemlere göre sistemin yeni koşullara uygun duruma gelmesini daha hızlı cevap hızı ile sağlayarak sürekli bir referans model ve kesme parametresi güncelleme yapılmaktadır. Kurulan model, malzeme yapısında değişimlere duyarlı olarak kesilen malzemenin hangi koşullarda kesilmesi gerektiğine karar veren bir sistemdir.

Deneysel sonuçlar hibrit YSA-Bulanık adaptif kontrolörün, konvansiyonel kontrolörlerden daha kısa kesme zamanı sağlayarak ve emniyetli kesme hızı ve ilerleme değerlerinde tezgahı çalıştırarak takım maliyetlerini de düşürmektedir.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde CNC Tezgahlar, imalat endüstrisinde üretkenliği ve operatör iş yükünü azaltmak için yaygın bir biçimde uygulanmaktadır. İmalat prosesinde takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü v.s. değişimler tezgah kontrol ünitesince tespit edilememektedir. Bu işlemlere operatör kesme işlemini durdurarak çeşitli ölçme ve kontrollerle karar vermektedir.

Programcılar kesme genişliği ve derinliğindeki değişimler nedeniyle kesme kuvvetlerinde artma ile başa çıkmak için kesme parametrelerini düşük değerlerde seçerler. Bu ise üretimin üretkenliğini azaltır. CNC İşleme prosesleri için adaptif kontrol teknikleri, sabit bir kesme kuvvetini muhafaza etmek için, otomatik olarak ilerlemeyi ayarlamak üzere geliştirilmiştir. Bu tekniğin başarılı uygulaması sonucu Talaş Kaldırma Hızı(TKH) ve takım ömrü artmaktadır. Son 25 yılda çok sayıda kontrol algoritması takım tezgahlarının kontrolünde denenmiştir. İlk teşebbüsler, sabit kazanç integral kontrolörlere adapte edilmiştir. Kesme koşullarının geniş aralıkta değişimi durumunda, bu denetleyiciler osilasyon(Salınım) ve aşırı çıkış(Sapma) üretirler. Bu sistemlerle sabit kesme kuvvetinin muhafaza edilmesi mümkün değildir.

Değişken kazançlı denetleyiciler, model referans adaptif denetleyiciler ve kendi kendini ayarlayan denetleyiciler sabit kesme kuvvet sistemi elde etmek için geliştirilmiştir. Bu sistemler önceden tayin edilen operasyon şartları çerçevesinde kesme proseslerinin davranışını dikkate alır, kesme yaklaşık olarak istenen modeli izler.

Talaş kaldırma işlemlerinde tezgah / takım durumunun izlenmesi ve kontrolünün önemi büyüktür. Globalleşen pazarda rekabet edebilmek için minimum zamanda kaliteli ve ekonomik üretim şarttır. Bu durumun başarılması da hiç şüphesiz üretimin operatör beceri ve tecrübelerine bağlı olmaksızın yürütülmesine bağlıdır. Talaş kaldırma işlemlerinde kesme parametreleri, iş parçası takım çiftine göre operatör tarafından belirlenmektedir. Takım / tezgah durumunun izlenmesi ile üretim

süreci gerçek zamanlı kontrol edilmekte ve sistem kendisini yeni duruma göre ayarlamaktadır.

Çağımızda insansız üretim stratejileri ön plana çıkmıştır. Bu çalışmada da operatör müdahalesi minimuma indirilmiştir. Operatör programa sadece malzeme çap değerini girmektedir. İleriki çalışmalarda çap ölçümünün de otomatik olması mümkün gözükmemektedir.

Bu tez çalışması yapay zeka yöntemlerinin hibrit bir şekilde takım tezgahlarının adaptif kontrolünde başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir. Matematik olarak modellenmesi zor olan talaş kaldırma problemi bu şekilde rahatlıkla çözülebilecektir. Şerit testere ile kesme işlemine etki eden birçok parametre olması sebebiyle sistemin matematik modellenmesi ve kontrolü geleneksel metotlarla yapılamamıştır. Bu nedenle sistem yapay zeka metotları ile modellenmiştir. Kontrolde de çevresel bozucuların prosese etkisini azaltacak şekilde kendisini ayarlayan model referans adaptif kontrol kullanılmıştır.

Talaş birikmesi, iş parçası sertliğinin bölgesel değişimi gibi sebeplerden dolayı yükselen kesme kuvvetlerine karşılık takımı / tezgahı, güvenli kesme ve ilerleme hız değerlerinde çalıştırarak ekonomik üretim ve daha uzun takım ömrü sağlanmaktadır.

Testereyle kesme işleminin gerçek zamanlı çoklu sensörlerle izlenmesi ile hangi giriş parametresinin hangi çıkış parametresi üzerinde etkili olduğu deneylerle tespit edilmiştir. Kesme hızı artışının kesme kuvvetleri, AE, yüzey pürüzlülüğü üzerine azaltıcı etkisi gözlemlenmiştir. İlerleme hızı artışı ise kesme kuvvetleri, akım, ivme, AE, yüzey pürüzlülüğü üzerine artırıcı yönde etki yaptığı tespit edilmiştir. Yapılan Zeki Adaptif Kontrol Sistemi (ZAKS) ile güvenilir bir şekilde kesme hızı ve ilerleme hızı belirlenmektedir.

Farklı tezgah ve şerit üreticisi firmalara ait kesme parametreleri kataloglarındaki bilgi karışıklığı ve eksikliği gibi olumsuzluklar geliştirilen sistemle minimuma indirilmiştir. Geliştirilen izleme ve kontrol sistemi ile kesme parametrelerine operatör değil zeki sistem karar vermekte bu da tecrübeli ve becerili operatör gerekliliğini en aza indirmiştir.

Değişken kazançlı model referans adaptif kontrol bir dereceye kadar performansı iyileştirmektedir. Konvansiyonel kontrol sistemlerinin dezavantajları, zeki kontrol yöntemlerine yönelmiştir. Zeki kontrol sistemleri iş parçası geometrisi ve malzeme sertliği gibi özelliklerde değişimlerde kesme koşullarının değişimi ile çok sayıda farklı durumları öğrenir ve değişen koşullar altında sistemin nasıl bir durum alacağını belirler.

Yapay sinir ağları ile kesme parametrelerine bağlı, çevrim içi kendini güncelleyen kesme kuvvetleri tahmin modeli ve gerçek zamanlı verileri toplama, işleme, sınıflandırma ile malzeme tanıma sistemi geliştirilmiştir.

Hata değişimleri ve integralleri geri beslemeli bulanık kontrolde başarılı bir şekilde kesme ve ilerleme hızının tespitinde kullanılmıştır. Çok girişli ve çok çıkışlı adaptif kontrol yapısı kullanılmıştır.

