

**BULANIK MANTIK İLE AĞAÇ MALZEME YANMA
PERFORMANSININ İZLENMESİ**

**2011
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

Caner ÖZCAN

**BULANIK MANTIK İLE AĞAÇ MALZEME
YANMA PERFORMANSININ İZLENMESİ**

Caner ÖZCAN

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Ocak 2011

Caner ÖZCAN tarafından hazırlanan “BULANIK MANTIK İLE AĞAÇ MALZEME YANMA PERFORMANSININ İZLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Raif BAYIR

Tez Danışmanı, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 27/01/2011

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

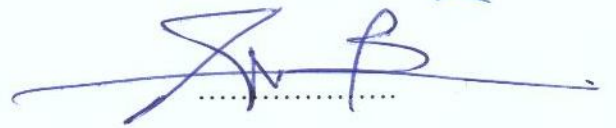
Başkan : Doç. Dr. Haldun GÖKTAŞ (GÜ)



Üye : Doç. Dr. Raif BAYIR (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Baha ŞEN (KBÜ)



..../..../2011

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Caner ÖZCAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BULANIK MANTIK İLE AĞAÇ MALZEME YANMA PERFORMANSININ İZLENMESİ

Caner ÖZCAN

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Raif BAYIR

Ocak 2011, 70 sayfa

Bu çalışmada, bulanık mantık ile ağaç malzeme yanma performansının izlenmesi gerçekleştirilmektedir. Ağaç malzemenin yanma özellikleri konusunda farklı yanma düzenekleriyle birçok çalışma yapılmaktadır. Günümüzde ağaç malzeme yanma düzenekleri gelişen teknoloji ve artan isteklere cevap verememektedir. Bilgisayar destekli yanma düzeneği tasarlanarak geliştirilen kullanıcı arayüzlü yazılım ile yanma performansının izlenmesi sağlanmıştır. Yanma sonucu elde edilen ölçümlerin ve yanma sürecinin en hassas şekilde izlenmesi bilgisayar üzerinde gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmektedir. Ağaç malzeme yanma düzeneğinde ölçme kaynaklı hatalar en aza indirilmektedir. Bu sistem ile yanma sonucu ölçülen parametreler üzerinde daha hızlı işlemler yapılabilmektedir. Yanma işlemi boyunca ölçülen veriler kullanılarak bulanık mantık ile deney performansı tespit edilmekte ve oluşan hatalar kullanıcı arayüzlü yazılımla kullanıcıya belirtilmektedir. Yanma süresince uzman kişinin fark edemediği beklenmeyen durumlar bu sistem sayesinde rahatlıkla tespit edilebilmektedir. Gerçekleştirilen bilgisayar destekli yanma sisteminin veri

kayıplarını önlediği, hassas ölçümlerle daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmektedir. Deney tekrarı azaltıldığı için zaman, iş ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Sistem bu özellikleri ile ağaç malzeme yanma Ar-Ge merkezlerinde, bu konudaki akademik çalışmalarda ve bu alanda üretim yapan firmalarda rahatlıkla kullanılabilir.

Anahtar Sözcükler : Gerçek zamanlı kontrol, bulanık mantık, yanma, yanma düzeneği

Bilim Kodu : 902.1.182

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

MONITORING OF WOODEN MATERIAL COMBUSTION PERFORMANCE WITH FUZZY LOGIC

Caner ÖZCAN

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Computer Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Raif BAYIR

January 2011, 70 pages

In this study, monitoring of wooden material combustion performance with fuzzy logic has been realized. Many studies have been made on the combustion properties of wooden material with different combustion mechanisms. Today, wooden material combustion mechanisms do not meet the needs of developing technology and increasing demands. Computer-aided combustion mechanism was designed and performance of combustion was monitored via user interface software developed by the researcher. The most accurate monitoring of measurements obtained by the combustion and combustion process has been realized in real time on the computer. Errors occurred as a result of manual measurement are minimized in wooden material combustion mechanism. Operations on parameters that obtained from the result of combustion can be made faster using this system. Test performance was determined with fuzzy logic by using data obtained during the combustion process and errors are reported to the user with user interface software. Unexpected situations that experts could not notice can be determined easily by this system during the

combustion. It has been observed that the designed computer-aided combustion system prevents the data-loss and gives better results with sensitive measurements. Since the repetitions of the experiment were reduced, time, work and energy savings are obtained. This system with these features can be used easily at wooden material combustion R&D centers, on the academic studies covering this issue and companies working in this area.

Key Words : Real time control, fuzzy logic, combustion, combustion mechanism

Science Code : 902.1.182

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında ve yürütülmesinde desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle alıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Do. Dr. Raif BAYIR'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım sayın hocam Prof. Dr. Burhanettin UYSAL'a ve yapılan tüm çalışmalar boyunca birlikte olduğumuz ve sorunların üstesinden birlikte geldiğimiz Arő. Gör. Cemal ÖZCAN'a teőekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan Özlem ALTINOK ve aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
AĞAÇ MALZEMELERDE YANMA VE YANMA DÜZENEKLERİ	4
2.1. AĞAÇ MALZEMELERDE YANMA	4
2.2. AĞAÇ MALZEME YANMA DÜZENEKLERİ	6
BÖLÜM 3	8
BİLGİSAYAR DESTEKLİ AĞAÇ MALZEME YANMA DÜZENEGİNİN TASARLANMASI	8
3.1. YANMA DÜZENEGİ	8
3.2. YANMA DÜZENEGİNDE KULLANILAN MATERYALLER	11
3.2.1. Veri Alış-Veriş ve Terminal Kartı	11
3.2.2. Sıcaklık Ölçümleri	12
3.2.3. Ağırlık Ölçümleri	14
3.2.4. Nem Ölçümü	15
3.2.5. Yanma Kabini Tasarımı	15
3.3. DENEY NUMUNELERİ VE HAZIRLANMASI	17

3.4. AĞAÇ MALZEME YANMA DÜZENEĞİNDE PERFORMANS İZLEME İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER	18
3.4.1. Bulanık Mantık	18
3.4.1.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları	22
3.4.1.2. Bulanık Çıkarım	24
3.4.2. Süreç Denetimi.....	27
BÖLÜM 4	29
YANMA PERFORMANSININ BULANIK MANTIK İLE İZLENMESİ	29
4.1. YANMA PERFORMANSININ BULANIK MANTIK İLE İZLENMESİ İÇİN MATLAB BULANIK ÇIKARIM MODELİ.....	29
4.1.1. Matlab Veri Alış-Veriş Sistemi	30
4.1.2. Matlab Simulink Modeli.....	32
4.1.3. Giriş Değişkenleri ve Üyelik Fonksiyonları.....	34
4.1.4. Çıkış Değişkeni ve Üyelik Fonksiyonları.....	37
4.1.5. Kural Tabanı	37
4.2. YANMA PERFORMANSININ BULANIK MANTIK İLE İZLENMESİ İÇİN KULLANICI ARAYÜZLÜ YAZILIM TASARIMI	38
BÖLÜM 5	54
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	54
BÖLÜM 6	65
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Ateş borusu yanma düzeneği tasarımı.....	6
Şekil 3.1. Ağaç malzeme yanma düzeneği tasarımı	9
Şekil 3.2. Ağaç malzeme yanma düzeneği genel görünümü.....	10
Şekil 3.3. Veri alış-veriş ve terminal kartı	12
Şekil 3.4. Sıcaklık algılayıcısı ve yükselteci	13
Şekil 3.5. Çekme tipi ağırlık algılayıcı	14
Şekil 3.6. Çekme tipi ağırlık algılayıcı dönüştürülmüş çıkış kablo yapısı.....	14
Şekil 3.7. Basma tipi ağırlık algılayıcı.....	15
Şekil 3.8. Nem algılayıcı.....	15
Şekil 3.9. Ağaç malzeme yanma kabini.....	16
Şekil 3.10. Sarıçam ve doğu kayını deney numuneleri.....	17
Şekil 3.11. Bulanık mantık denetleyicisi blok şeması	20
Şekil 3.12. Keskin küme örneği.....	22
Şekil 3.13. Bulanık küme örneği	22
Şekil 3.14. Üyelik fonksiyonları grafikleri.....	23
Şekil 3.15. Mamdani çıkarım yöntemi.....	25
Şekil 3.16. Ağırlık ortalaması yöntemi	26
Şekil 3.17. Kapalı çevrim denetim sistemi.....	27
Şekil 4.1. Veri alış-veriş sistemi ve bileşenleri	31
Şekil 4.2. Yanma düzeneği simulink modeli.....	33
Şekil 4.3. Bulanık çıkarım sistemi modeli	34
Şekil 4.4. Sıcaklık giriş değişkeni üyelik fonksiyonları.....	35
Şekil 4.5. Kalan ağırlık oranı giriş değişkeni üyelik fonksiyonları	35
Şekil 4.6. Kül miktarı giriş değişkeni üyelik fonksiyonları	36
Şekil 4.7. Nem oranı giriş değişkeni üyelik fonksiyonları.....	36
Şekil 4.8. Performans çıkış değişkeni üyelik fonksiyonları.....	37
Şekil 4.9. Bulanık çıkarım sistemi kural tabanı ekranı	38
Şekil 4.10. Analog giriş özellikleri ekranı	39

Sayfa

Şekil 4.11. Kart ayarları ekranı.....	40
Şekil 4.12. Gerçek zamanlı veri okuma ekranı.....	41
Şekil 4.13. Tek bir ölçüm için grafik gösterimi ekranı	42
Şekil 4.14. Üst sıcaklık, kalan ağırlık ve nem ölçümleri grafik gösterimi.....	43
Şekil 4.15. Alt sıcaklık, kül miktarı ve ortam sıcaklığı ölçümleri grafik gösterimi ...	44
Şekil 4.16. Veri kaydetme ekranı	45
Şekil 4.17. Deney verileri tablosu.....	46
Şekil 4.18. Kayıtlı veri gösterimi ekranı	46
Şekil 4.19. Deney tanımlamaları ekranı.....	47
Şekil 4.20. Üyelik fonksiyonları belirleme ekran.....	49
Şekil 4.21. Kural tabanı ekranı	50
Şekil 4.22. Tetiklenen kuralların gösterimi ekranı	52
Şekil 4.23. Çıkarım sonuçları ekranı	53
Şekil 5.1. Deney çalışması sırasında yanma düzeneği genel görünümü.....	55
Şekil 5.2. Doğu kayını ağaç malzemesi yanma deneyi sıcaklık değişimi.....	56
Şekil 5.3. Doğu kayını ağaç malzemesi yanma deneyi kalan ağırlık oranı değişimi.....	57
Şekil 5.4. Doğu kayını ağaç malzemesi yanma deneyi kül miktarı değişimi.....	57
Şekil 5.5. Doğu kayını ağaç malzemesi yanma deneyi nem oranı değişimi	58
Şekil 5.6. Doğu kayını ağaç malzemesi yanma deneyi bulanık çıkarım performansı	59
Şekil 5.7. Doğu kayını deneyi performans ve uzman değerlendirmesi	59
Şekil 5.8. Sarıçam ağaç malzemesi yanma deneyi sıcaklık değişimi	60
Şekil 5.9. Sarıçam ağaç malzemesi yanma deneyi kalan ağırlık oranı değişimi	60
Şekil 5.10. Sarıçam ağaç malzemesi yanma deneyi kül miktarı değişimi	61
Şekil 5.11. Sarıçam ağaç malzemesi yanma deneyi nem oranı değişimi.....	62
Şekil 5.12. Sarıçam ağaç malzemesi yanma deneyi bulanık çıkarım performansı.....	62
Şekil 5.13. Sarıçam deneyi performans ve uzman değerlendirmesi.....	63
Şekil 5.14. Doğu kayını ağaç malzemesi hatalı yanma deneyi	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Sıcaklık algılayıcı yükseltecinin teknik özellikleri	13
-------------------------------------------------------------------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

CO	: Karbon monoksit
CO ₂	: Karbon dioksit
Cu ₂ SO ₄	: Bakır sülfat
KNO ₃	: Potasyum nitrat
Na ₂ B ₄ O ₇	: Sodyum tetra borat
Na ₂ SO ₄	: Sodyum sülfat
NO	: Azot monoksit
NO ₂	: Azot dioksit
O ₂	: Oksijen
ZnSO ₄	: Çinko sülfat

KISALTMALAR

ASTM	: American Society for Testing and Materials
A/D	: Analog/Digital
DA	: Doğru Akım
LAM	: Lamine Ağaç Malzeme
MDF	: Medium Density Fiberboard
PCI	: Peripheral Component Interconnect
PVAc	: Polyvinyl Acetate
RTWT	: Real Time Windows Target
TS	: Türk Standardı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ağaç malzeme, çeşitli yapı malzemeleri arasında kullanımı en eski olanıdır. Teknolojinin getirdiği yeniliklere ve birçok yeni malzemenin kullanıma alınmasına rağmen sahip olduğu üstün özellikleri nedeniyle günümüzde de önemini korumaktadır. Ağaç malzeme bu özellikleri yanı sıra istenmeyen bazı özelliklere de sahiptir. Bunlardan en önemlisi yanma özelliğidir. Bu nedenle ağaç malzemenin yanma özellikleri konusunda farklı yanma düzenekleriyle birçok çalışma yapılmaktadır. Ancak ağaç malzemenin yanma özelliklerinin literatürdeki önemi göz önüne alındığında mevcut yanma düzenekleri gelişen teknolojiye ve artan isteklere cevap verememektedir. Bu sebeplerden dolayı bilgisayar destekli ağaç malzeme yanma düzeneğine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu tezin amacı, bilgisayar destekli ağaç malzeme yanma düzeneği hazırlanarak yanma performansının bulanık mantık ile izlenmesidir. Bu sayede manuel ölçme ve insan kaynaklı hataların en aza indirilmesi, yanma sonucu elde edilen parametrelerin ve yanma sürecinin izlenmesi gerçekleştirilmektedir. Yanma esnasında yapılan ölçümlerin bilgisayar ortamına aktarılarak gerçek zamanlı olarak kaydedilmesi sağlanmaktadır. Yanma deneyi süresince ölçülen değerler üzerine bulanık çıkarım uygulanarak deneyin gerçek zamanlı performansı değerlendirilmekte ve yanma işlemi kontrol altında tutulmaktadır. Yanma işlemi boyunca ve bitiminde elde edilen verilerin işlenmesi ve analizlerin yapılması yine bilgisayar ortamında gerçekleştirilmekte, elde edilen veriler tablo ve grafiklerle sunulmaktadır. Ölçüm sonucu kaydedilen tüm verilerin daha sonra yapılacak yanma çalışmalarında faydalanılmak üzere depolanması sağlanmaktadır. Bu sayede ileride yapılacak çalışmaların doğruluğu deneysel tecrübelerle kontrol edilebilecektir. Bu zamana kadar yapılan yanma çalışmaları bilgisayar kullanılmaksızın verilerin gözlemlerle okunması ve kaydedilmesi şeklindedir. Bu durum insan ve ölçme kaynaklı hataları

beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada ise hataların tespit edilmesi ve deney performansının izlenmesi gerçek zamanlı olarak sağlanmaktadır. Hataların önceden tahmin edilmesi özellikle zaman ve iş gücünden tasarruf sağlamaktadır. Bu sayede düzenek, ağaç malzeme koruma teknolojisi ve ağaç malzemenin yanma özelliklerinin belirlenmesi alanında kullanılabilme özelliklerine sahip olmaktadır. Tarihi ahşap yapıların yanmaya karşı korunmasıyla ilgili yapılacak çalışmalara imkan tanınmaktadır. Tarihi ahşap evlerin yanma tehlikesine karşı korunabilmesi de tarihi kültürümüzün sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

Tezin giriş bölümünde çalışmanın kısa özeti ve ağaç malzemeler hakkında genel bilgiler verilmektedir. Gerçekleştirilen çalışmanın yanma alanında getirdiği kolaylıklar ve sağladığı katkılar anlatılmaktadır.

İkinci bölümde, çalışmanın hangi alana yönelik olduğu ve mevcut sistemin sahip olduğu özellikler belirtilmektedir. Ağaç malzemeler, ağaç malzemelerin önemi ve ağaç malzemelerde yanma ile ilgili açıklamalar yapılmaktadır. Yanma çalışmalarında kullanılan mevcut yanma düzenekleri ve bu düzeneklerle ölçümlerin nasıl yapıldığı açıklanmaktadır. Bu düzeneklerle yapılan akademik çalışmalar ve elde edilen sonuçlar verilmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, ağaç malzeme yanma düzeneğinin tasarımı açıklanmaktadır. Yanma düzeneğinin hazırlanması ile düzenekte kullanılan materyaller verilmektedir. Yanma çalışmalarında kullanılacak ağaç malzeme numuneleri ve bunların hazırlanması anlatılmaktadır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, bilgisayar destekli ağaç malzeme yanma performansının bulanık mantık ile izlenmesinin nasıl gerçekleştirildiği anlatılmaktadır. Matlab Simulink ortamında verilerin gerçek zamanlı alınması, hazırlanan kullanıcı arayüzlü yazılım tasarımı ile verilerin veri alış-veriş kartından alınarak gerçek zamanlı işlenmesi ve depolanmasının nasıl gerçekleştirildiği açıklanmaktadır. Ayrıca bulanık mantığın bu çalışmada kullanılmasının nedenleri verilmektedir. Veriler istenen şekilde alındıktan sonra Matlab bulanık çıkarım sistemi editörü ile giriş ve çıkış değişkenlerine göre oluşturulan bulanık çıkarım

sistemi açıklanmaktadır. Matlab ortamında tasarlanan sistemin yanında görsel programlama dilinde hazırlanan kullanıcı arayüzlü yazılım tasarımı ile modellenen bulanık çıkarım sistemi verilmektedir.

Çalışmanın beşinci bölümünde, deney düzeneği üzerinde yapılan deneyler ve bunların sonuçları verilmektedir. Deney çalışmalarından elde edilen sonuçlar, kolay anlaşılması ve değerlendirilmesi için grafik gösterimlerle bu bölümde sunulmaktadır. Deneysel çalışmalar sonucu elde edilen bulanık çıkarım sonuçları uzman kişiler tarafından değerlendirilmekte ve karşılaştırma grafikleri verilmektedir.

Tezin sonuç ve öneriler bölümünde, deneysel çalışmalar sonucu elde edilen sonuçlar yorumlanmaktadır. Ayrıca bu alanda bundan sonra yapılacak çalışmalar için öneriler sunulmaktadır.

BÖLÜM 2

AĞAÇ MALZEMELERDE YANMA VE YANMA DÜZENEKLERİ

Ağaç malzeme, insanların kullandığı çeşitli yapı malzemeleri içerisinde belki de en eski olanıdır. Çağımızın getirdiği teknik yeniliklere ve çok sayıdaki yeni malzeme ile rekabetine rağmen, sahip olduğu üstün özellikleri nedeniyle günümüzde de birçok kullanım yerinde önemini korumaktadır [1]. Ağaç malzemenin en olumsuz özelliklerinden biri yanıcı olmasıdır. Ağaç malzemenin bu olumsuz özelliğinin giderilmesi amacıyla, yanmayı engelleyici veya geciktirici birçok kimyasal madde kullanılarak yanma çalışmaları yapılmaktadır. Ağaç malzemenin yanma özellikleri konusunda farklı yanma düzenekleriyle birçok çalışma yapılmıştır. Yanma düzenekleri arasında en fazla kullanılan ateş borusu düzeneğidir. Bu düzeneğin çok yaygın bir kullanımı vardır [2].

2.1. AĞAÇ MALZEMELERDE YANMA

Yanma; en genel anlamda yanıcı denenen bir maddenin yakıcı olarak adlandırılan bir başka madde ile birleşmesi sonunda ısı vererek meydana getirdiği olayların tümüdür. Yakıcı, çoğunlukla oksijen veya oksijen içeren bir başka maddedir. Başka bir tanımlamada ise yanma; malzemenin alev, ışık ve ısı özellikleri gösteren ve çevresine ısı vererek hızlı bir şekilde oluşan oksidasyonu veya tutuşma sıcaklığına kadar ısı almış bir cismin oksijenle birleşmesine denir. Bir maddenin yanabilmesi için havanın en az %14 - %18 oksijen içermesi gerekir. Normal şartlar altında havadaki oksijen oranı %21'dir [3]. Ahşap malzeme yeterli ısı ve atmosferde yeterli oksijenle bulunduğu yanmaya başlar. Yanma kılavuzlu ve kılavuzsuz olarak iki şekilde meydana gelir. Kılavuzlu yanma kıvılcım ya da alev kaynağının bulunduğu durumlarda meydana gelir. Kılavuzsuz yanma da yanma kaynağının bulunmadığı durumdur. Ahşabın yüzeyindeki yanma enerji akışından ya da alev veya ısıtılmış kaynaklardan dolayı oluşan ısı değişikliğinden meydana gelir. Bu enerji

akışı ya da ısı değişimi, her ikisi de ısı ve ışın bileşimlerine sahip olabilir [4].

Küçük yapraklı ıhlamur odunundan üretilen 3 katmanlı LAM (Lamine Ağaç Malzeme)'ın alev kaynaklı ve kendi kendine yanma özellikleri araştırılmıştır. LAM'ın dış katmanlarında küçük yapraklı ıhlamur, orta katmanlarında uludağ göknarı, ak dut, sapsız meşe ve sarıçam odunları kullanılmıştır. PVAc (Polyvinyl Acetate) tutkalı ile yapıştırılarak üretilen LAM örneklerin ASTM (American Society for Testing and Materials) – E 69 standartlarında belirlenen esaslara göre alev kaynaklı ve kendi kendine yanma değerleri belirlenmiştir. Sonuç olarak; en fazla kütle kaybı 32,17 g, CO (karbon monoksit) 3754,12 ppm ve CO₂ (karbon dioksit) % 6,76 miktarı orta katmanı meşe odununda, en fazla O₂ (oksijen) % 19,53 orta katmanı ak dut odununda, en fazla sıcaklık değeri orta katmanı sarıçam ve göknar olan örneklerde, en fazla yanmamış parça ve kül miktarı 3 katmanlı ıhlamur odununda %20 elde edildiği bildirilmektedir [5].

Sarıçam ve doğu kayını odunları ile emprenye maddesi olarak; KNO₃ (potasyum nitrat), ZnSO₄ (çinko sülfat), Na₂B₄O₇ (sodyum tetra borat), Na₂SO₄ (sodyum sülfat) ve Cu₂SO₄ (bakır sülfat) kullanılmaktadır. Emprenye metodu olarak uzun süreli daldırma ve 1 saat vakum, 1 saat basınç, 30 dakika vakum, 30 dakika basınç olmak üzere dolu hücre metotları uygulanmıştır. Emprenye edilen numunelerde, alev kaynaklı ve alev kaynaksız yanma sırasında oluşan ağırlık kayıpları esas alınarak yapılan değerlendirme sonuçlarına göre; Cu₂SO₄, ZnSO₄ ve Na₂SO₄ sarıçam ve kayında yanmaya dayanıklılık kazandırdığı bildirilmektedir [6].

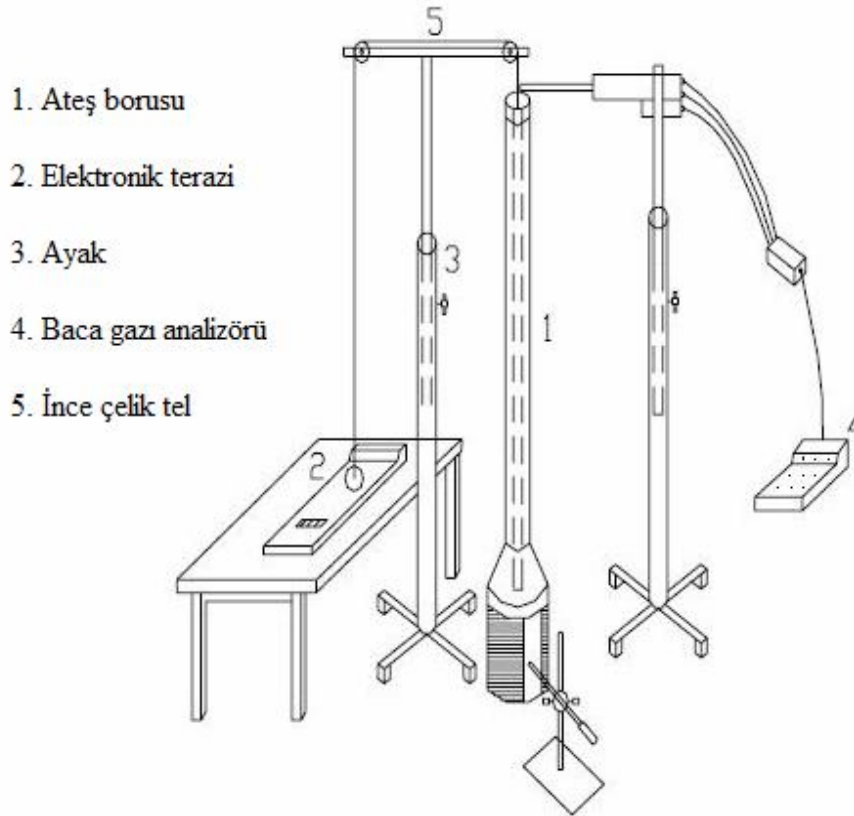
Bor bileşikleri ile emprenye edilmiş kayın ve sarıçam ağaçları kullanılarak yapılan yanma deneyleri sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak analizi neticesinde, yanmayı geciktirici ve/veya önleyici emprenye maddesi olarak Boraks-Borik Asit karışımı ve iğne yapraklı ağaç olan sarıçam ağacı daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir [7].

Farklı kimyasal maddelerin meşe ve kavak kombinasyonu ile üretilen 3 katmanlı lamine ağaç malzemenin yanma dayanıklılığı araştırılmıştır. ASTM-E 69 standardına göre yapılan testler sonucunda diamonyum fosfatla emprenye edilmiş ve melamin

üre formaldehitte yapıştirılmış lamine ağaç malzemelerin en iyi sonuçları verdiği belirtilmiştir [8].

2.2. AĞAÇ MALZEME YANMA DÜZENEKLERİ

Ateş borusu cihazı yaklaşık olarak 1928 yılında Amerika Birleşik Devletleri Orman Ürünleri Laboratuvarı'nda T.R. Truax ve C.A. Harrison tarafından geliştirilmiş olup, o zamandan beri ASTM içerisine alınmış bulunmaktadır. Ağaç malzemeyi yangına karşı koruyucu emprenye maddelerinin koruma etkisi üzerine yapıılmış deneylerde bu metottan faydalanılmıştır. Bu metot en fazla bilinen ve kullanılan metot olup, birçok ülkede uygulanmakta ve yangına karşı koruyucu maddelerle yapıılmış emprenye işleminin ağaç malzemeyi koruma etkisi hakkında en iyi fikri vermektedir. Böylece, yangına karşı koruyucu maddeler etki derecelerine göre sınıflara ayrılabilir [9].



Şekil 2.1. Ateş borusu yanma düzeneği tasarımı [9].

Ateş borusu cihazı ile yapılan deneylerde standart bir alev etkisi ile yanmakta olan ağaç malzemenin yanma ile meydana gelen ağırlık kaybı devamlı olarak ölçülerek

yanma hızı elde edilmektedir. Bu yöntemin klasik olduğu ve hassas ölçüm yapamayacağı düşünülerek deney standında değişiklik yapılmış, ağaç malzemede yanmadan dolayı meydana gelen ağırlık kaybı ölçümü Şekil 2.1'de gösterildiği gibi analitik hale getirilmiştir. Bu amaçla 0,01 g duyarlılıkta ölçüm yapabilen bir elektronik teraziden faydalanılmıştır. Ateş borusunun üst tarafına baca gazı analiz cihazı Testo 350-xl probu yerleştirilerek malzemenin yakılmasıyla meydana gelecek sıcaklık değişiminin ve yanma ürünü olarak açığa çıkan gazların ölçümü yapılmıştır [9].

Ağaç malzemenin yanma özelliklerinin literatürdeki önemi göz önüne alındığında mevcut yanma düzeneği günümüzde gelişen teknoloji ve artan isteklere cevap verememektedir. Manuel ölçme ve insan kaynaklı hataların en aza indirilmesi, yanma sonucu elde edilen parametrelerin hassasiyetinin artırılması için bilgisayar destekli yanma düzeneğine ihtiyaç duyulmaktadır.

Sarıçam odunu örneklerinden elde edilen deney örneklerinin üst yüzey işlemleri uygulanarak ağaç malzemelerin ASTM-E-69 standardına göre yapılan ateş borusu deneyleri sonucunda; yanma sırasında verniklerin yanmayı tetikleyici ve arttırıcı etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, vernik işlemlerinde kullanılan verniklerin yanmayı kolaylaştırıcı, yangın durumunda sıcaklığı arttırıcı özelliği ve yanma ürünü olan gazları arttırma özelliği göz önünde bulundurulmalıdır. Yangın riski bulunan ortamlarda vernik işlemi uygulanmamış malzemelerin kullanılması uygun olacaktır. Vernik uygulanacak ağaç malzemelere vernikleme öncesinde çeşitli emprenye maddeleri tatbik edilmeli ve verniklerin yanma durumundaki olumsuzlukları önlenmelidir [10].

Meşe odunu ile fenol formaldehit ve PVAc tutkalları ile üretilen 3 katmanlı LAM diamonyum fosfat, alüminyum sülfat, potasyum karbonat, kalsiyum klorür ve çinko klorür ile vakum metodu ile emprenye edilen örneklerin ASTM-E-69 standardına göre yapılan ateş borusu deneyleri sonucunda yangın geciktirici kimyasal olarak çinko klorür en iyi sonuçları vermiştir [11].