Tasarlanıp gerçekleştirilmiş olan ZAKS deneyleri sonucunda ilerleme artışıyla artan üretim hızı sağlamıştır. Konvansiyonel tezgahlar kesme olmayan durumlarda da verilen kesme hızında hareket etmektedir bu dezavantaj geliştirilen ZAKS ile düşük akımla boşa çalışma süresince enerji tasarrufu sağlanarak ortadan kaldırılmıştır.

Geliştirilen sistemde, 3 ayrı yapay zeka modülündeki girdi çıktı parametreleri probleme özgü belirlenmiş olup, başka bir alandan ya da uygulamadan alınmamıştır.

Gerçek zamanlı olarak yapay zeka yöntemlerinin birlikte kullanıldığı adaptif kontrol modeli, talaş kaldırma işlemi için bir tezgaha uygulanmıştır. Kesme kuvvetleri ve diğer parametrelerden malzeme sertliği tanıma sistemi geliştirilen, ulaşılabilen literatürdeki ilk uygulamadır.

Gerçekleştirilen bu sistem tezgah fiyatının yaklaşık 1/5 maliyetine konvansiyonel tezgahlara seri imalatla uygulanabilir.

Endüstrinin kesme problemleri çözümü amaçlanarak yapılmış olan bu çalışma ile geliştirilen metot mevcut üretim sistemlerine kolaylıkla uygulanabilir. Elde edilen tecrübe ve birikim imalat sanayisinin kullanımına sunulacaktır. Ayrıca, bu çalışma

ile edinilen donanım ve yazılım geliştirme tecrübesinin, bilimsel bir bakış açısıyla birçok deneysel uygulamaya aktarılması mümkün olacaktır.

Gelecekte bu konuda çalışacak araştırmacılara aşağıdaki konularda çalışmalarını önerilmiştir;

Takım tezgahlarında titreşim; tezgah tasarımı, kesme parametreleri, takım malzeme çifti, v.s. faktörlerden etkilenir. Titreşimin takım-tezgah ömrü ve yüzey pürüzlülüğü üzerine olumsuz etkisi vardır. Bu nedenle izlenen titreşimin kontrol amaçlı kullanımı gerekir.

Şerit testerelede yapılan bu çalışmada kesme hızı ve ilerleme değerleri malzeme tanınarak ayarlanmaktadır. İlerleme hızı arttıkça minimum zamanda üretim gerçekleşmekte buna karşılık takım ömrü de azalmaktadır. Gelecekte optimum ilerleme ve hız değerlerini veren takım ömrü çalışmaları yapılmalıdır.

Farklı şerit-malzeme çiftleri aynı kesme şartlarında denenerek uygun veri tabanı oluşturulup, takım ömür denklemlerinin çıkarılması gelecekte bu konuda çalışacak araştırmacılara önerilir.

AE sinyallerinin izlenmesi ve kontrolü ile takım aşınması, takım ömrü ilişkisi çalışılabilir. AE kaynakları sürtünme mekanizması, çatlak oluşumu ve kırılmadır. Bu sinyaller arıza tespitinde diagnostik amaçlı kullanılabilir. Erken uyarı modeli ile kesici takımların kırılma anını önceden belirlemek mümkün olacaktır.

Testereyle kesme işleminde önemli miktarda ısı üretilir. Ortaya çıkan sıcaklığın aşınma hızına etkisi literatür çalışmalarında incelenmiştir. Talaş - takım ve takım - iş parçası yüzeyi arasında sürtünme oluşmaktadır. Sürtünme kayma hızına ve temas alanına bağlıdır. Sürtünme kuvveti yüksek sıcaklığa yol açmaktadır. Oluşan ısı talaş, takım ve iş parçasına geçmektedir. Farklı soğutma sıvıları ve takım-iş parçası çiftleri kullanarak, takım/talaş sıcaklığı ve aşınmaya etkisi araştırılabilir.

10. KAYNAKLAR

Ahmad, M.M., Hogan, B. ve Goode, E., 1987. Identification of variables to improve cutting performance of a bandsawing process, 4th. I.M.C. Conf.

Akkurt M. 1996. Bilgisayar Destekli Takım Tezgâhları (CNC) ve Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat (CAD-CAM) Sistemleri, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Akyılmaz, O., 2005, Esnek Hesaplama Yöntemlerinin Jeodezide Uygulamaları, Doktora tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Allahverdi, N., 1998. Yapay Zeka Yöntemleri ve Tarımda Uygulamaları, <http://alaeddin.cc.secuk.edu.tr/~noval/TARIM-98.htm>.

Altıntaş, Y., 1988, In-Process Detection of Tool Breakage Using Time Series Monitoring of Cutting Forces, International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol. 28, No. 2, pp. 157-172.

Altıntaş, Y., 1992, Prediction of Cutting Forces and Tool Breakage in Milling from Feed Drive Current Measurements, Transactions of ASME, Journal of Engineering for Industry, vol. 114, pp. 386-392.

Amerongen, J., 1980, Criteria for Optimum Steering of Ships, Symposium on Ship Steering Automatic Control, 25-27 June, Genova, Italy.

Anderson, K., Cook, G. E., Gabor, K., 1990. Artificial Neural Networks Applied to Arc Welding Process Modeling and Control, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 26, pp.824-830.

Anderson C., Anderson M.T., Stahl J.E., 2001. Bandsawing. Part 1: Cutting Force Model Influencing Effects of Positional Errors, Tool Dynamics and Wear, Int. J. Mach. Tools & Manufact., Vol 41, pp 227 – 236.

Asiltürk, İ., Ünüvar, A., 2005. İmalatta Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Konya Şubesi, III. Makina Tasarım Ve İmalat Teknolojileri Kongresi, Konya.

Barschdorff, D., 1990. Case Studies in Adaptive Fault Diagnosis Using Neural Networks, Proc. of the IMACS Annals on Computing and Applied Mathematics MIM-S2, Brussels, Sept. 3-7.

Bayramoglu, M., and Dungal, U., 1998, A Systematic Investigation on the Use of Forces Ratios in Tool Condition Monitoring for Turning Operations, Trans.Inst. Meas. Control London, 20, pp. 92-97.

Bernold, T.,1985. Artificial Intelligence In Manufacturing, Proceedings Of The Technology Assessment And Management Conference Of The Gottlieb Duttweiler Institute, Rüslikon, Zürich, Switzerland, 7-8 November.

Chen, J.C.C., Wei,L.,1999. A tool breakage detection system using an accelerometer sensor, Journal of Intelligent Manufacturing, Volume 10, Number 2 p.p.187-197

Chai, J. S., Tan, S., Hang, C. C., 1996. Gain-scheduling control of nonlinear plant Using RBF neural network. Proc. IEEE Int. Symp. Intell. Contr., Dearborn, MI, U.S.A.

Choudhury, S. K., Subhashree R., 2000. In-process tool wear estimation in milling using cutting force model, Journal of Materials Processing Technology, Volume 99, Issues 1-3, 1 March, Pages 113-119.

Coker, S. A., Shin, Y. C., 1996. In-Process Control of Surface Roughness due to Tool Wear Using a New Ultrasonic System, Int. J. Mach. Tools Manuf., 36, pp. 411-422.