BÖLÜM 3

BİLGİSAYAR DESTEKLİ AĞAÇ MAZEME YANMA DÜZENEĞİNİN TASARLANMASI

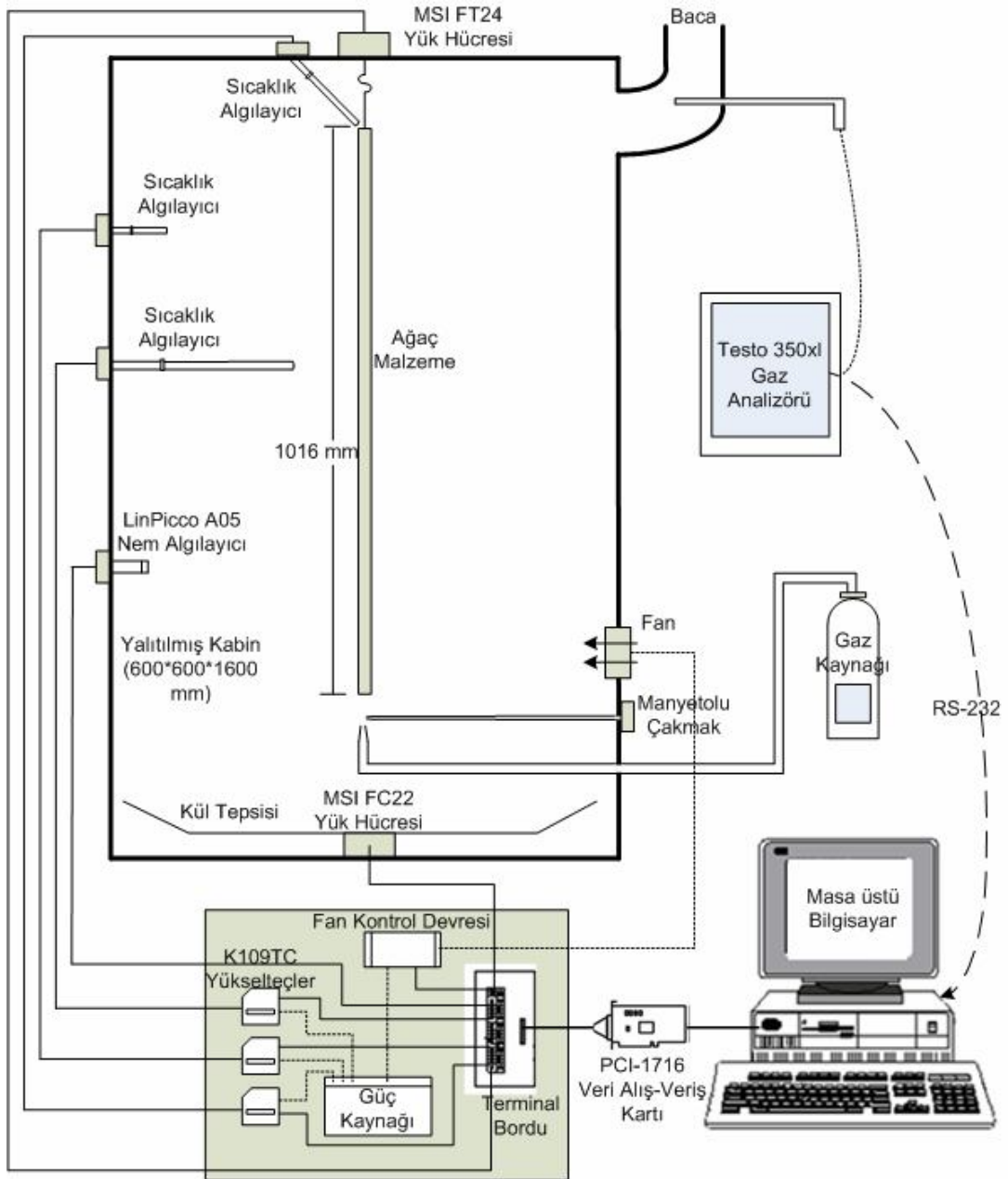
Ağaç malzeme yanma düzeneği teknolojik gelişmeler ışığında planlanarak tasarlanmıştır. Yanma düzeneğinin tasarımında kullanılan sistem ve malzemeler, yanma işleminin problemsiz gerçekleşmesini sağlayacak şekilde seçilmiştir. Yanma çalışmalarında kullanılan ağaç malzeme numuneleri, gerçekleştirilecek çalışmadan değerlendirme yapmamızı sağlayacak şekilde belirlenmiştir.

3.1. YANMA DÜZENEĞİ

Bilgisayar destekli yanma deney düzeneği ile manuel ölçme ve insan kaynaklı hataların en aza indirilmesi, yanma esnasında ölçülen parametrelerin ve yanma sürecinin en hassas şekilde izlenmesi hedeflenmektedir. Bu amaçla bilgisayar destekli ağaç malzeme yanma düzeneği tasarlanmıştır. Ağaç malzeme yanma performansının bulanık mantık ile izlenmesini sağlayan düzenek tasarımı Şekil 3.1’de verilmektedir. Mevcut düzeneklerde baca sıcaklığı, yanan parça kalan ağırlık oranı, yanan parça kül miktarı ve baca gazı (O_2 , CO , NO (azot monoksit), NO_2 (azot dioksit)) analizi yapılmaktadır. Tasarlanan bu düzenekle bu ölçümlerin yanı sıra yanan ağaç malzemenin üst ve orta kısmındaki sıcaklık ile yanma kabini içi nem miktarı ölçümü de sağlanmaktadır.

Yanma kabini sıcaklığı kabin içerisinde farklı üç noktaya yerleştirilmiş sıcaklık algılayıcısı ile ölçülerek bilgisayar ortamına gerçek zamanlı aktarılmaktadır. Kabinin üst tarafına yerleştirilen sıcaklık algılayıcı yanan ağaç malzemenin üst kısmındaki sıcaklık değişimini ölçmektedir. Yanma kabinin yan tarafına yerleştirilen sıcaklık algılayıcı yanan ağaç malzemenin orta kısmındaki sıcaklık değişimini ölçmektedir. Kabin içi ortam sıcaklığını ölçmek için de kabinin yan tarafına yerleştirilen sıcaklık

algılayıcı kullanılmaktadır. Algılayıcılardan ölçülen değerler ilgili yükselteçlerden geçirildikten sonra terminal kartına aktarılmaktadır. Çekme tipi yük hücresi ile yanan ağaç malzemenin kalan ağırlık oranının yüzde olarak değişimi ölçülmektedir. Basma tipi yük hücresi ile de oluşan kül miktarının ağırlığı ölçülmektedir. Düzeneğe yerleştirilen baca gaz analizi cihazı ile yanma sonucu ortaya çıkan bazı gazların ölçümü yapılmaktadır. Ölçülen bu değerler direkt olarak terminal kartına aktarılmaktadır.



Şekil 3.1. Ağaç malzeme yanma düzeneği tasarımı.

Bu sistem sayesinde meydana gelen ağırlık kayıpları ve ölçüm hataları en aza indirilerek daha doğru verilerin elde edildiği deney düzeneği oluşturulmuştur. Kabin içindeki nem miktarını ölçmek için nem algılayıcısından yararlanılmaktadır. Ölçülen değerler yine direkt olarak terminal kartına gönderilmektedir. Terminal kartına gelen tüm ölçüm değerleri buradan da veri alış-veriş kartı aracılığıyla alınıp işlenmek ve depolanmak üzere bilgisayar ortamına aktarılmaktadır.



Şekil 3.2. Ağaç malzeme yanma düzeneği genel görünümü.

Düzeneğin hava girişine yerleştirilen fan, nem algılayıcıdan gelen ölçüm değerine göre kontrol edilmektedir. Bu sayede düzenek içerisindeki hava akışı sağlanmaktadır. Ölçüm verileri deney çalışması sonunda sonraki çalışmalarda değerlendirilmek üzere kayıt altına alınıp saklanmaktadır. Bu sayede ileride yapılacak çalışmaların doğruluğu deneysel tecrübelerle kontrol edilebilecektir. Şekil 3.2’ de ağaç malzeme yanma düzeneği genel görünümü verilmektedir.

Yanma deneyi süresince ölçülen değerler ve bulanık çıkarım yöntemi ile deneyin gerçek zamanlı performansı değerlendirilerek oluşabilecek hatalar tespit edilmektedir. Bu çalışma ile oluşan hataların azaltılması ve yanma sürecinin etkin bir şekilde izlenmesi gerçekleştirilmektedir. Hataların önceden tahmin edilmesi özellikle zaman ve iş gücünden tasarruf sağlamaktadır. Bu sayede düzenek, ağaç malzeme koruma teknolojisi ve ağaç malzemenin yanma özelliklerinin belirlenmesi alanında rahatlıkla kullanılabilir.

3.2. YANMA DÜZENEĞİNDE KULLANILAN MATERYALLER

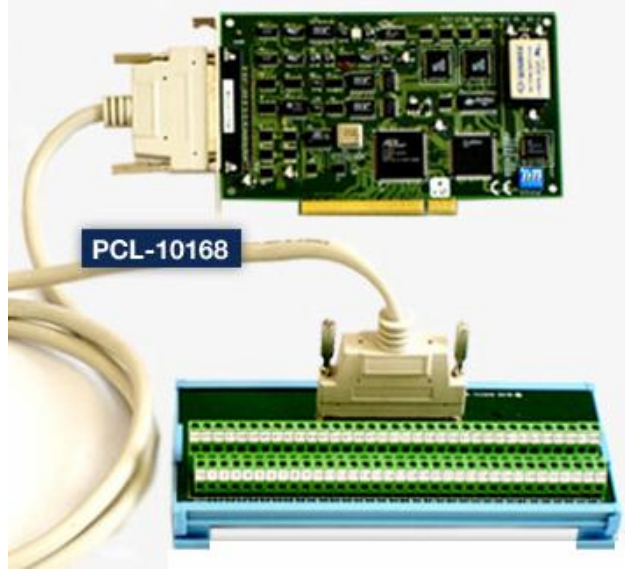
3.2.1. Veri Alış-Veriş ve Terminal Kartı

Algılayıcılardan gelen ölçümler, öncelikle terminal kartına alınmakta ardından özel kablo bağlantısı ile Advantech firmasına ait PCI-1716 veri alış-veriş kartı tarafından bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Terminal kartı olarak 68 pinli kablo terminal modülü olan, veri alış-veriş kartları ile hızlı ve güvenli iletişim imkanı sunan bir kart kullanılmaktadır.

Veri alış-veriş kartı ile terminal kartı arasındaki korumalı kablo daha iyi sinyal kalitesi için dolanmış çift kablodur. Bu sayede çapraz-karışma ve diğer sinyal kaynaklarından gelen gürültüler azaltılmış olur. Bu kabloda analog ve sayısal hatlar birbirinden ayrı kaplamalı ve korumalı yapılmıştır.

PCI-1716 veri alış-veriş kartı, PCI (Peripheral Component Interconnect) veriyolu için güçlü, yüksek çözünürlüklü ve çok işlevli veri alış-veriş kartıdır. 250 kHz örnekleme zamanlı 16 bit A/D (Analog/Digital) dönüştürücüye sahiptir. 16 adet

analog giriş, 2 adet analog çıkış bunun yanı sıra 16 adet sayısal giriş ve 16 adet sayısal çıkış kanalına sahiptir. Bu yapıyla kullanılan kart farklı kullanıcı ihtiyaçlarına özel fonksiyonlar sağlamaktadır [12]. Şekil 3.3'te veri alış-veriş kartı ve terminal kartı verilmektedir.



Şekil 3.3. Veri alış-veriş ve terminal kartı.

3.2.2. Sıcaklık Ölçümleri

Düzenek üzerinde yapılan sıcaklık ölçümleri için Elimko firmasına ait J tipi sıcaklık algılayıcıları kullanılmaktadır. Bu sıcaklık algılayıcılar ekli tip olup, metal koruyuculu ve rekor bağlantılı montajdır. Kafa ile rekor arası standart 120 mm'dir. Düzeneğin yan kısmında bulunan ve ortam sıcaklığını ölçmede kullandığımız sıcaklık algılayıcı 0-600 °C arasında ölçüm yapabilmektedir. Düzeneğin üst ve yan kısmında bulunan ve ağaç malzemenin üst ve orta kısmındaki sıcaklıklarını ölçmede kullanılan sıcaklık algılayıcılar ise 0-1200 °C arasında ölçüm yapabilmektedir. Sıcaklık algılayıcılardan alınan ölçüm sonuçları Seneca firmasına ait K109TC yükselteçler üzerinden geçirildikten sonra terminal kartına aktarılmaktadır. Sıcaklık algılayıcılar ile yükselteçler arasındaki bağlantılar özel kablolar kullanılarak yapılmıştır. Bu kablolar sıcaklık algılayıcı kompanzasyon kabloları olarak bilinmektedir. Kompanzasyon kablolarının iletkenleri yine sıcaklık algılayıcı eleman telinin özelliklerine yakın özel alaşımlardır. Sıcaklık bilgisi sıcaklık algılayıcıdan

yükseltece kompanzasyon kabloları sayesinde daha uygun olarak taşınmış olur. Şekil 3.4. a)'da kullanılan sıcaklık algılayıcıya Şekil 3.4. b)'de ise sıcaklık algılayıcı yükselteciye ait görüntüler verilmiştir.



(a) Elimko sıcaklık algılayıcı



(b) Seneca sıcaklık algılayıcı yükselteci

Şekil 3.4. Sıcaklık algılayıcısı ve yükselteci.

Yükselteçler, sıcaklık algılayıcı tarafından okunan sıcaklık sinyalini gerilim ya da akım sinyaline dönüştürmek için kullanılır. Yükselteç 19,2-30 V giriş gerilimi ile beslenmekte ve maksimum 25 mA çıkış vermektedir. Aynı zamanda çıkış gerilimi olarak 0-5 V, 1-5 V, 0-10 V ve 10-0 V verebilmektedir. Çıkış gerilimi için 1 mV çözünürlüğe, 14 bit A/D dönüştürücüye ve % 0.1 hata oranına sahiptir. Sıcaklık algılayıcıları lineer ölçüm sağlar. Örneğin 200 °C'de 1 volt çıkış verirken, 400 °C'de 2 volt çıkış verir. Sıcaklık algılayıcılarının çıkışını yükseltmek için kullanılan yükselteçler terminal kartına 0-5 V arası çıkış göndermektedir. Çizelge 3.1'de sıcaklık yükselteciye ait teknik özellikler verilmektedir.

Çizelge 3.1. Sıcaklık algılayıcı yükseltecinin teknik özellikleri.

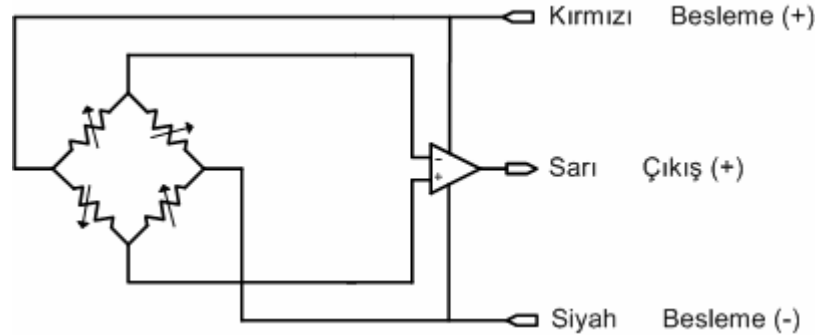
Güç kaynağı	19,2..30 V
Çıkış gerilimi	0..5 V, 1..5 V, 0..10 V
Çıkış akımı	0..20 mA, 4..20 mA, 20..0 mA
Maksimum gerilim	Yaklaşık olarak 12,5 V
Maksimum akım	Yaklaşık olarak 25 mA
Çözünürlük	Gerilim çıkış için: 1 mV, akım çıkışı için: 2 A
Hata	mA ya da 5 V çıkış: 350 ppm
Çalışma koşulları	Sıcaklık: -20..+65 °C, Nem: % 10..90

3.2.3. Ağırlık Ölçümleri

Yanma düzeneğinde yanan ağaç malzemenin kalan ağırlık oranını ölçmek için Şekil 3.5’de verilen Measurement Specialties firmasına ait çekme tipi ağırlık algılayıcı kullanılmaktadır. Bu ağırlık algılayıcı düşük ölçümlü işlemlerde ve birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. 0-4500 g arasında ölçüm yapabilirken, % 0,05 den daha küçük hassasiyete sahiptir. 3,3-5 V arası gerilim ile beslenmekte ve 0,5-4,5 V arası çıkış vermektedir. Ağırlık algılayıcıları lineer ölçüm sağlar. Algılayıcının sahip olduğu yükselteç ile dönüştürülmüş çıkış kablo yapısı Şekil 3.6’da verilmektedir.



Şekil 3.5. Çekme tipi ağırlık algılayıcı.



Şekil 3.6. Çekme tipi ağırlık algılayıcı dönüştürülmüş çıkış kablo yapısı.