Çoğun, C., Özses, B., 2002, Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 17, No 1, 59-75.

Davies, M. A., Chou, K., Evans, C.J., 1996, On Chip Morphology, Tool Wear and Cutting Mechanics in Finish Hard Turning, Annals of the CIRP, Vol. 45, pp. 77-82.

Dandil, B., Gökbulut, M., Ata, F., 2002. Genetik Algoritma ile Model Referans-PID Denetleyici Tasarımı F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(2), 33-43.

Dimla, E. Dimla, S., 2000. Sensor signals for tool wear monitoring in metal cutting operations - a review of methods. *Int. J. Machine Tools & Manufacture*, 40(8), 1073-1098.

Dornfeld, D., 1992, Monitoring of machining processes.-literature review. Presented at CIRP STC 4C' Meeting, Paris, January.

Dragos, A., Axinte, A, Nabil G., Kate F., Iker, U., 2004. Process monitoring to assist the workpiece surface quality in machining, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 44, 1091–1108.

Driankov, D., Palm, R., Rehfuss, U., 1996. A Takagi-Sugeno fuzzy gain-scheduler. *Proc. 5th IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst., New Orleans, LA, U.S.A.*

El-Mounayri, H., Kishawy H.A., Tandon, V., 2002. Optimized CNC end-milling: a practical approach, *Int. J. Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 15, No. 5, pp. 453–470.

Elmas, Ç., 2003. *Yapay Sinir Ağları*, Seçkin Yayınları, Ankara.

Ergezer, H., Dikmen, M., Özdemir, E., 2003. Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri, *PiVOLKA*, 2(6), pp.14-17.

Ezugwu, E.O., Fadare, D.A., Bonney, J., Da Silva, R.B., Sales, W.F., 2005. Modelling the correlation between and process parameters in high-speed machining cutting of Inconel 718 alloy using an artificial neural network, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45 1375–1385, 2005.

Ghasempour, A., Moore, T., Jeswiet J., On-line Tool Wear Estimation Using Neural Networks, *Proc Instn. Mech. Engrs: Journal of Engineering Manufacture*, Vol 212 part B, 105-112, 1998.

Goh, C.J., Edwards, N.J., 1995. Direct Training Method for a Continuous-Time Nonlinear Optimal Feedback Controller, *Journal of Optimization Theory*, Vol. 84, No. 3, pp. 509-528.

Groover, P.,1987. Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing. Prentice Hall, London.

Haykin, S., 1994. Neural Networks, A Comprehensive Foundation, Macmillian College Publicing.

Işık, Y., 2004. Talaşlı İmalatta On-Line Takım Durumu İzleme Yöntemleri Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 1.

Inasaki, I., 1998. Application of acoustic emission sensor for monitoring machining processes, Ultrasonics, Volume 36, Number 1, February, pp. 273-281(9)

Jun, M.B., Ozdoganlar B.O., DeVor R.E., Kapoor S.G., Kirchheim A., Schaffner G., 2002. Evaluation of a spindle-based force sensor for monitoring and fault diagnosis of machining operations, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 42, Number 6, May, pp. 741-751(11)

Kiran, M., Ramamoorthy, B., and Radhakrishnan, V., 1998, Evaluation of Surface Roughness by Vision System, Int. J. Mach. Tools Manuf., 38, pp. 685–690.

Ko, T.J., Cho, D.W., 1998, Adaptive Optimization Of Face Milling Operations Using Neural Networks Optimization For Intelligent Machining, Journal of Manufacturing Science and Engineering, SME, 10(6), 464 – 475.

Ko, T.J., ve Kim, H.S., 1999. Mechanistic Cutting Force Model İn Band Sawing, Int.Journal of Machine Tools and Manufacture, 39, pp. 1185-1197.

Koren, Y., 1989. The Optimal Locus Approach with Machining Applications, ASME J. Dyn. Syst., Meas., Control, 111, pp. 260–267.

Kosko, B., 2001. The Shape of Fuzzy Sets in Adaptive Function Approximation, with Sanya Mitaim, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, vol. 9, no. 4, pp. 637-656.

Kurada, S., Bradley, C., 1999. Machine vision monitoring for automated surface finishing, Journal of manufacturing science and engineering, vol. 121, pp. 457-465.

Li, X., Alexandar D., Patri K. V., 2000. Current sensor based feed cutting force intelligent estimation and tool. wear condition monitoring. IEEE Trans., ieeexplore.ieee.org/iel5/9033/28681/01285635.pdf

Liang, S. Y., Hecker, R. L., Landers, R. G., 2004 Machining Process Monitoring and Control: The State-of-the-Art, ASME Transactions, Journal of Manufacturing Science and Engineering , Vol. 126, pp. 297-310.

Lin, F., Su, C.J., Tseng, M., 2001. A Multi-agent-based approach to Developing Virtual Reality-based Industrial Training Systems, pp 253-260, The 11th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, Chicago.

Liu, Y., Wang, C., 1999. Neural Network Based Adaptive Control and Optimization in the Milling Process, Journal of Advanced Manufacturing Technology, 15, pp. 791-795.

Liu, Y., Cheng, T., Zuo, L., 2001. Adaptive Control Constraint of Machining Processes, Journal of Advanced Manufacturing Technology, 17: 720 - 726.

Luger, G.F., 2002. Artificial Intelligence Structure and Strategies for Complex Problem Solving, 4. Baskı : Addison-Wesley, England.

Martellotti, M.E., 1945. An analysis of the milling process. Part II: Down milling, Transaction of ASME 67 - 233.

Mizumoto, M., 1992. Realization of PID controllers by fuzzy control methods. IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst., Piscataway, NJ, U.S.A.

Monostori, L., Viharos, J., 1999. Satisfying various requirements in different levels and stages of machining using one general ANN-based process model, 15th International Conference on Computer-Aided Production Engineering; CAPE'99, Durham, U.K.

Narendra, K. S., Parthasarathy, K., 1991. Gradient methods for the optimization of dynamical systems containing neural networks. IEEE Trans. Neural Networks, 2(2), 252-262.

Ordenez, R., Zumberge, J., Spooner, J.T., Passino, K.M.O., 1997, Adaptive Fuzzy Control: Experiments and Analyses, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 5, No. 2, pp.167-188.

Özel, T., Hsu T.K., Zeren, E.,2005. Effects of Cutting Edge Geometry, Workpiece Hardness, Feed Rate and Cutting Speed on Surface Roughness and Forces in Finish Turning of Hardened AISI H13 Steel, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 25, pp. 262-269.

Öztemel, E., 1999. Entegre zeki imalat sistemleri geliştirme için bir model, Teknoloji, Kalite ve Üretim Sempozyumu Bildirisi. pp. 178-86. Sakarya.

Öztemel, E., 1997. Zeki Sistemler Neler Yapabilir? Otomasyon Dergisi, Kasım.