Deney düzeneğinde ağaç malzemenin yanması sonucu oluşan kül ağırlığını ölçmek için Şekil 3.7’de verilen Measurement Specialties firmasına ait basma tipi ağırlık algılayıcı kullanılmaktadır. Bu ağırlık algılayıcı her türlü ölçüm uygulamalarında yüksek güvenilirlik ve doğruluk sağlamaktadır. 0-4500 g arasında ölçüm yapabilirken, % 0,05 den daha küçük hassasiyete sahiptir. 3,3-5 V arası gerilim ile beslenmekte ve 0,5-4,5 V arası çıkış vermektedir. Algılayıcının sahip olduğu

yükselteç ile dönüştürülmüş çıkış kablo yapısı (Bkz. Şekil 3.6) çekme tipi modeli ile aynıdır.



Şekil 3.7. Basma tipi ağırlık algılayıcı.

3.2.4. Nem Ölçümü

Düzenek içerisindeki nem miktarını yüzde olarak ölçmek için LinPicco A05 nem algılayıcı kullanılmıştır. Algılayıcı bağıl nemi % 0-100 aralığında ölçmektedir. % 3 doğruluk ile çalışmakta, 8-32 V arası gerilim ile beslenmekte ve 0-5 V arası çıkış vermektedir. Nem algılayıcı üzerinde kendi yükselteci olduğu için çıkış değeri terminal kartına direkt olarak iletilmektedir. Çalışmalarda kullanılan nem algılayıcı görüntüsü Şekil 3.8’de verilmektedir.



Şekil 3.8. Nem algılayıcı.

3.2.5. Yanma Kabini Tasarımı

Yanma kabini, eni 60, derinliği 60 ve boyu 160 cm olacak şekilde kaplamalı MDF (Medium Density Fiberboard)’den yapılmıştır. Kabinin iç yüzeyine çıtalar çakılmış ve bu çıtaların arasına yalıtımı sağlamak için cam yünü koyulmuştur. Daha sonra

cam yününün üstü de kalıp halinde hazırlanan galvanizli sac ile kaplanmıştır. Yanma kabinin kapağı da aynı malzemelerden hazırlanıp üzerine yüksek ısıya dayanıklı temperli cam yerleştirilmiştir ve menteşelerle düzeneğe monte edilmiştir. Kapakla kabin arasına yalıtımı sağlamak için fitiller çekilerek silikonla desteklenmektedir.



Şekil 3.9. Ağaç malzeme yanma kabini.

Ağaç malzeme yanma düzeneğinin içerisinde hava akışını sağlamak için kabinin ön tarafına fan girişi açılmış ve fan yerleştirilmiştir. Gaz kaynağı için kabinin yan tarafından bir giriş açılmıştır. Manyetolu çakmak için de yine kabinin aynı tarafından bir giriş açılmıştır. Nem, sıcaklık ve ağırlık algılayıcıları için düzenek üzerinde belirlenen noktalarda girişler açılarak istenilen ölçüm sonuçlarının alınabilmesi sağlanmıştır. Şekil 3.9’da ağaç malzeme yanma kabini görünümü verilmektedir.

3.3. DENEY NUMUNELERİ VE HAZIRLANMASI

Yanma çalışmalarında genellikle sarıçam, kayın, meşe, göknar, kestane, ıhlamur, sapelli, kavak ve ceviz gibi ağaç malzemeler kullanılmaktadır. Bu çalışmada ağaç malzeme olarak iğne yapraklı sarıçam ve geniş yapraklı doğu kayını olmak üzere iki tür ağaç malzeme kullanılmıştır. Ağaç malzemeler, piyasadan rasgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir. Rasgele seçim yöntemi, elde edilmesi istenen bilgide farklılık yaratacak herhangi faktörün olmadığı, kitledeki deneklere ulaşmanın olanaklı olduğu durumlarda örneklem oluşturulmasıdır.



Şekil 3.10. Sarıçam ve doğu kayını deney numuneleri.

Deneysel örneklerinin hazırlanmasında sarıçam ve doğu kayını ağaçlarından seçilen örnekler, TS (Türk Standardı) 345, TS 1476 standartlarına göre, ağacı temsil edecek

şekilde budaksız, ardaksız, sağlam, düzgün lifli, diri odun kısmından, reçinesi ve büyüme kusuru bulunmayan parçalardan seçilerek hazırlanmıştır. Deney numune ölçüleri ASTM-E-69'a göre $9,5 \times 19 \times 1016 \text{ mm} \pm 0,8 \text{ mm}$ boyutlarında düzgün şekilde kesilmektedir. ASTM-E-69'a göre yanma testi yapılacak malzemelerin rutubeti tam kuru ağırlığına oranla $\%12 \pm 3$ olması gerekmektedir. Bunun için örnekler iklimlendirme dolabında $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ve $\%65 \pm 5$ bağıl nemde $\%12$ rutubet dengesi oluşuncaya kadar kurutulmaktadır. Numunelere ait görüntüler Şekil 3.10'da verilmektedir.

Örneklerin hazırlanma işlemi Karabük Üniversitesi Safranbolu Meslek Yüksekokulu Uygulama Atölyesi ve Ahşap Kültürünü Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Belirtilen şartlara uygun olarak seçilen sarıçam ve doğu kayını ağaç malzemeleri istenilen boyutlarda olacak şekilde 10'ar adet hazırlanmıştır.

3.4. AĞAÇ MALZEME YANMA DÜZENİNDE PERFORMANS İZLEME İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER

Bulanık mantığın yanma çalışmalarında deney performansının izlenmesi ve hataların tespit edilmesinde kullanılabileceği bulanık mantık ve yanma konusunda alanında uzman kişilerle görüşülerek belirlenmiştir. Bulanık mantık, yanma konusunda uzman kişinin bilgisinin, dilsel ifadeler haline getirilerek kullanılmasını sağlar. Bu özellik bulanık mantığa büyük bir esneklik sağlar. Bu sayede yanma performansı belirlenmesi, izlenmesi ve hataların tespit edilmesi çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılabilir.

3.4.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık yapay zeka uygulamalarında en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bulanık mantık, elektrikli ev aletlerinden oto elektriğine, gündelik kullandığımız iş makinelerinden, üretim mühendisliğine, endüstriyel teknolojilerden, otomasyona kadar aklımıza gelebilecek her yerde kendisine uygulama alanı bulmuştur. Bulanık mantık, sonuç analizi yapılan çalışmalarda ve hataların tespit edilmesinde başarıyla kullanılmaktadır. Genel olarak yapay zeka teknikleri, insanlar tarafından gerçekleştirilmiş, örnekleri (gerçek beyin fonksiyonlarının ürünü olan örnekleri)

kullanarak olayları öğrenebilen, çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler üretileceğini belirleyebilen bilgisayar sistemleridir. İnsan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde, öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve eniyileme gibi konularda başarılı bir şekilde uygulanmaktadırlar. Örneklerden elde ettikleri bilgiler ile kendi deneyimlerini oluşturur ve daha sonra, benzer konularda benzer kararları verirler [13].

Yapay zeka programları, problemleri çözerken belirli bir algoritma yerine sembolik ve sezgisel kuralları kullanırlar. Genellikle, tam olarak ve matematiksel olarak formülize edilemeyen problemlerin çözülmesinde kullanılırlar. Problemleri çözdükçe tecrübe kazanarak olayları öğrenebilirler. Bu sistemler tamamen bilgiyi kullandıklarından, en fazla o bilgiyi sağlayan şahıs veya şahıslar kadar zeki olabilirler. Geleneksel programlardan en önemli farklılıklarından birisi de, bu sistemlerin yanlış yapabilme olasılıklarının olmasıdır. Eğer sağlanan bilgi doğru değil ise, yanlış bilgiyi kullanarak yanlış çözümler üretmeleri de söz konusu olabilir. Bu sistemlerin bir diğer özelliği ise, belirsiz, eksik veya tamamı bilinmeyen bilgiler altında da karar verebilmeleridir [14].

Yanma işleminin kontrol edilmesinde kullanılan yöntemlerden biri de yapay zeka teknikleridir. Yapay zeka teknikleri yanma işleminin izlenmesi, kontrol edilmesi ve modellenmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Yanma işlemlerinde yapay zekanın nasıl bir çözüm sağladığı ve uygulamalı olarak anlaşılması çalışılmıştır [15].

Yapay zeka yöntemlerinden bir diğeri olan yapay sinir ağları, birbirine bağlı çok sayıda işlem elemanlarından oluşmuş, genellikle paralel işleyen yapılar olarak adlandırılabilir. Yapay sinir ağlarındaki işlem elemanları basit sinirler olarak adlandırılır. Bir yapay sinir ağı, birbirleriyle bağlantılı, çok sayıda düğümlerden oluşur. İnsan beyni gibi öğrenme, hatırlama ve genelleme yeteneğine sahiptirler. Temel birimi işlem elemanı ya da düğüm olarak adlandırılan yapay bir sinirdir [16].

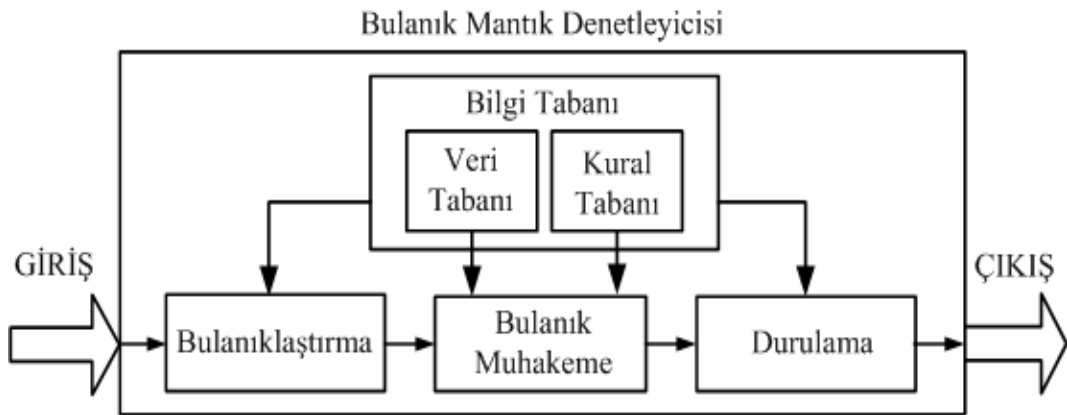
Yapay sinir ağları yanma işleminin izlenmesinde ve hata tespitinde en hızlı sonuç veren yöntemdir. Çok az bir veri ile sonuç elde edilebilmektedir. Ancak hatalı duruma ait verilerin elde edilmesi ve bu veriler ile sinir ağının eğitilmesi

gerekmektedir. Ağın eğitimi uzun bir zaman içerisinde yapılmaktadır. Yapay sinir ağı eğitildiği veriler haricinde verilerle karşılaştığında hatalı veya anlamsız sonuçlar verebilmektedir [17].

Yapay sinir ağları kömür ateşli kazanlarda kl miktarlarının tahmin edilmesinde sistematik bir yaklaşım olarak kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, problem mantıksal bölümlere ayrıştırılmış ve karmaşık veri kullanımından kaçınılmıştır. Burada geliştirilen sinir ağları uygulamalarının genel ilkeleri diğer yanma uygulamalarında kullanılabileceği görülmüştür [18].

Sinir ağı kontrol sisteminin ilkeleri ve fonksiyonları elik ısıtma fırınları için uygulanmıştır. Kontrol durumu ve elik ısıtma fırını kontrol sisteminin yanma özellikleri belirlenmiştir. Gerçek zamanlı denetim sonuçları kontrol amacının uygulanabilir ve etkili olduğunu göstermiştir [19].

Bulanık mantık bir yapay zeka uygulaması oluşturma prensibidir ve temel olan bir sonuca varmaktır. Bulanık mantık uygulaması aynı giriş değerlerinde farklı sonuç değerleri döndürebilir. Bulanık mantığın özünde yaşamın belirsizliklerle dolu olması yatar. Bulanık mantığın tek sakıncası kesin sonuç vermemesidir. Bu bulanık mantığın doğal yapısından kaynaklanmaktadır [20]. Bulanık mantık denetleyicisi blok şeması Şekil 3.11'de verilmektedir.



Şekil 3.11. Bulanık mantık denetleyicisi blok şeması.

Sunta elastikiyet katsayısı ve kırılma katsayısı değerlerini tahmin etmek için bulanık

mantık sınıflandırıcısına dayanan bir model oluşturulmuştur. Bu değerler kullanılarak giriş-çıkış değerleri ve bulanık mantık sınıflandırıcı kural tabanı belirlenmiştir. Matlab Simulink’de hazırlanan bu model ile elastikiyet ve kırılma katsayıları yongaların karışım oranı için tahmin edilmiştir [21].

Bulanık mantık denetleyici dilsel kontrol stratejisini dönüştürücü bir anlam taşır. Bulanık mantık denetleyiciyi oluşturan genel bir yöntem ve performans değeri tanımlanmıştır. Özellikle bulanıklaştırma ve durulama stratejisine, veritabanı ve bulanık kontrol kuralları kaynağına, bulanık çıkarım tanımına ve bulanık düşünme analiz mekanizmasına dikkat çekilmiştir [22].

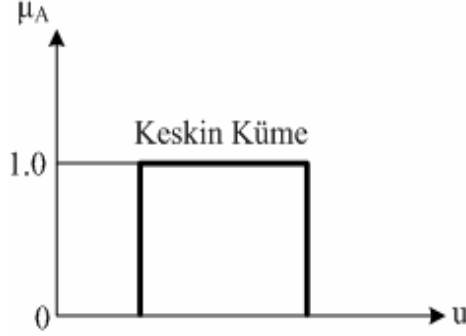
Bulanık mantık denetleyici ile gerçek zaman kontrollü düşürücü tip DA-DA (Doğru Akım) dönüştürücü tasarımı gerçekleştirilmiştir. DA-DA dönüştürücü devresi ve bu devreyle birlikte çalışacak Matlab Simulink gerçek zamanlı modeli hazırlanmıştır. Gerçek zamanlı kontrol için RTWT (Real Time Windows Target)’den yararlanılmıştır. Tasarlanan devreyle Simulink modelinin iletişimi için veri alış-veriş kartı kullanılmıştır. Modelde kullanılan bulanık mantık denetleyiciye hazırlanan bulanık çıkarım sistemi gömülmüştür [23].

Bulanık mantık ve yapay sinir ağı kullanılarak alternatör hataları gerçek zamanlı olarak tespit edilmiştir. Hataları tespit için akım, akü gerilimi, alternatör gerilimi ve alternatörün devir sayısı ölçülmüştür. Alternatör hata tespit sınıflandırması ölçülen bu değerlere göre akıllı bir çıkarım sistemi oluşturularak uygulanmıştır [24].

İçten yanmalı motorlar için uzman sistem temelli, gerçek zamanlı hata teşhis sistemi geliştirilmiştir. İçten yanmalı motorlara ait; motor devri, motor sıcaklığı, yakıt sıcaklığı, şarj sisteminin akım ve gerilimi, yağ sıcaklığı ve egzoz emisyonları ölçülerek veri alış verişi kartı ile bilgisayara aktarılmaktadır. İçten yanmalı motorlara ait yedi arıza başarıyla tespit edilmiştir. Ayrıca içten yanmalı motorların kondisyonu da gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir. Uzman sistem yazılımı, kullanıcı ara yüzü görsel bir programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir [25].