Rodolfo, E.,H., Clodeinir R., Angel,A., Salvador, R., Carlos, G., 1998. Toward Intelligent Machining: Hierarchical Fuzzy Control for the End Milling Process, IEEE Transactions On Control Systems Technology, Vol. 6, No. 2, pp. 188-200.

Sağiroğlu, Ş., Erler, M., 2001. Nörokontrolörler, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17 (1-2), 61-71.

Sağiroğlu, Ş., BEŞDOK E., Erler, M., 2003. Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-1 : Yapay Sinir Ağları, Ufuk Yayıncılık, Kayseri.

Sağlam, H., Ünüvar, A., Ersoyoğlu, A.S., 2003. Şerit testere ile kesmede, kesmeyi etkileyen parametrelerin deneysel incelenmesi, 3. International Advanced Technologies Symposium, August 18-20, Ankara.

Smith, R. (1997). Method for controlling work feed rate for cutting wood, metal and other materials. United States patent no. 5,694,821

Sonar, D.K., Dixit, U.S., Ojha, D.K.,2005. The application of a radial basis function neural network for predicting the surface roughness in a turning process, Int J Adv. Manuf. Technol. DOI 10.1007/s00170-004-2258-5 Springer-Verlag London Limited.

Steven, Y., Rogelio, L., Hecker, R., Landers, G., 2004. Machining Process Monitoring, and Control: The State-of-the-Art Journal of Manufacturing Science and Engineering, MAY 2004, Vol. 126 / 297.

Sandak, J., Tanaka, C., 2003. Online adaptive control of bandsaw feed speed using a fuzzy-neural system, Forest products journal, ISSN 0015-7473, vol. 53, pp. 36-43.

Tsai, Y. H., Chen, J. C., Lou, S. J., 1999, An In-Process Surface Recognition, System Based on Neural Networks in End Milling Cutting Operation, Int. J. Mach. Tools Manuf., 39, pp. 583–605.

Turban, E., 1999, Decision Support and Expert Systems. 3. Baskı. Macmillan Publishing Company, New York.

Tuncer, S. 1999. Değişken Hızlı Sürücü Sistemleri İçin Fuzzy Denetleyicili Yeni Bir Algoritmanın Geliştirilmesi ve Uygulaması, F. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Ulusoy, A., 1999. Metal Testere Tezgahının Hidrolik İmpulsula Çalışmasında Titreşimin Testere Lamasının Aşınma Hızına ve Kesme süresine Etkileri, S. Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.

Ünüvar, A., Sağlam, H., Ersoyoğlu, A.S., 2005. Şerit Testere İle Kesmede, Kesme Kuvveti Modeli Oluşturulması, 4th International Advanced Technologies Symposium, September 28–30, 2005 Konya / Türkiye.

Yüksel, İ., 2006. Otomatik Kontrol-Sistem Dinamiği ve Denetim Sistemleri, 5. Baskı, Nobel Yayın ve Dağıtım.

Zhang, G., Khanchustambham, R.G., 1993. Neural Network Applications in On-line Monitoring of a Turning Process, Neural networks in design and manufacturing, 247 - 268, ISBN:981-02-1281-X .

Şen, Z., 1999. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, Bilge Kültür Sanat Basımevi s.166.

Waterman, D.A. 1986. A guide to expert systems. Reading, MA: Addison-Wesley, Publishers. 419 p.

www.bumat.itu.edu.tr-2005.

www.ealt.org-2006

www.lancet.mit.edu/galib-2.4/overview.html-2006

www.mathworks.com/products-2006

www.mathworks.com/support/-2006

11. E K L E R

EK-1 Veri Toplama Deneylerinin Aritmetik Ortalama Sonuçları.

Veri Toplama Deneyleri Sonuçları										
Deney Adı	Akım	Kesme Kuv.	İtme Kuvveti	Akus.Emis	İvme (X 100)			Anlık İler.	Yüzey Pürüz.	
	i	fx	fz	AE	ax	ay	az	L	Ra	Rz
	[A]	[N]	[N]	[V _{DCRMS}]	[g]	[g]	[g]	[mm/dk]	[µm]	[µm]
De001 St37 K30 V040 F035 01	3,734913	131,1516	198,8329391	0,9551701	28,13996	19,9054	19,46556	34,446754	8,84	60,7
De002 St37 K30 V040 F066 01	4,331995	227,630267	329,6303888	1,6094915	37,73451	22,81517	21,52762	64,712849	10,82	67,5
De003 St37 K30 V040 F125 01	5,566356	402,255012	593,318795	2,9300053	58,4778	29,1935	24,80888	121,18603	12,45	68,9
De004 St37 K30 V063 F035 01	4,644307	87,7777033	134,9225171	0,6354422	30,10852	20,54136	21,2479	35,035564	8,89	50,3
De005 St37 K30 V063 F066 01	5,215534	151,125066	234,1169585	1,1314218	37,09585	20,08765	20,97991	67,574132	9,42	62,3
De006 St37 K30 V063 F125 01	6,201485	253,911204	384,3150866	1,8830835	48,6841	24,22904	23,63907	124,81988	10,21	58,7
De007 St37 K30 V100 F035 01	4,798728	57,3600855	88,07369086	0,4002626	110,4438	127,3675	79,55245	34,937218	8,56	49,9
De008 St37 K30 V100 F066 01	5,184253	92,864975	143,2063986	0,6765838	176,4414	208,5241	138,5364	66,83592	11,32	60,4
De009 St37 K30 V100 F125 01	6,088964	155,305784	215,1594747	1,0364973	177,564	252,6507	243,1988	123,59779	11,06	66,4
De010 St37 K46 V040 F035 01	4,087673	201,657435	339,3408671	1,6589368	36,34411	21,04991	21,42908	35,893803	10,77	66,2
De011 St37 K46 V040 F066 01	5,236658	361,610736	631,5255696	3,1213069	55,63801	24,60165	24,52013	65,63302	12,8	66,1
De012 St37 K46 V040 F125 01	5,609936	412,441577	715,2346748	3,5414912	64,59116	25,41335	25,06893	74,743703	12,35	65,6
De013 St37 K46 V063 F035 01	5,012544	126,376638	212,2769295	1,022838	26,28092	21,74468	23,65636	35,716758	9,55	55
De014 St37 K46 V063 F066 01	5,962762	225,937826	398,4578091	1,9547489	30,24736	22,21603	22,25829	66,22695	10,16	58,5
De015 St37 K46 V063 F125 01	7,740371	392,505828	737,6419866	3,6537348	53,76214	30,74944	28,03146	119,95333	12,03	83,6
De016 St37 K46 V100 F035 01	5,144219	88,5985962	152,1216272	0,7207936	137,4137	79,88268	56,10526	35,457012	7,69	43,4
De017 St37 K46 V100 F066 01	6,085698	147,637247	250,1879266	1,2122462	185,9348	117,8577	57,78469	70,024007	10,42	60,4
De018 St37 K46 V100 F125 01	7,560227	249,718755	398,0070117	1,9527617	309,5506	221,0866	71,56576	128,85027	12,73	70
De019 St37 K70 V040 F035 01	5,345083	351,596314	719,9879045	3,5649603	29,68773	21,6036	23,82709	37,350772	10,68	63,9
De020 St37 K70 V040 F066 01	5,575931	386,0623	768,4872554	3,8074717	29,89438	23,17861	23,33302	40,273949	11,16	65,7
De021 St37 K70 V040 F125 01	5,803214	405,144171	829,8429868	4,115476	31,68313	25,78853	24,45453	43,438388	11,81	63
De022 St37 K70 V063 F035 01	5,870762	211,016152	408,8946504	2,0063508	23,30446	21,00639	20,35751	37,281996	9,9	50,4
De023 St37 K70 V063 F066 01	7,456375	361,870891	719,6546707	3,5638029	31,03106	23,80267	23,7029	62,568573	11,14	61,1
De024 St37 K70 V063 F125 01	7,245722	363,960972	647,1303732	3,1998449	34,64496	26,13225	24,39229	58,296357	9,41	61
De025 St37 K70 V100 F035 01	5,833881	150,949388	279,5896028	1,3588589	93,8484	59,8907	56,46943	38,898763	6,82	38,5
De026 St37 K70 V100 F066 01	7,769599	252,326402	532,4494287	2,6255205	33,50628	25,17184	21,86932	71,724897	9,07	57,8