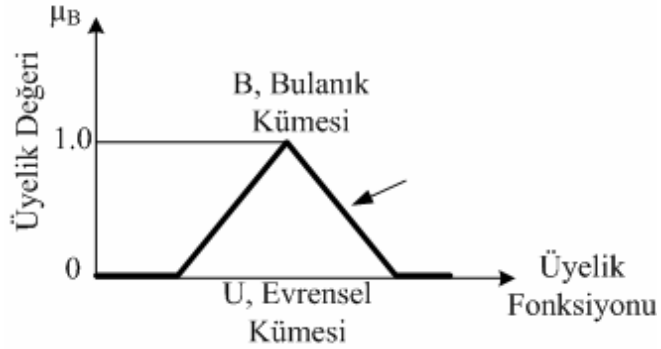
3.4.1.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonları

Klasik kümelerde bir eleman o kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Her hangi bir elemanın kümeye kısmi üyeliği mümkün değildir. Yani elemanın kümenin elemanı ise 1 değerini, değilse 0 değerini alır. Keskin küme örneği Şekil 3.12’de verilmektedir.



Şekil 3.12. Keskin küme örneği.

Bulanık kümeler ise küme elemanlarının kısmi üyeliğine izin verirler. Bulanık kümenin elemanlarının alacağı üyelik değerleri (0-1) aralığındadır. Bu nedenle, bulanık bir küme her bir elemanın üyeliğinin derecelendirilebildiği keskin bir kümenin genelleştirilmiş halidir. U evrensel kümesinde B diye tanımlanan bir bulanık küme üyelik fonksiyonu $\mu_B(x)$ tarafından karakterize edilir [26-27]. Bulanık küme örneği Şekil 3.13’de verilmektedir.



Şekil 3.13. Bulanık küme örneği.

U, evrensel kümeyi, u ise bu evrensel küme içerisindeki bir elemanı temsil eder. Eşitlik 3.1’de verildiği üzere U evrensel kümesinde, B bulanık kümesi üyelik

fonksiyonu ile tanımlanır.

$$\mu_B : U \rightarrow [0,1] \quad (3.1)$$

U evrensel kümesi içerisindeki bir B bulanık kümesi Eşitlik 3.2’de verildiği üzere genellikle u elemanlarının ve bu elemanların üyelik derecelerinin sıralı çiftlerinden oluşan bir küme ile temsil edilirler.

$$B = \{(u, \mu_B(u) | u \in U)\} \quad (3.2)$$

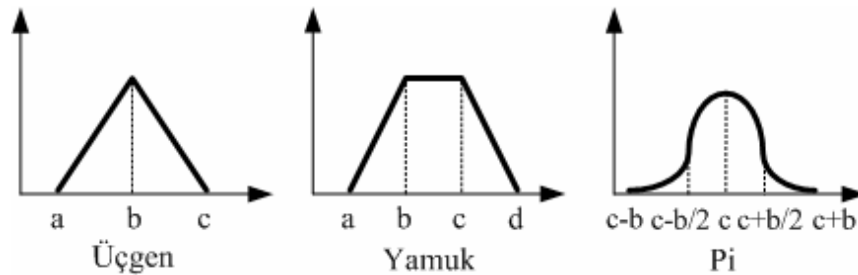
U sürekli ise, B bulanık kümesi Eşitlik 3.3’te gösterildiği gibi ifade edilir. Bu eşitlikte integral işareti üyelik fonksiyonu $\mu_B(u)$ ile ilişkilendirilmiş $u \in U$ olan bütün noktaların toplamını gösterir.

$$B = \int_U \mu_B(u) / u \quad (3.3)$$

U ayrık ise, B bulanık kümesi Eşitlik 3.4’te gösterildiği gibi ifade edilir. Bu eşitlikte toplama işareti, üyelik fonksiyonu $\mu_B(u)$ ile ilişkilendirilmiş $x \in U$ olan bütün noktaların toplamını gösterir [14].

$$B = \sum \mu_B(u_i) / u_i \quad (3.4)$$

Bir bulanık küme, elemanlarının üyelik değerini belirlemek için üyelik fonksiyonu olarak adlandırılan üçgen, yamuk, pi v.b. fonksiyonlar kullanılır. Tasarlanan sistemin özelliğine göre uygun bir üyelik fonksiyonu da tanımlanabilir. Şekil 3.14’te üçgen, yamuk ve pi üyelik fonksiyonlarına ait grafikler verilmektedir.



Şekil 3.14. Üyelik fonksiyonları grafikleri.

Eşitlik 3.5, 3.6 ve 3.7’de üyelik fonksiyonlarına ait denklemler verilmektedir.

$$\tilde{U}(u; a, b, c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ (u - a)/(b - a) & a \leq u \leq b \\ (c - u)/(c - b) & b \leq u \leq c \\ 0 & u > c \end{cases} \quad (3.5)$$

$$Y(u; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & u < a \\ (u - a)/(b - a) & a \leq u < b \\ 1 & b \leq u \leq c \\ (d - u)/(d - c) & c < u \leq d \\ 0 & u > d \end{cases} \quad (3.6)$$

$$\pi(u; b, c) = \begin{cases} S(u; c - b, c - b/2, c) & u \leq c \\ 1 - S(u; c, c + b/2, c + b) & u \geq c \end{cases} \quad (3.7)$$

3.4.1.2. Bulanık Çıkarım

Kural tabanı, giriş çıkış arasındaki bağıntıyı tanımlayan bir dizi bulanık kuralları içermektedir. Genel olarak herhangi bir sözel değişken için bulanık kuralların üç genel biçimi vardır. Bunlar:

- Atama cümleleri
- Şart cümleleri
- Şartsız cümleler

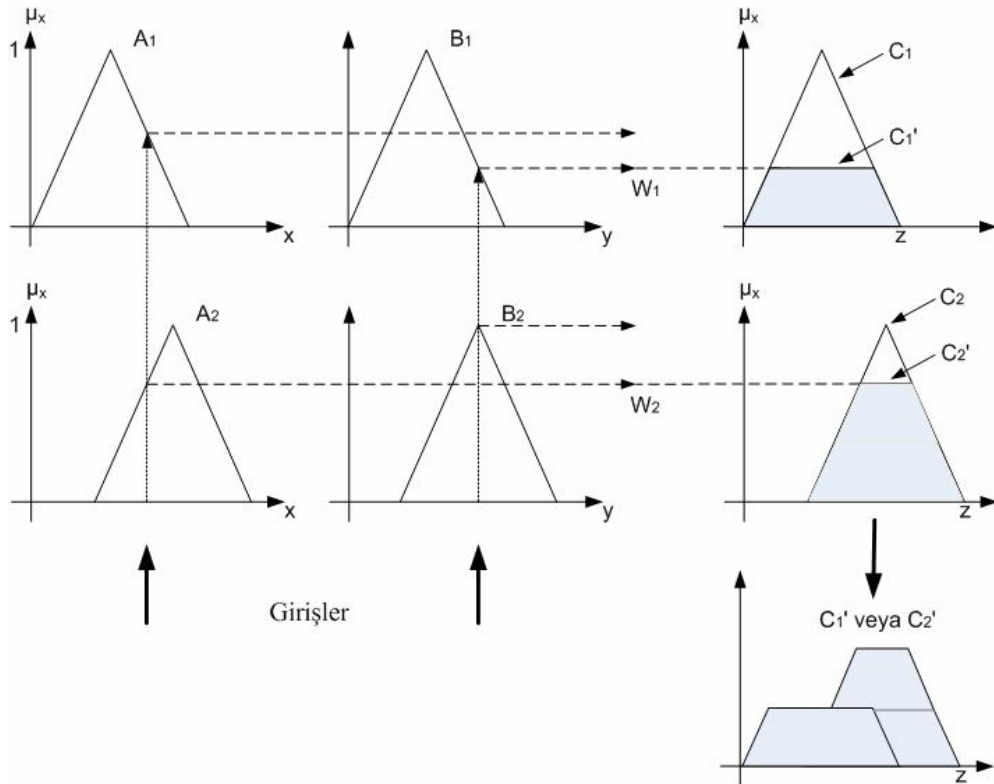
Bulanık kurallar şart cümleleri kümesidir. Bu nedenle şartlı kısıtlayıcı cümleler olarak kabul edilebilirler. Bulanık kontrol kuralları, bulanık IF THEN (Eğer İse) kuralları topluluğu ile temsil edilirler. Bulanık kontrol kuralları topluluğu sistemin basit giriş-çıkış ilişkisini belirler. Bulanık kontrol kurallarının genel formu çok-girişli tek-çıkışlı sistemde olduğu gibidir. IF-THEN, ile ifade edilen bulanık mantık kuralları aslında bulanık ilişkiyi ifade eder [14].

Eşitlik 3.8’de verilen x, y, z dilsel değişkenlerdir. A_i, B_i, C_i sırasıyla x, y, z dilsel

değişkenlerinin, dilsel değişken değerleridir. $i = 1, 2, \dots, n$ kural indisidir. Denetimi yapılan sistemi kullanan uzman operatörün kullandığı dilsel niteleyiciler ve kurallar kullanılarak sembolik sonuçlar elde edilir. Veri tabanı ve karar verme mantığı kullanılmaktadır. Veri tabanı, bulanık kümelerin giriş-çıkış değişkenleri ile üyelik işlevini, kural tabanı ise bulanık kural cümlelerini içerir [16].

$$R^i : \text{IF } x \text{ is } A_i, \dots, \text{AND } y \text{ is } B_i \text{ THEN } z = C_i \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (3.8)$$

Çıkarım birimi bulanık kurallarla bulanık çıkarım gerçekleştiren birimdir. Bu birim insanların düşündüğü şekle benzeyen işlem gerçekleştirir. Bulanık çıkarım için birçok farklı yapı bulunmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanı Mamdani çıkarım yöntemidir. Bu yöntemde her bir giriş değeri için ait olduğu yükseklik üyelik derecesine bağlı olarak ilgili bulanık kümenin üyelik değerinin üstündeki kısmı kesilir. Çıkış değeri, elde edilen bu bulanık kümelere genellikle ağırlık ortalaması yönteminin uygulanmasıyla bulunur [16]. Mamdani çıkarım yöntemi Şekil 3.15'te verilmektedir.

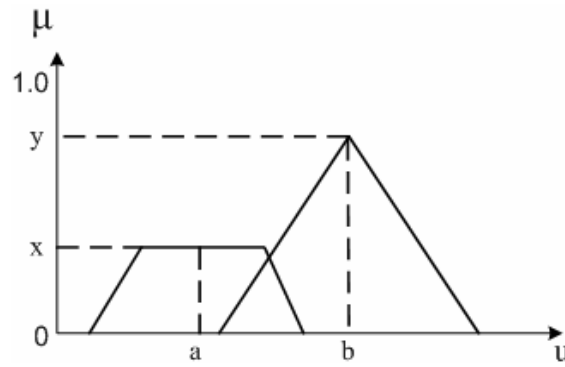


Şekil 3.15. Mamdani çıkarım yöntemi.

Bulanık çıkarım sonucunda bulanık bir küme oluşur. Bu sonucun analog bir değere dönüştürülmesi gerekir. Bu işleme durulama adı verilir. Durulama birimi karar verme biriminden gelen bulanık bir bilgiden bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değerlerin elde edilmesini sağlar. Durulama işleminde değişik yöntemler kullanılmaktadır. En çok kullanılan yöntemler şunlardır;

- Ağırlık ortalaması yöntemi
- Maksimum üyelik yöntemi
- Ortalama maksimum üyelik yöntemi
- Ağırlık merkezi yöntemi

Ağırlık ortalaması yönteminde girişlerden elde edilen bütün bulanık değerler ile üyelik değeri kullanılarak durulama yapılmaktadır. Bu yöntem sadece simetrik çıkış üyelik fonksiyonları için kullanılabilir, simetrik olmayan çıkış üyelik fonksiyonları için kullanılamaz [16]. Ağırlık ortalaması yöntemi hesaplama grafiği Şekil 3.16'da verilmektedir.



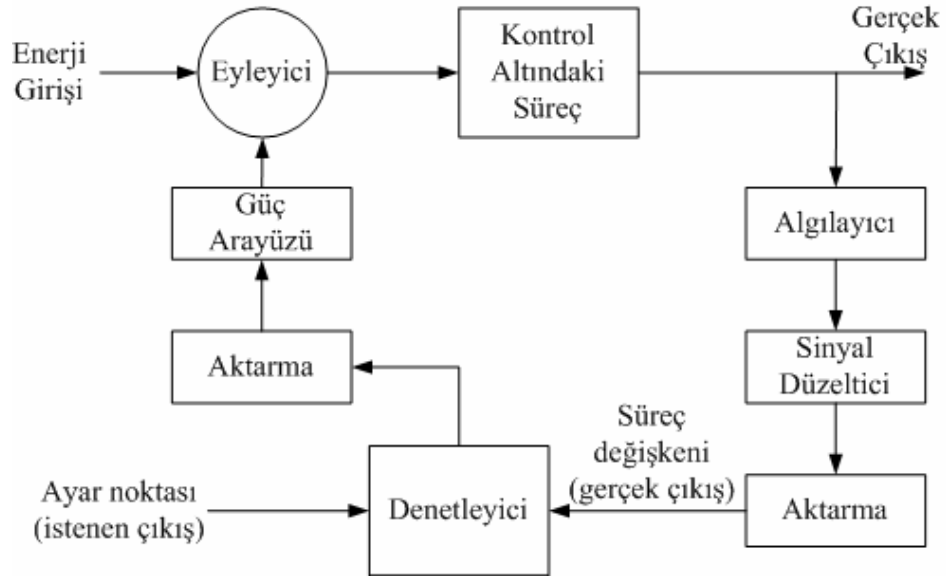
Şekil 3.16. Ağırlık ortalaması yöntemi.

$$z = \frac{(a * x) + (b * y)}{x + y} \quad (3.9)$$

Eşitlik 3.9'da ağırlık ortalaması durulaştırma yöntemi denklemi verilmektedir. Denklemden x, y üyelik fonksiyonlarının maksimum değerini, a, b sırasıyla x ve y üyelik fonksiyonlarının orta noktalarını, z ise çıkış değerini göstermektedir.

3.4.2. Süreç Denetimi

Süreç denetim sistemi, maddeleri fiziksel ya da kimyasal olarak değiştirmek için gerekli fonksiyon ve işlemler olarak tanımlanabilir. Süreç denetimi, endüstride ürünlerin üretimi veya işlenmesini ifade eder. Her işlem birden fazla denetimi ya da dinamik değişkeni içerir. Denetim değişkeni sabit tutulmaya çalışılan değişkendir. Süreçler ayrıca birden daha fazla ayarlanan değişken ya da denetim etkenine sahiptir. Ayarlanan değişken, süreci düzenlemek için kullandığımız değişkendir. Ayarlanan değişken özellikle denetim değişkenini sabit tutmamızı sağlar. Denetim ve ayarlanan değişkenlere örnek olarak sıcaklık, nem, ağırlık, basınç, sıvı akışı ve sıvı seviyesi verilebilir [28].



Şekil 3.17. Kapalı çevrim süreç denetim sistemi.

Süreç denetim genel olarak açık ve kapalı çevrim denetim olmak üzere iki gruba ayrılır. Kapalı tip çevrim ölçümlerinde değişkenler denetim altında tutulur. Şekil 3.17'de kapalı çevrim süreç denetim sistemi verilmektedir. İyi tasarlanmış süreç denetim sistemleri hem maddi hem de zaman olarak büyük kazançlar getirir. Hataları azaltarak ürün kalitesinin artırılmasını ve iş güvenliğinin daha iyi olmasını sağlar. Bu avantajlarından dolayı özel süreç denetim sistemlerine üretim endüstrisinde sık sık rastlanır. Önleyici ve düzeltici bakım görevleri sistemin karmaşıklığı ile doğrudan değişmektedir. Bu nedenle, teknisyenler süreç denetim sistemleri arkasında sağlam

bir kavrayışa sahip olmalıdır. Otomatik denetim ayrıca aşırı ve tehlikeli koşullarda çalışma sağlar. Bu avantajlar otomatik denetim sisteminin, önemli insan müdahalesi olmadan bazı önemli süreç parametrelerini istenilen değerde tutmak üzere tasarlanmış olmasından sağlanır [29].