EK-1 Veri Toplama Deneylerinin Aritmetik Ortalama Sonuçları.

De027_St37_K70_V100_F125_01	9,295979	317,172485	665,208057	3,2919051	39,79774	29,11752	22,68651	95,297761	9,43	57,8
De028_1040_K30_V040_F035_01	3,602688	138,303733	195,7344777	0,9397822	40,45429	23,37233	23,2509	36,573041	9,84	60,2
De029_1040_K30_V040_F066_01	4,209435	234,00298	329,1904176	1,606847	60,84231	24,06908	25,09992	67,348778	12,56	70,1
De030_1040_K30_V040_F125_01	5,395206	395,498866	569,6736567	2,8107494	88,07567	31,34523	29,18117	125,96988	13,58	67,5
De031_1040_K30_V063_F035_01	4,728121	89,8833731	131,7127639	0,6202913	105,4082	56,22688	73,30168	36,361277	11,47	64,9
De032_1040_K30_V063_F066_01	5,12178	150,611391	213,0874522	1,0262511	193,5106	33,62957	104,9527	67,317087	10,21	62,8
De033_1040_K30_V063_F125_01	5,999417	253,585645	351,2841413	1,7179367	77,81634	25,60488	28,62679	119,99045	11,65	65,1
De034_1040_K30_V100_F035_01	4,713695	61,2329063	95,717255	0,438626	129,661	118,2534	107,9866	34,441626	8,7	47,5
De035_1040_K30_V100_F066_01	5,33375	103,822008	145,2762486	0,6868469	196,4876	182,0485	124,0271	66,257484	10,5	60,9
De036_1040_K30_V100_F125_01	6,27868	167,199943	237,5491178	1,1469857	238,2416	138,7719	215,9533	125,06916	12,26	73,6
De037_1040_K46_V040_F035_01	4,063421	198,9636	327,9820943	1,6015076	54,21225	25,15085	24,0691	35,466364	11,04	59,6
De038_1040_K46_V040_F066_01	5,110595	340,561705	581,7310699	2,8725234	80,8504	32,64365	28,89853	65,738938	13,72	81,2
De039_1040_K46_V040_F125_01	5,961707	444,534495	725,531521	3,5938437	101,0736	45,37555	30,4913	88,090447	11,28	60,6
De040_1040_K46_V066_F035_01	5,058258	120,701918	190,684199	0,9143448	34,68694	23,08514	25,95166	35,950806	10,23	62,8
De041_1040_K46_V063_F066_01	5,991843	201,954106	345,2223043	1,6882107	47,27777	24,72253	26,18606	65,521268	9,24	54,1
De042_1040_K46_V066_F125_01	7,955018	372,581755	647,3387733	3,2023924	81,34945	33,99147	33,04748	126,81141	13,13	71,7
De043_1040_K46_V100_F035_01	5,368126	101,79244	181,0950327	0,8657278	133,7399	51,41174	75,94142	36,945032	9,57	58,7
De044_1040_K46_V100_F066_01	6,381444	164,617154	302,6587046	1,4744637	174,0104	64,96877	85,6332	69,831965	10,36	62,4
De045_1040_K46_V100_F125_01	8,183096	263,657115	472,4756025	2,325671	73,61421	30,92972	27,6445	132,8653	10,57	67,7
De046_1040_K70_V040_F035_01	5,268908	330,263265	621,5343475	3,0712765	32,69705	24,25166	28,65092	37,724202	10,13	54,7
De047_1040_K70_V040_F066_01	5,866856	398,714859	759,7692675	3,7644065	37,03091	25,51304	30,94093	46,593149	10,1	69,2
De048_1040_K70_V040_F125_01	5,691376	404,38473	774,627915	3,8391086	38,43059	31,54352	36,14428	46,416383	8,05	52,9
De049_1040_K70_V063_F035_01	5,808114	194,840353	370,8605419	1,8160067	29,345	24,0808	23,79963	37,207048	9,17	54,1
De050_1040_K70_V063_F066_01	7,647891	352,750183	668,3204658	3,3063515	39,63852	28,98361	29,1429	70,291248	8,35	49,7
De051_1040_K70_V063_F125_01	8,011397	376,226358	744,6975027	3,6887835	42,06522	29,27053	28,89652	76,027112	10,66	65,9
De052_1040_K70_V100_F035_01	6,191567	145,765487	289,2815802	1,4076031	70,72174	54,5134	50,58053	37,78486	7,71	45
De053_1040_K70_V100_F066_01	7,74762	236,741233	477,6760129	2,3505701	60,51841	35,4639	49,25923	71,486842	9,21	55,6
De054_1040_K70_V100_F125_01	10,02124	357,847487	741,3179313	3,6720164	43,1675	26,8298	26,11844	110,36468	10,19	59
De055_4140_K30_V040_F035_01	3,465694	126,25654	181,4322762	0,8678931	43,16819	29,24987	32,89806	34,11649	13	83,8
De056_4140_K30_V040_F066_01	4,003429	209,748182	288,3309897	1,4033489	50,5893	34,55859	33,18421	64,517169	11,57	63,4
De057_4140_K30_V040_F125_01	5,000661	361,10231	493,3663834	2,430326	68,12338	32,2055	33,29384	122,54343	11,28	58,9

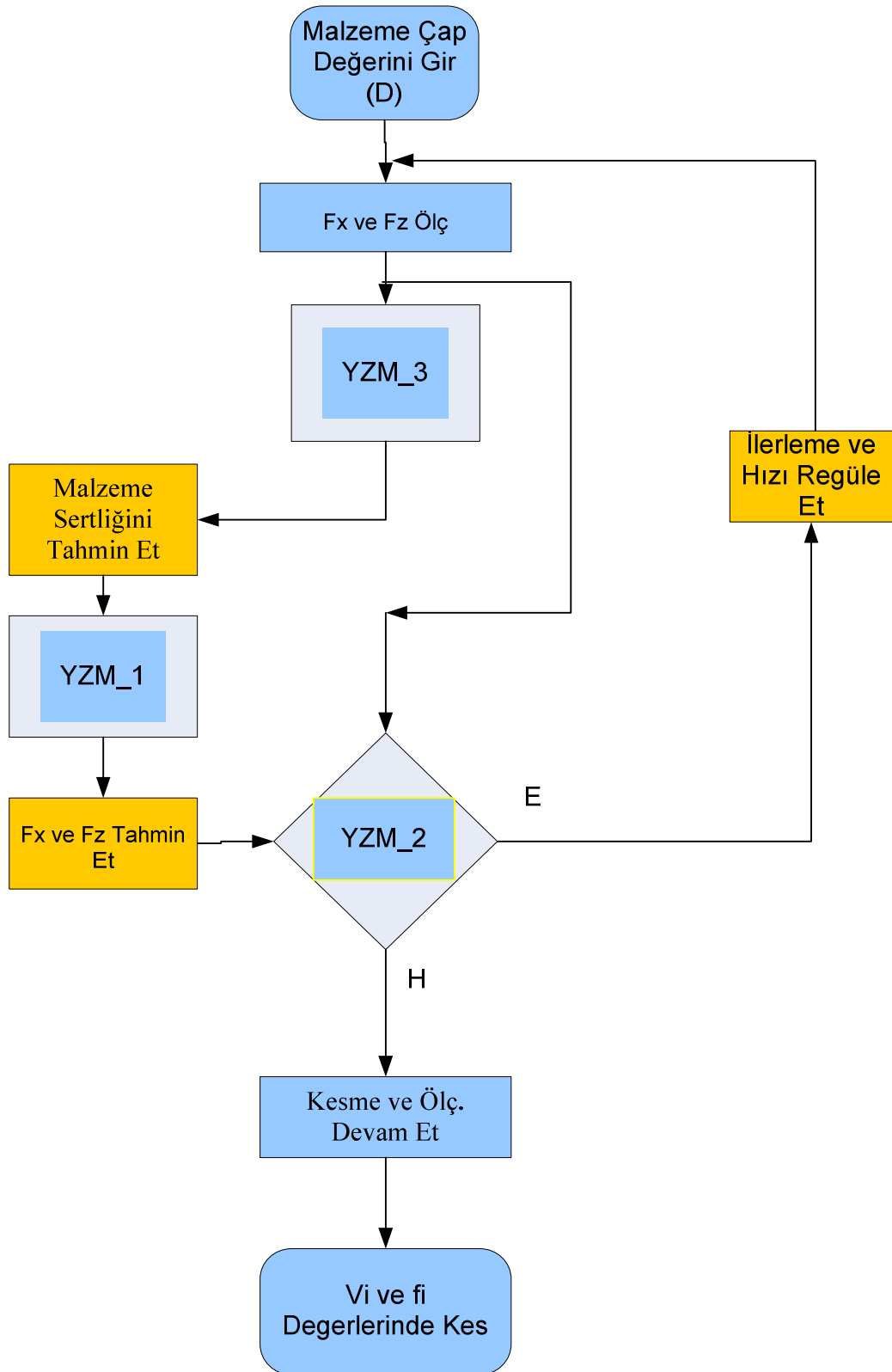
EK-1 Veri Toplama Deneylerinin Aritmetik Ortalama Sonuçları.

De058_4140_K30_V063_F035_01	4,555569	100,803773	152,0160711	0,7212584	82,31372	125,4493	165,4025	35,927851	10,73	65,1
De059_4140_K30_V063_F066_01	4,89346	144,381566	204,8984092	0,9856926	70,89805	64,76339	75,59994	66,39282	10,66	69,2
De060_4140_K30_V063_F125_01	5,796966	232,301558	334,1828545	1,6328589	83,34431	33,50098	37,33912	121,55233	12,57	76,4
De061_4140_K30_V100_F035_01	4,578423	63,6455017	89,38572056	0,4070202	84,35557	80,48513	113,34	35,905789	8,9	50,2
De062_4140_K30_V100_F066_01	5,197854	109,637418	176,2335833	0,8414524	149,7947	62,02385	196,2767	67,777231	10,95	66,5
De063_4140_K30_V100_F125_01	6,321022	182,425441	277,2135175	1,3471202	186,9731	92,58932	237,0614	123,41591	10,42	63,4
De064_4140_K46_V040_F035_01	3,787683	183,052604	295,1688268	1,4371984	41,66948	31,12285	34,98248	33,092742	10,2	61,5
De065_4140_K46_V040_F066_01	4,740622	312,514966	506,0039686	2,4929649	53,2231	32,47362	33,93544	62,661104	12,68	71
De066_4140_K46_V040_F125_01	5,835335	455,009543	768,3459738	3,8079701	65,00622	35,20747	35,19259	95,20407	13,92	71,1
De067_4140_K46_V063_F035_01	4,688091	116,29643	190,0426585	0,9111882	38,59947	32,60079	33,28425	35,242264	8,5	50,2
De068_4140_K46_V063_F066_01	5,44878	196,231117	317,0872753	1,547283	43,67656	35,29106	34,36714	64,390736	11,31	65,4
De069_4140_K46_V063_F125_01	7,217502	328,84047	546,7463145	2,6976795	59,19517	38,55441	34,47407	123,47268	10,95	64,7
De070_4140_K46_V100_F035_01	4,950809	85,6553481	167,5794045	0,7981627	287,9581	50,82936	53,3106	33,318502	7,74	48,4
De071_4140_K46_V100_F066_01	6,102729	165,675187	304,9397128	1,4852928	375,7577	41,4045	87,28608	66,009206	9,38	56,8
De072_4140_K46_V100_F125_01	7,581227	255,949287	454,2374176	2,2330412	323,417	47,23282	56,84824	126,43238	10,29	59,4
De073_4140_K70_V040_F035_01	5,026033	311,367079	591,9773544	2,9233842	36,4717	27,60974	30,66159	41,576885	10,42	65,1
De074_4140_K70_V040_F066_01	6,052325	452,32295	825,0658926	4,0916751	44,42298	32,17972	34,80105	61,090631	9,87	58,6
De075_4140_K70_V040_F125_01	6,061111	450,751809	864,8885711	4,2912661	42,59572	31,26483	33,69012	61,086741	12,04	73
De076_4140_K70_V063_F035_01	5,461433	168,656185	308,4623128	1,5039429	34,16395	29,84743	31,2086	37,170759	11,33	64,2
De077_4140_K70_V063_F066_01	6,875046	311,639086	582,0767678	2,8740649	38,88581	31,62718	32,89135	70,033451	10,93	71,9
De078_4140_K70_V063_F125_01	8,157991	422,86249	837,9573235	4,1562586	46,55666	34,06464	34,03932	95,45367	10,14	59,3
De079_4140_K70_V100_F035_01	5,873309	134,910484	269,8783232	1,3105315	68,82647	38,07849	47,65921	36,149073	8,65	50,6
De080_4140_K70_V100_F066_01	7,05706	219,16061	429,6425058	2,1102512	61,07477	39,6946	65,40047	68,463259	9,54	51,5
De081_4140_K70_V100_F125_01	9,956819	375,873852	723,8802278	3,5856294	45,98509	35,83197	36,85617	128,3321	10,95	62,4

EK-2 YZM_2 Kural Tablosu.