Süreç denetim sistemleri üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. Süreç denetim sistemlerinde bulanık mantık kullanılarak bitki sinterlemeye ilişkin durumlar araştırılmıştır [30]. Yine bir çalışmada ölçüm laboratuvarında bulanık mantık süreç denetimi ile termal konfor bakım uygulaması çalışılmıştır [31]. Başka bir çalışmada ise bulanık mantık süreç denetimi için deneysel araştırmalar yapılmıştır [32]. Atık su arıtma tesisleri için gerçek zamanlı gelişmiş süreç izleme teknikleri tasarımı ve uygulaması çalışmalarla sunulmuştur [33]. Isıtma ve enerji santrali için dağıtılmış gerçek zamanlı süreç denetimi tasarımı gerçekleştirilmiştir [34].

BÖLÜM 4

YANMA PERFORMANSININ BULANIK MANTIK İLE İZLENMESİ

Yanma performansının bulanık mantık ile izlenmesi için öncelikle Matlab Simulink ortamında yanma modeli oluşturulmuştur. Bu model sayesinde düzenek üzerinden alınan verilerin istenen örnekleme zamanında gerçek zamanlı bilgisayar ortamına aktarılması sağlanmaktadır. Daha sonra hazırlanan kullanıcı arayüzlü yazılım tasarımı ile de verilerin veri alış-veriş kartından alınarak gerçek zamanlı işlenmesi ve depolanması gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan yazılım sayesinde algılayıcılardan veriler istenen örnekleme zamanında alınabilmekte ve grafiklerle ekranda kullanıcılara sunulmaktadır. Bulanık çıkarım sistemi için kullanılan bulanık mantık yöntemi ve bu yöntemin seçilmesinin nedenleri açıklanmaktadır. Veriler istenen şekilde alındıktan sonra Matlab bulanık çıkarım sistemi editörü ile giriş ve çıkış değişkenlerine göre bulanık çıkarım sistemi oluşturulmuştur. Matlab ortamında tasarlanan sistemin yanında görsel programlama dilinde hazırlanan kullanıcı arayüzlü yazılım tasarımı ile bulanık çıkarım sistemi modellenmektedir. Bu sistemde uzman kişiler giriş ve çıkış değişken sayılarını ve bu değişkenlere ait üyelik fonksiyonu sayılarını ve tiplerini isteklerini doğrultusunda belirleyebilmektedir. Yine kural tabanını istekleri doğrultusunda hazırlayabilmekte ve seçtikleri yöntemlere göre bulanık çıkarım ve durulaştırma işlemlerini gerçek zamanlı olarak gerçekleştirebilmektedir.

4.1. YANMA PERFORMANSININ BULANIK MANTIK İLE İZLENMESİ İÇİN MATLAB BULANIK ÇIKARIM MODELİ

Matlab sayısal hesaplamaları, ileri düzey grafikleri ve üst düzey programlama dilini birleştiren bir hesaplama ortamıdır. Matlab'da bir sistemin modelini oluşturmak ve gerçek zamanlı olarak kontrol etmek mümkündür. Bu işlem iki türlü gerçekleştirilir. Bunlardan birincisi model veya sistem Matlab ortamında oluşturulur ve girdi ve/veya

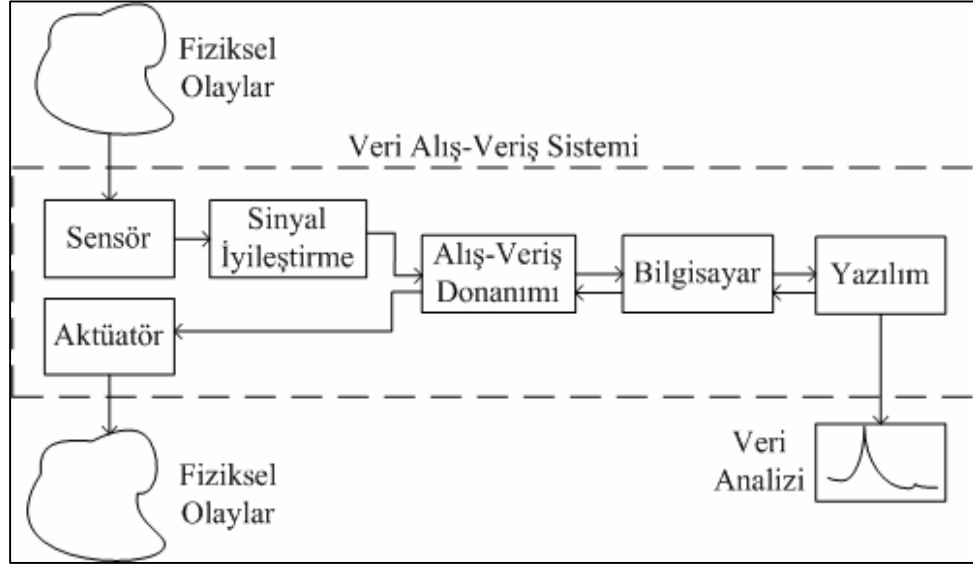
kontrol girişleri ile model test edilir. İkinci tür gerçek zamanlı çalışmalarda ise gerçek sistem Matlab ortamından kontrol ve/veya test edilir. Bu işlemler xPC Target ve RTWT araçları kullanılarak yapılır. Matlab'ın bu iki kütüphanesini kullanarak veri işleme, gerçek zamanlı denetim, vb. birçok konuda çalışmalar yapılmaktadır. RTWT verileri gerçek zamanlı olarak Matlab alışma ortamına aktarır. Deneye ait verileri gerçek zamanlı olarak Windows işletim sisteminde almak oldukça zordur. Matlab Windows işletim sistemin kesmelerini ve yapacağı işlemleri engeller veya bekletir. Bu sayede 100 kHz kadar gerçek zamanlı veri alma ve denetim işlemi Windows işletim sisteminde gerçekleştirebilir [35]. Gerçek zamanlı veri aktarımı, algılayıcılar ile alınan verilerin veri alış-veriş kartı sayesinde bilgisayar ortamına Matlab RTWT kütüphanesi yardımıyla aktarılması ile sağlanmaktadır. Veri aktarımı bilgisayara bağlanan PCI veri alış veriş kartı ile gerçekleştirilmektedir. Bu veri alış-veriş kartı gerçek zamanlı veri iletiminde Matlab yazılımının RTWT kütüphanesi tarafından da desteklendiği için tercih edilmiştir.

4.1.1. Matlab Veri Alış-Veriş Sistemi

Veri alış-veriş sistemi çeşitli bilgisayarlarda uygun veri kazanım donanımlarına analog ve sayısal giriş ıkışları sağlar. Matlab ortamına alınan ve buradan aktarılan verilerin düzenlenmesi ve analizi için kullanılır. Bunun temelinde Matlab ortamının, alınan verilerin kolay bir şekilde özelleştirilmesi ve donanım parçalarının özelliklerinin oluşturulmasına imkan sağlaması bulunmaktadır. Veri alış-veriş sistemi analiz işleme ve veri kazancı girişini desteklemek için tek ve bütünelik bir ortam sunmaktadır. Bu sistemin en büyük kazancı, sistem verileri toplarken, Matlab bu sırada bilgileri düşünebilir ve analiz edebilir.

Analog giriş ve çıkış veri alış-veriş sistemi tarafından sağlanmaktadır. Sistem bilgi alışverişinde çok önemli olan analogdan sayısala, sayısaldan analoga veri değişimlerini otomatik olarak yerine getirir. Analog giriş metotları analog giriş objeleri için özel olan komutlar sağlar. Bu fonksiyonlar analog giriş oluşturma, objelere kanal ekleme, çalışma alanındaki bilgileri okuma ve son zamanlarda kazanılmış bilgiyi gösterme gibi işlemler yapar. Analog ıkış fonksiyonları donanıma bilgi göndermeyi sağlar. Bu fonksiyonlar obje oluşturma, kanal ekleme, çıkış için

bilgi grubunu sıralama ve örnek bilgiyi dışarıya gönderme gibi işlemler yapar.



Şekil 4.1. Veri alış-veriş sistemi ve bileşenleri.

Veri alış-veriş sistemi ve bileşenleri Şekil 4.1’de verilmektedir. Şekilde görüldüğü üzere veri alış-veriş sisteminin iki önemli işlevi tanımlanmaktadır. İlki, sinyaller algılayıcılara giriş olarak gelmekte, iyileştirme işlemi yapılmakta, bilgisayarın okuyabileceği ikili sisteme dönüştürülmekte ve anlamlı bilgiler oluşturulmak için analiz edilmektedir. İkincisi ise bilgisayar tarafından analog bir sinyale dönüştürülen bilgiler aktüatöre çıkış olarak gönderilmektedir.

Dış ortamdan aldığımız bilgilerin Matlab çalışma ortamına gerçek zamanlı alınmasını RTWT kütüphanesi sağlamaktadır. Bunu sağlamak için simulink modelimiz üzerinde bazı ayarlamalar yapmamız gerekmektedir. RTWT yazılımı gerçek zamanlı sistemin işletim sistemi ile koordinasyonunu sağlayan çekirdek birimini içerir. Bu çekirdek istenilen örnekleme hızında gerçek zamanlı çalışmanın en öncelikli hale getirilmesini sağlamaktadır. Modelin gerçek zamanlı çalışması süresince çekirdek, işlemciyi kullanma önceliği verilmiş modelin işlemini denetim altında tutar ve gerektiğinde müdahale eder. İşlem bittikten sonra çekirdek işlemciyi boşa çıkarır ve diğer Windows tabanlı uygulamaların isteğine sunar. RTWT çekirdek işletim sistemi üzerinde otomatik olarak yüklenmiş değildir.

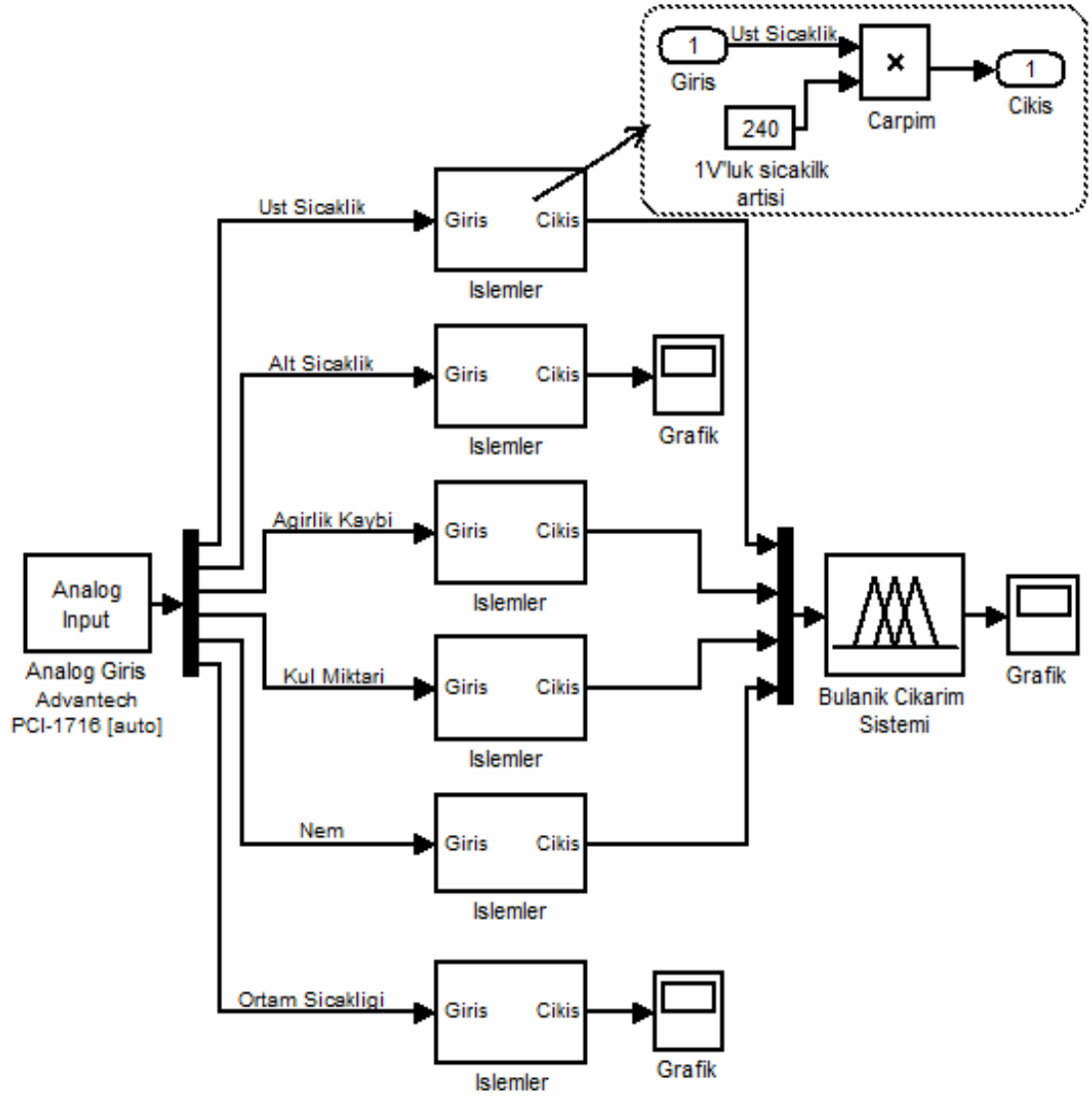
Gerçek zamanlı uygulama çalıştırmadan önce çekirdek kurulumunun gerçekleştirilmesi gerekir. Simulink parametre ayarları bölümünden simülasyon başlangıç süresi, bitiş süresi ve adım seçeneklerinin gerçek zamanlı çalışma için uygun hale getirilmesi gerekir. Son olarak değişken adımlı çözüm gerçek zaman sistemi tarafından desteklenmediği için bu kısımda sabit adım seçeneği seçilmelidir [35].

4.1.2. Matlab Simulink Modeli

Verilerin gerçek zamanlı olarak bilgisayar ortamına alınıp işlenmesi için Matlab'da Simulink modeli oluşturulmuştur. Simulink yazılımı, karmaşık sistemleri modelleme, simülasyon ve analiz yapma imkanı sunmaktadır. Sistemlerin tasarımında büyük oranda bilgisayar simülasyonlarından faydalanılmakta, mümkün olduğunda tasarımın test aşamaları da bilgisayarlar yardımıyla yapılmaktadır. Bu da prototiplere olan ihtiyacı azaltarak maliyetlerin büyük oranda düşmesini sağlamaktadır.

Dinamik sistemlerin Simulink ile simüle edilmesi iki adımda gerçekleştirilir. İlk olarak simüle edilecek sistemin grafik modeli oluşturulur. Bu model girişler, durum değişkenleri ve çıkışlar arasında zamana bağlı matematiksel ilişkiyi gösterir. Daha sonra belirli bir zaman aralığında sistem davranışı Simulink kullanılarak simüle edilir. Matlab'da hazırlanan ve yanma performansının bulanık mantıkla izlenmesini sağlayan yanma düzeneği Simulink modeli Şekil 4.2'de verildiği gibidir. Modelde gösterilen işlem bloklarında her bir kanaldan gelen giriş değerlerinin kalibrasyon işlemleri yapılmaktadır.

Veri alış-veriş kartının analog input girişlerinden alınan verilerin Simulink ortamına alınması için RTWT kütüphanesi altındaki analog giriş bloğu kullanılmıştır. Yeni bir kart yükü seçeneği ile kullanılan veri alış-veriş kartı seçilir. Saniyede 5 veri almak istenildiği için örnekleme zamanı olarak 0,2 değeri verilmektedir. Veri alış-veriş kartının 6 girişinden veri alınacağı için giriş kanalları alanına (1 2 3 4 5 6) değeri yazılır. Ölçümleri yapılan algılayıcıların çıkışları 0-5 ve 0,5-4,5 V arasında değiştiği için giriş aralığı için 0-5 V olarak belirlenir.

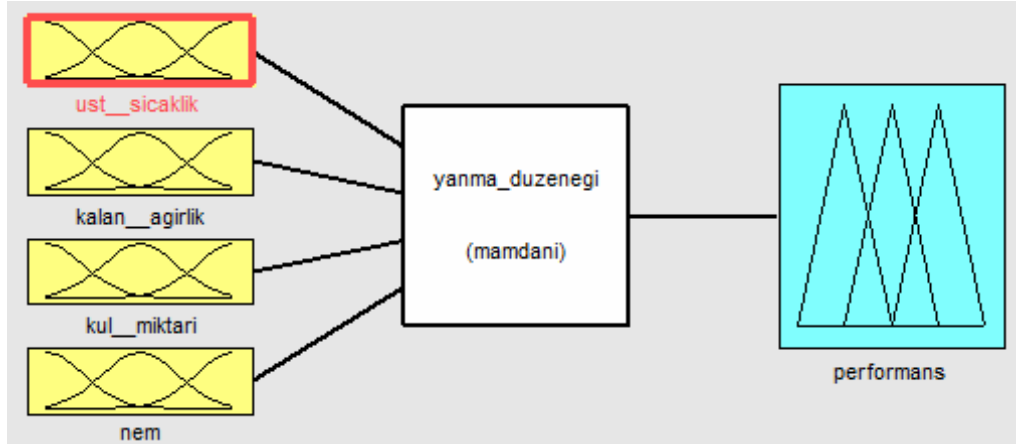


Şekil 4.2. Yanma düzeneği simulink modeli.

Simulink modelinde algılayıcılardan gelen gerilim bilgilerini ilgili ölçüm değerlerine dönüştürmek için çeşitli hesaplama blokları kullanılmıştır. Sıcaklık algılayıcılarının çıkışı yükselteçten geçtikten sonra 0-5 V arasına alınmaktadır. 0-1200 °C ve 0-600 °C arasında ölçüm yapan sıcaklık algılayıcılarında 1 V değişimin sıcaklık karşılığı ayrı ayrı hesaplanarak bloklara girilmektedir. Ağırlık algılayıcılarının çıkışı da 0,5-4,5 V arasında değiştiği ve 0-4500 g arasında ölçüm yaptığı için 1 V değişimin ağırlık karşılığı hesaplanarak bloğa girilmektedir. Nem algılayıcı ile ilgili yapılan çalışmalarda da 0-5 V ölçüm aralığı yüzde nem oranına dönüştürülmekte bunun için 1 V değişimin nem oranı karşılığı hesaplanarak bloğa girilmektedir. Bu şekilde ölçülen volt değerlerin ilgili ölçüm birimlerine dönüştürülmesi sağlanmaktadır.

4.1.3. Giriş Değişkenleri ve Üyelik Fonksiyonları

Uzman görüşleri doğrultusunda bulanık çıkarım sistemi için 4 giriş ve 1 çıkış değişkeni belirlenmiştir. Giriş ve çıkış değişkenleri için 5'er adet üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Üyelik fonksiyonu adları ve buna bağlı olarak kural tabanı tanımlanırken şu şekilde kısaltmalar kullanılmaktadır. CA üyelik fonksiyonu çok az ifadesine, AZ üyelik fonksiyonu az ifadesine, OR üyelik fonksiyonu orta ifadesine, FZ üyelik fonksiyonu fazla ifadesine, CF üyelik fonksiyonu ise çok fazla ifadesine karşılık gelmektedir. Giriş ve çıkış değişkenleri ile kural tabanında kullanılan tüm üyelik fonksiyonu adları bu kısaltma yapısı kullanılarak tanımlanmıştır.



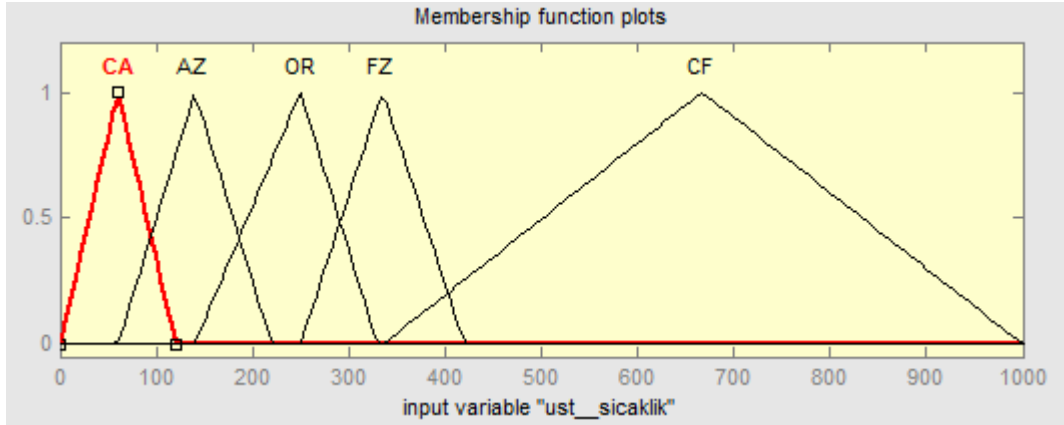
Şekil 4.3. Bulanık çıkarım sistemi modeli.

Şekil 4.3'te Matlab bulanık çıkarım sistemi modeli görülmektedir. Modelde giriş olarak üst sıcaklık, kalan ağırlık, kül miktarı ve nem değişkenleri verilirken, çıkış olarak performans değişkeni verilmektedir. Modelde kural tabanı olarak hazırlanan yanma düzeneği kural tabanı kullanılmaktadır.

Giriş değişkenleri ve üyelik fonksiyonları uzman görüşleri ve yapılan test ölçüm sonuçları doğrultusunda belirlenmiştir. CF üyelik fonksiyonunun daha geniş aralıkta değer alması uzman kişilerin istediği özel bir durumdur.

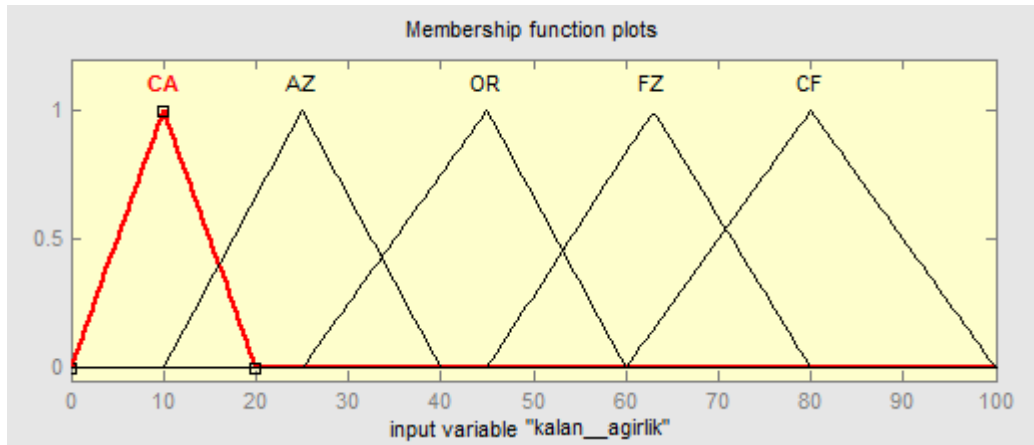
Sıcaklık giriş değişkeni Şekil 4.4'te gösterildiği gibi 5 üyelik fonksiyonuna sahiptir. Bu üyeliklerin değer aralıkları CA üçgen üyelik fonksiyonu için 0-120 °C, AZ üçgen

üyelik fonksiyonu için 60-220 °C, OR üçgen üyelik fonksiyonu için 140-330 °C, FZ üçgen üyelik fonksiyonu için 250-420 °C, CF üçgen üyelik fonksiyonu için 335-1000 °C'dir.



Şekil 4.4. Sıcaklık giriş değişkeni üyelik fonksiyonları.

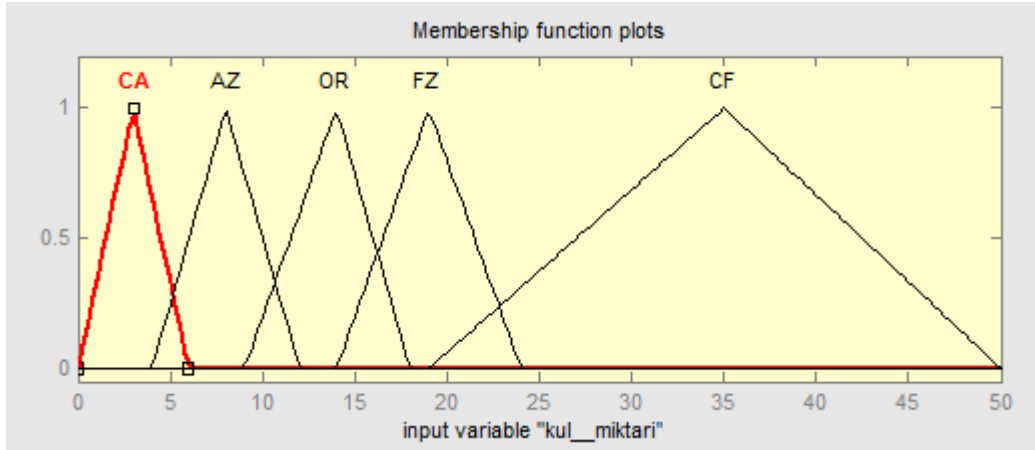
Kalan ağırlık oranı giriş değişkeni Şekil 4.5'de gösterildiği gibi 5 üyelik fonksiyonuna sahiptir. Bu üyeliklerin değer aralıkları CA üçgen üyelik fonksiyonu için % 0-20, AZ üçgen üyelik fonksiyonu için % 10-40, OR üçgen üyelik fonksiyonu için % 25-60, FZ üçgen üyelik fonksiyonu için % 45-80, CF üçgen üyelik fonksiyonu için % 60-100'dür.



Şekil 4.5. Kalan ağırlık oranı giriş değişkeni üyelik fonksiyonları.

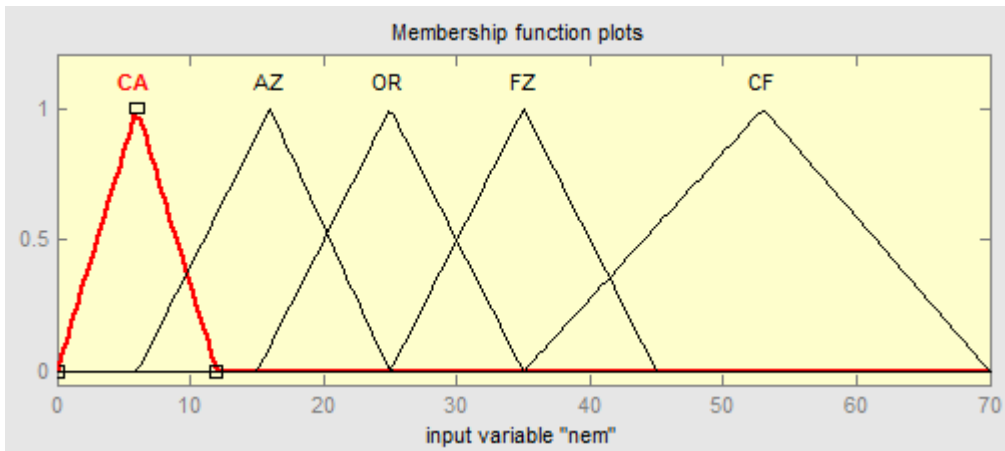
Kül miktarı giriş değişkeni Şekil 4.6'da gösterildiği gibi 5 üyelik fonksiyonuna sahiptir. Bu üyeliklerin değer aralıkları CA üçgen üyelik fonksiyonu için 0-6 g, AZ

üçgen üyelik fonksiyonu için 4-12 g, OR üçgen üyelik fonksiyonu için 9-18 g, FZ üçgen üyelik fonksiyonu için 14-24 g, CF üçgen üyelik fonksiyonu için 19-50 g'dır. CF üyelik fonksiyonu uzman görüşleri doğrultusunda daha geniş aralıkta verilmiştir.



Şekil 4.6. Kül miktarı giriş değişkeni üyelik fonksiyonları.

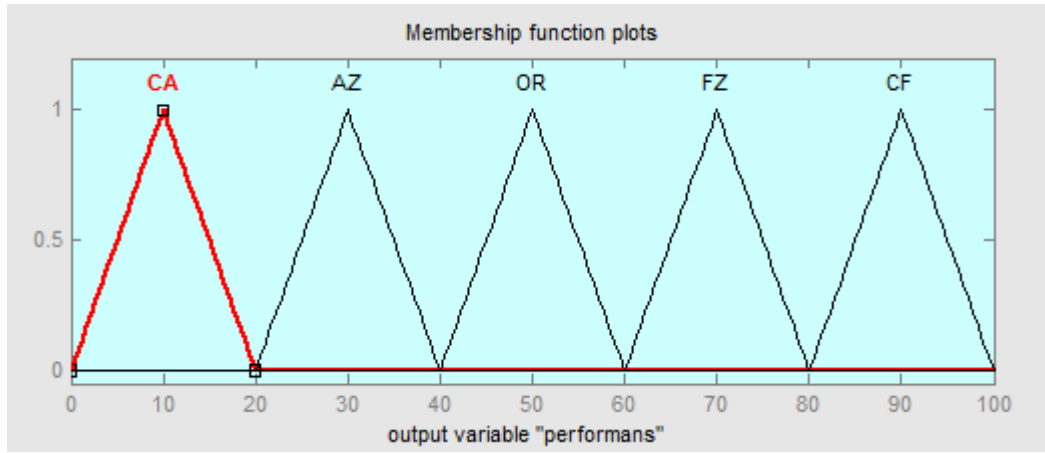
Nem miktarı giriş değişkeni Şekil 4.7'de gösterildiği gibi 5 üyelik fonksiyonuna sahiptir. Bu üyeliklerin değer aralıkları CA üçgen üyelik fonksiyonu için % 0-12, AZ üçgen üyelik fonksiyonu için % 6-25, OR üçgen üyelik fonksiyonu için % 15-35, FZ üçgen üyelik fonksiyonu için % 25-45, CF üçgen üyelik fonksiyonu için % 35-70'dir. CF üyelik fonksiyonu uzman görüşleri doğrultusunda daha geniş aralıkta verilmiştir.



Şekil 4.7. Nem oranı giriş değişkeni üyelik fonksiyonları.

4.1.4. Çıkış Değişkeni ve Üyelik Fonksiyonları

Performans çıkış değişkeni Şekil 4.8’de gösterildiği gibi 5 üyelik fonksiyonuna sahiptir. Bu üyelik fonksiyonları da uzman görüşleri ve yapılan test ölçümleri doğrultusunda belirlenmiştir. Bu üyeliklerin değer aralıkları CA üçgen üyelik fonksiyonu için % 0-20, AZ üçgen üyelik fonksiyonu için % 20-40, OR üçgen üyelik fonksiyonu için % 40-60, FZ üçgen üyelik fonksiyonu için % 60-80, CF üçgen üyelik fonksiyonu için % 80-100’dür.