- 1.If (efx is mf1) and (iefx is mf 1) then (vi is mf3) (1)
- 2.If (efx is mf1) and (iefx is mf2) then (vi is mf3) (1)
- 3.If (efx is mf1) and (iefx is mf3) then (vi is mf2) (1)
- 4.If (efx is mf2) and (iefx is mf1) then (vi is mf3) (1)
- 5.If (efx is mf2) and (iefx is mf2) then (vi is mf2) (1)
- 6.If (efx is mf2) and (iefx is mf3) then (vi is mf1) (1)
- 7.If (efx is mf3) and (iefx is mf1) then (vi is mf2) (1)
- 8.If (efx is mf3) and (iefx is mf2) then (vi is mf1) (1)
- 9.If (efx is mf3) and (iefx is mf3) then (vi is mf1) (1)
- 10.If (efz is mf1) and (iefz is mf1) then (vi is mf3) (1)
- 11.If (efz is mf1) and (iefz is mf2) then (vi is mf3) (1)
- 12.If (efz is mf1) and (iefz is mf3) then (vi is mf2) (1)
- 13.If (efz is mf2) and (iefz is mf1) then (vi is mf3) (1)
- 14.If (efz is mf2) and (iefz is mf2) then (vi is mf2) (1)
- 15.If (efz is mf2) and (iefz is mf3) then (vi is mf1) (1)
- 16.If (efz is mf3) and (iefz is mf1) then (vi is mf2) (1)
- 17.If (efz is mf3) and (iefz is mf2) then (vi is mf1) (1)
- 18.If (efz is mf3) and (iefz is mf3) then (vi is mf1) (1)
- 19.If (efz is mf1) and (iefx is mf1) then (fi is mf1) (1)
- 20.If (efx is mf1) and (iefx is mf1) then (fi is mf1) (1)
- 21.If (efx is mf1) and (iefx is mf3) then (fi is mf2) (1)
- 22.If (efx is mf2) and (iefx is mf1) then (fi is mf1) (1)
- 23.If (efx is mf2) and (iefx is mf2) then (fi is mf2) (1)
- 24.If (efx is mf2) and (iefx is mf3) then (fi is mf3) (1)
- 25.If (efx is mf3) and (iefx is mf1) then (fi is mf2) (1)
- 26.If (efx is mf3) and (iefx is mf2) then (fi is mf3) (1)
- 27.If (efx is mf3) and (iefx is mf3) then (fi is mf3) (1)
- 28.If (efz is mf1) and (iefz is mf2) then (fi is mf1) (1)
- 29.If (efz is mf1) and (iefz is mf2) then (fi is mf1) (1)
- 30.If (efz is mf1) and (iefz is mf3) then (fi is mf2) (1)
- 31.If (efz is mf2) and (iefz is mf2) then (fi is mf2) (1)
- 32.If (efz is mf2) and (iefz is mf3) then (fi is mf3) (1)
- 33.If (efz is mf3) and (iefz is mf1) then (fi is mf2) (1)
- 34.If (efz is mf3) and (iefz is mf2) then (fi is mf3) (1)
- 35.If (efz is mf3) and (iefz is mf3) then (fi is mf3) (1)
- 36.If (efz is mf2) and (iefz is mf1) then (fi is mf1) (1)

EK-3 ZAKS Program Akış Şeması.



EK-4 Zeki Adaptif Kontrol Sistemi Program Arayüzü.

ZAKS

Analog Ölçümler

I-1 (A)	<input type="text" value="0"/>	Fy (N)	<input type="text" value="0"/>	ax	<input type="text" value="0"/>	A-12	<input type="text" value="0"/>
I-2 (A)	<input type="text" value="0"/>	Fz (N)	<input type="text" value="-7.1622"/>	ay	<input type="text" value="0"/>	A-13	<input type="text" value="0"/>
I-3 (A)	<input type="text" value="0"/>	A-06	<input type="text" value="0"/>	az	<input type="text" value="0"/>	A-14	<input type="text" value="0"/>
Fx (N)	<input type="text" value="1.5457"/>	L (mm)	<input type="text" value="8.5128"/>	E	<input type="text" value="0"/>	A-15	<input type="text" value="0"/>

Otomatik Kayıt

Dur

Kp

0.001

Ki

0.06

Fx(intg)

6.745

Fz(intg)

4.2099

Fx(ref)

50.8342

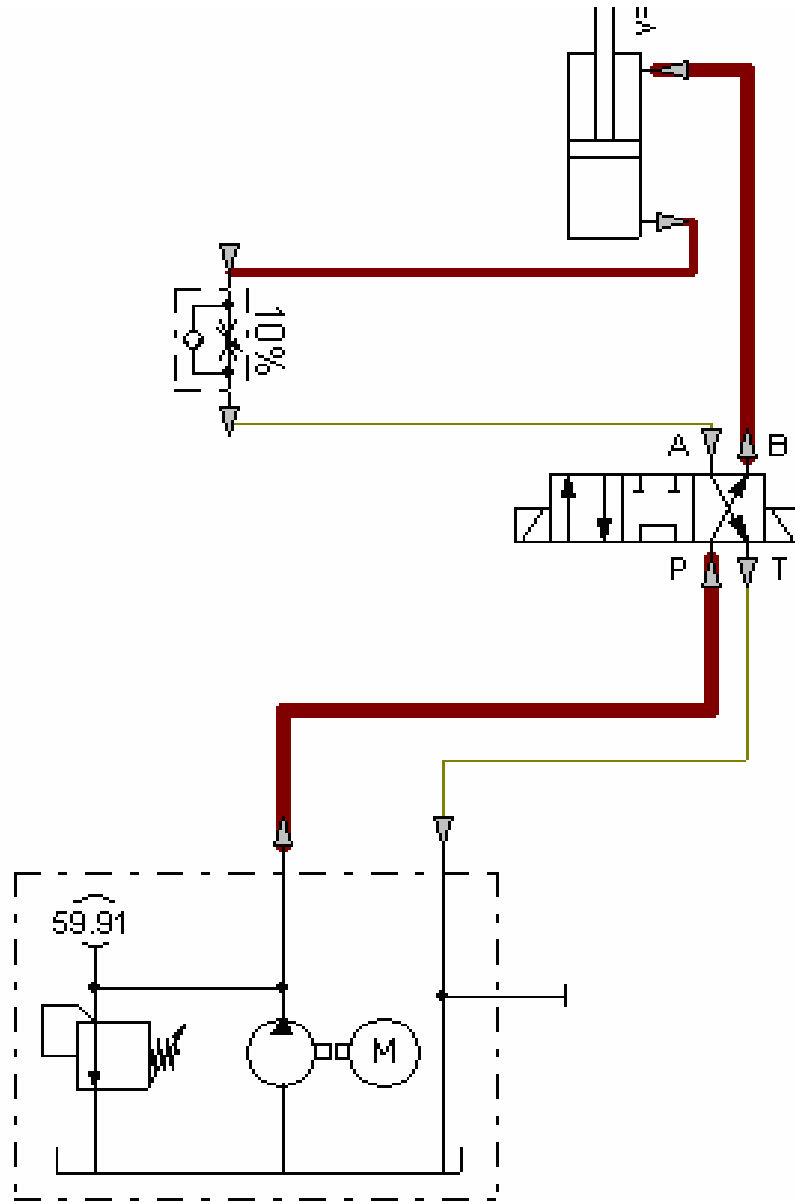
Fz(ref)

43.6665

Deney Bilgileri

Malzeme Adı	Çelik...	Kayıt Sayısı	185
Kesme hızı (m/dk)	1	Anlık İlerleme (mm/dk)	-4446.28
İlerleme hızı (mm/dk)	1	Analog Çıktılar	
Sertlik	95	İlerleme hızı (mm/dk)	92.1288
Kayıt ismi	190420071deney1C	Kesme hızı (m/dk)	48.5808
Grup no (1-9)	3		
Çap (mm)	1		
Zaman Aralığı (sn)	1		

EK-5 Testere Tezgahı Hidrolik Devre Şeması Simülasyonu
(FluidSİM 3.0 Programında Hazırlanmıştır)



EK-6 YSA Eğitim Sonuçları İle Ölçülen Kesme Kuvvetlerinin Karşılaştırılması.

Eğitim Sonuçları				Test Sonuçları			
YSA Çıkışı		Ölçülen Değer		YSA Çıkışı		Ölçülen Değer	
Fx	Fz	Fx	Fz	Fx	Fz	Fx	Fz
442,2057	763,703	445,1773	733,1902	442,2057	763,703	445,1773	733,1902
134,4875	195,475	133,4109	206,7233	134,4875	195,475	133,4109	206,7233
152,6661	284,764	150,5178	263,7395	152,6661	284,764	150,5178	263,7395
138,7918	211,7589	128,3311	171,0689	138,7918	211,7589	128,3311	171,0689
134,818	196,2869	140,0077	184,7306	134,818	196,2869	140,0077	184,7306
59,97765	86,89377	62,5727	85,94994	59,97765	86,89377	62,5727	85,94994
351,7195	656,4338	349,2264	652,6025	351,7195	656,4338	349,2264	652,6025
145,1744	258,2446	148,8639	248,5279	145,1744	258,2446	148,8639	248,5279
355,8429	705,9138	349,5964	772,7656	355,8429	705,9138	349,5964	772,7656
307,5868	559,0349	320,4081	508,9903	307,5868	559,0349	320,4081	508,9903
188,2508	298,9447	179,2608	329,5293	188,2508	298,9447	179,2608	329,5293
117,264	196,0613	120,6795	193,0908	117,264	196,0613	120,6795	193,0908
212,4309	397,4335	210,2907	387,5213	212,4309	397,4335	210,2907	387,5213
412,7616	825,1123	407,7722	835,1263	412,7616	825,1123	407,7722	835,1263
89,07383	148,224	87,10368	169,3374	89,07383	148,224	87,10368	169,3374
189,9915	288,5916	187,649	258,3875	189,9915	288,5916	187,649	258,3875
204,8489	337,9783	197,0533	349,8911	204,8489	337,9783	197,0533	349,8911
227,509	406,8032	229,5201	350,7272	227,509	406,8032	229,5201	350,7272
152,7418	284,685	156,4969	265,2147	152,7418	284,685	156,4969	265,2147
91,92212	133,6413	83,54261	135,76	91,92212	133,6413	83,54261	135,76
170,8712	308,3833	168,707	276,0291	170,8712	308,3833	168,707	276,0291
352,3812	658,866	346,9379	773,7592	352,3812	658,866	346,9379	773,7592
390,5508	787,7399	387,5276	860,4332	390,5508	787,7399	387,5276	860,4332
310,7366	601,6176	310,1643	584,0798	310,7366	601,6176	310,1643	584,0798
198,3021	393,7602	165,3134	384,4596	198,3021	393,7602	165,3134	384,4596
432,447	809,2537	445,68	761,7104	432,447	809,2537	445,68	761,7104
251,7293	535,0718	249,4053	493,9936	251,7293	535,0718	249,4053	493,9936
134,4486	199,1893	126,4773	173,8702	134,4486	199,1893	126,4773	173,8702
196,7886	388,9811	198,5428	383,57	196,7886	388,9811	198,5428	383,57
310,1094	590,5273	312,3921	559,5582	310,1094	590,5273	312,3921	559,5582
352,6021	659,6783	346,5218	710,4463	352,6021	659,6783	346,5218	710,4463
124,7921	206,7643	126,0709	206,9399	124,7921	206,7643	126,0709	206,9399
389,3444	782,8961	361,9368	669,3829	389,3444	782,8961	361,9368	669,3829
117,3195	196,0454	119,2968	191,3657	117,3195	196,0454	119,2968	191,3657
128,5573	182,7823	124,0504	174,7956	128,5573	182,7823	124,0504	174,7956
212,0144	397,5657	230,2204	359,4101	212,0144	397,5657	230,2204	359,4101
102,1894	181,3769	102,0702	175,8783	102,1894	181,3769	102,0702	175,8783
380,3919	746,0669	381,2197	621,1733	380,3919	746,0669	381,2197	621,1733
100,4572	151,3815	99,10651	146,5054	100,4572	151,3815	99,10651	146,5054
313,5743	595,185	318,602	587,9306	313,5743	595,185	318,602	587,9306
353,0786	661,4317	349,5462	765,8742	353,0786	661,4317	349,5462	765,8742
102,9637	183,3941	102,1868	167,9919	102,9637	183,3941	102,1868	167,9919
126,0354	209,9449	120,7443	205,7517	126,0354	209,9449	120,7443	205,7517
127,9189	214,7463	125,1926	202,6325	127,9189	214,7463	125,1926	202,6325
319,3382	684,4524	316,1491	688,0594	319,3382	684,4524	316,1491	688,0594
112,1071	159,0852	103,7548	172,2993	112,1071	159,0852	103,7548	172,2993