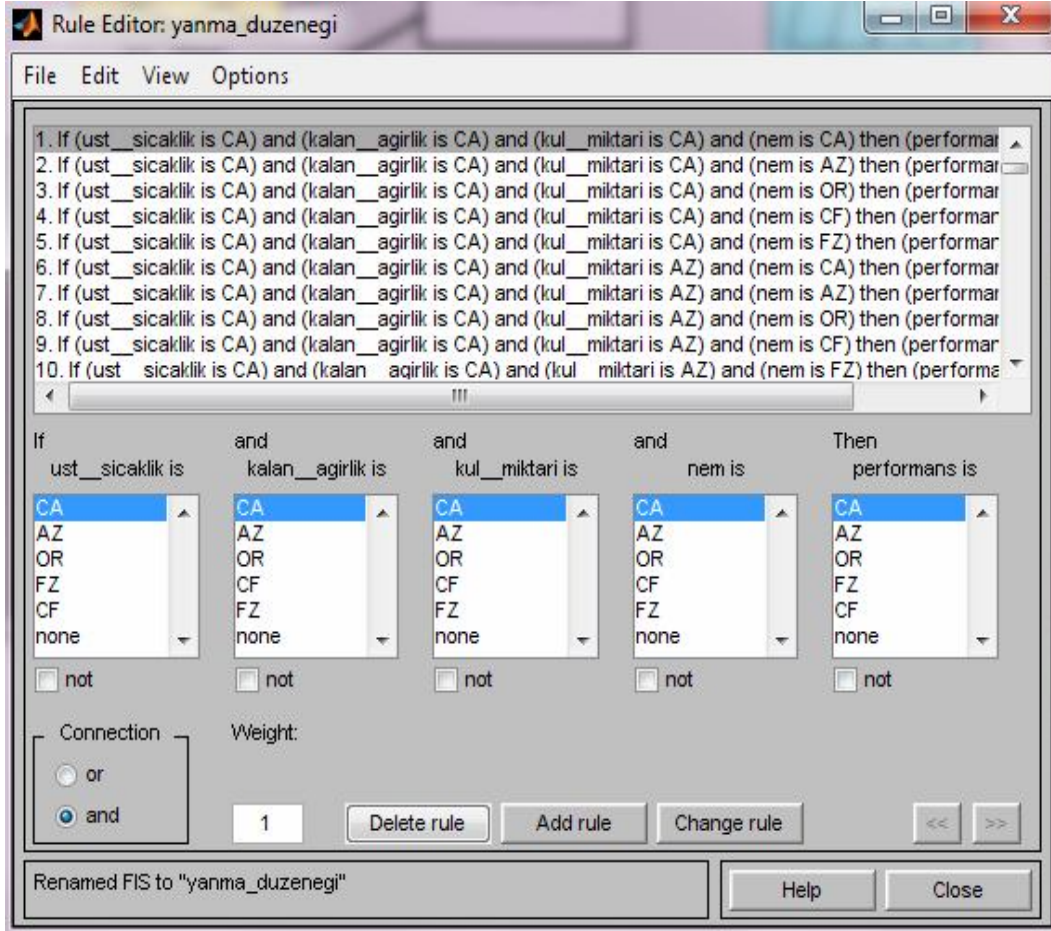
Şekil 4.8. Performans çıkış değişkeni üyelik fonksiyonları.

Performans çıkış değişkeni üyelik fonksiyonlarının kesişmesi durumunda bulanık mantık izleme sistemi aynı anda birden fazla çıkış üretebilmektedir. Bu durumda oluşan sonuçların uzman tarafından anlaşılması zor olacağı için yapılan çalışmalarda üyelik fonksiyonları kesiştirilmemiştir.

4.1.5. Kural Tabanı

Kural tabanı genel olarak sistemin basit giriş-çıkış ilişkisini belirlemektedir. Kural tabanı yanma alanında uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda hazırlanmıştır. 4 giriş değişkeni ve her giriş değişkeni için 5'er adet üyelik fonksiyonu olduğu için 625 farklı kural tanımlandı. Şekil 4.9'da gösterilen Matlab bulanık çıkarım sistemi arayüzü kullanılarak kural tanımlama işlemleri gerçekleştirilmektedir. Arayüz ekranında bulunan giriş değişkenleri üyelik fonksiyonlarını kurallar doğrultusunda

seçerek kural tabanı oluşturulur. Editör ekranında kurallar istenildiği gibi seçilebilmekte ve düzenlemeler yapılabilmektedir. Kural tanımlamaları bitirildikten sonra bulanık çıkarım sistemi Simulink modeli içine aktarılır.





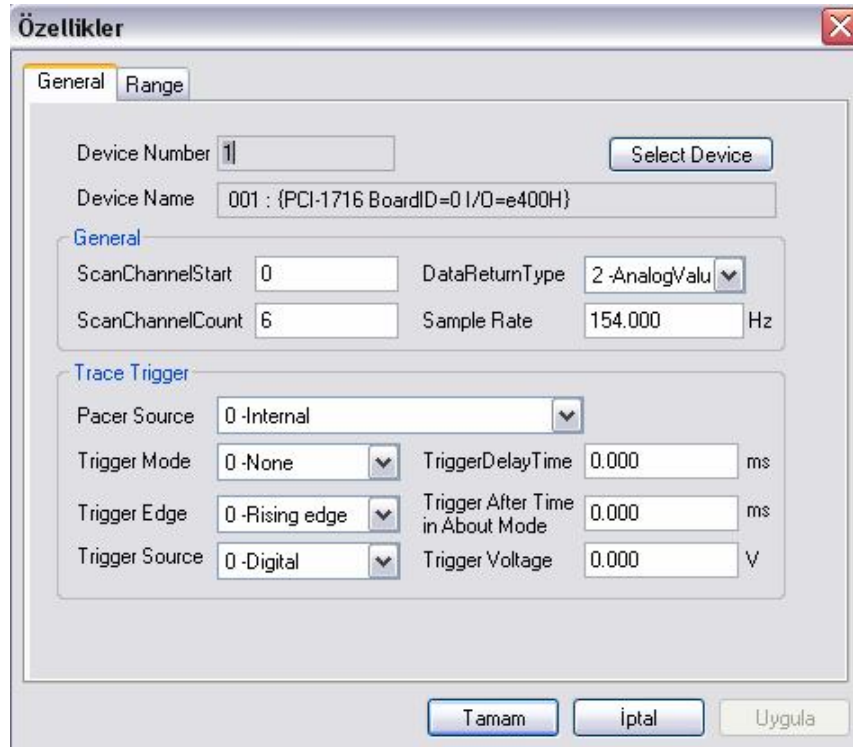
Şekil 4.9. Bulanık çıkarım sistemi kural tabanı ekranı.

4.2. YANMA PERFORMANSININ BULANIK MANTIK İLE İZLENMESİ İÇİN KULLANICI ARAYÜZLÜ YAZILIM TASARIMI

Bulanık mantık ile yanma performansının izlenmesi için Visual C# görsel programlama dilinde kullanıcı arayüzlü yazılım gerçekleştirilmiştir. Yazılım tasarımında öncelikle veri alış-veriş kartı ile iletişimi sağlayacak veri aktarım alt yapısı oluşturulmaktadır. Veri alış-veriş kartının sürücüsü bilgisayara yüklenmiş ve test edilmiştir. Gerçek zamanlı veri aktarımı alt yapısı sağlandıktan sonra alınan verilerin kullanıcıya gösterilmesini sağlayan arayüz ve grafik ekranları tasarlanmış ve kodları yazılmıştır. Yapılacak deneyin bilgilerinin girildiği, deney özelliklerinin

belirlendiği ve ölçümü gerçekleşecek verilerin ölçekleme ayarlarının yapıldığı arayüz ekranı hazırlanmıştır. Verilerin gerçek zamanlı işlenmesi ve depolanması için gerekli kodlamalar yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçlarının daha sonra kullanılmak üzere kayıt edilmesi için veritabanı alt yapısı oluşturulmuştur.

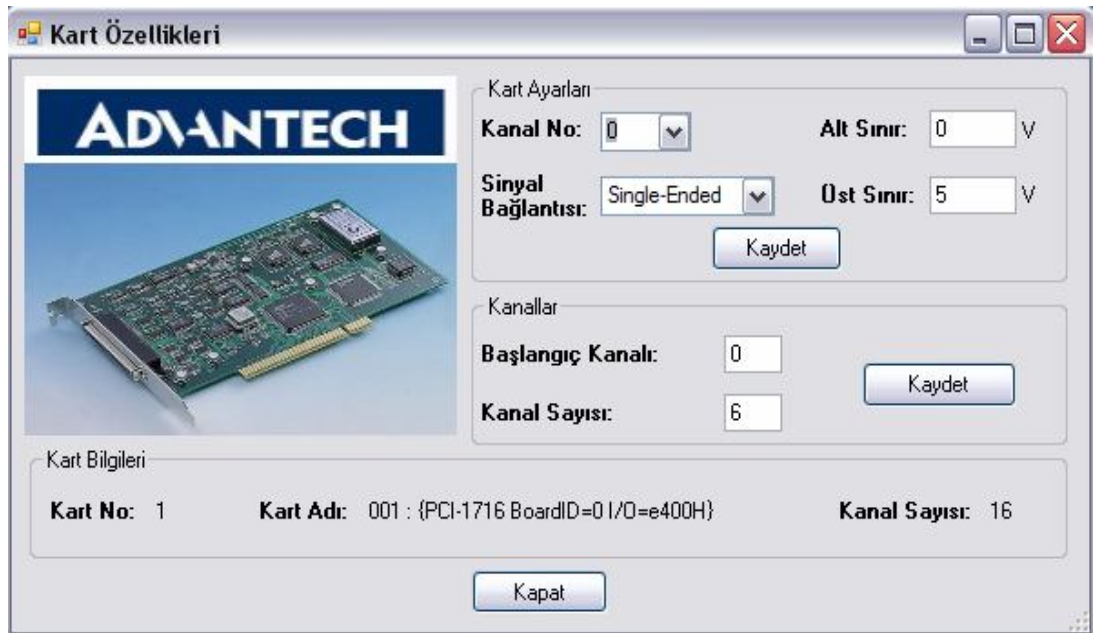
Yazılım tasarımına veri alış-veriş kartının sürücüsünün yüklenmesi ile başlanır. Yükleme başarılı ile sağlandıktan sonra kartın bilgisayar tarafından tanınıp tanınmadığı kontrol edilir. Daha sonra veri alış-verişi için kullanılacak kartın seçilmesi ve özelliklerinin belirlenmesine başlanır. Kart seçimi işlemine geçilmeden editörümüzün proje tabı altındaki referans ekleme menüsünden proje referans dosyasına veri alış-verişi için gerekli analog input.dll ve output.dll dosyaları eklenir. Ardından yazılım arayüz ekranımıza bir adet analog giriş  ve bir adet analog çıkış  nesnesi eklenir. Analog giriş nesnesinin sahip olduğu genel özellikler Şekil 4.10'da verildiği gibidir. Bu ekran analog giriş nesnesine ait hazır bir arayüz ekrandır. Bu ekran üzerinde giriş veya çıkış nesnelerinin özellikleri kullanıcılar tarafından belirlenir. Bu özellikler kullanıcı arayüzlü programda kart ayarlamaları ekranında da değiştirilebilmektedir.



Şekil 4.10. Analog giriş özellikleri ekranı.

Analog giriş nesnesinin sahip olduğu kanalların aralık özellikleri aralık tabı altından değiştirilebilmektedir. Bu özellikler aynı zamanda kullanıcı arayüz yazılımda kart ayarlamaları ekranında kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir. Kullanıcı yapacağı çalışma doğrultusunda bu özellikleri değiştirerek istediği alt yapıyı oluşturabilmektedir.

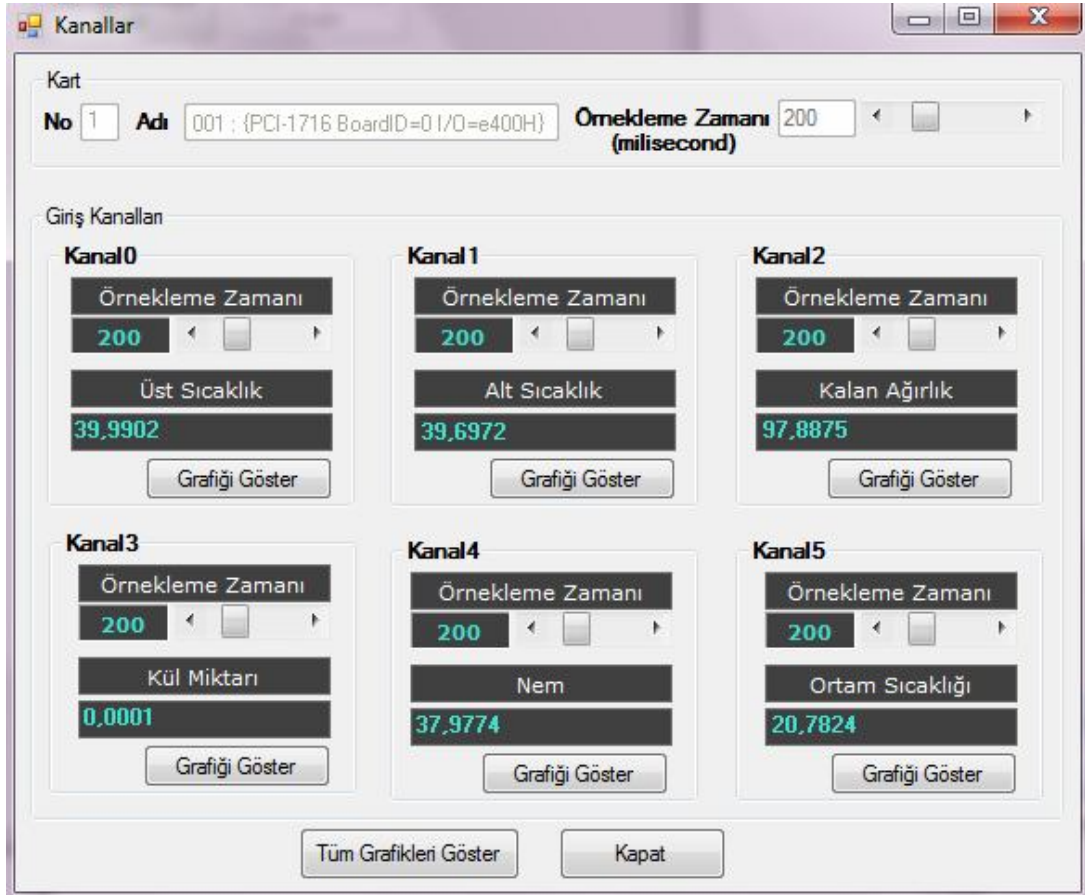
Yazılım çalıştırıldığında kart seçimi işlemi otomatik olarak arka planda yapılmaktadır. Bu şekilde kullanıcıların işlemlerini daha hızlı yapması ve kart seçme işlemi ile uğraşmaması amaçlanmaktadır. Fakat kullanıcılar bu işlemi kendileri yapmak isterlerse kart seçimi işlemi için sistemde yüklü kartların listelendiği ekran gelmektedir.



Şekil 4.11. Kart ayarları ekranı.

Yazılımda gerçek zamanlı veri alış-verişi için kullanılacak kart seçildikten sonra kart ayarlamalarının yapıldığı arayüze kart menüsü altındaki özellikler yolundan ulaşılır. Şekil 4.11’de verilen bu ekranın alt kısmında kullanılan kartın numarası, adı ve kanal sayısı gibi özellikleri görülebilir. Kart ayarları grubu altından veri okuması yapılacak kanalların değer aralıkları ve sinyal bağlantı tipleri belirlenebilir. Kanallar grubu altından ise okuma yapılacak başlangıç kanalı ve kaç adet kanaldan okuma yapılacağı belirlenebilir. Burada gerekli seçimler yapılarak kaydet butonuna basılır.

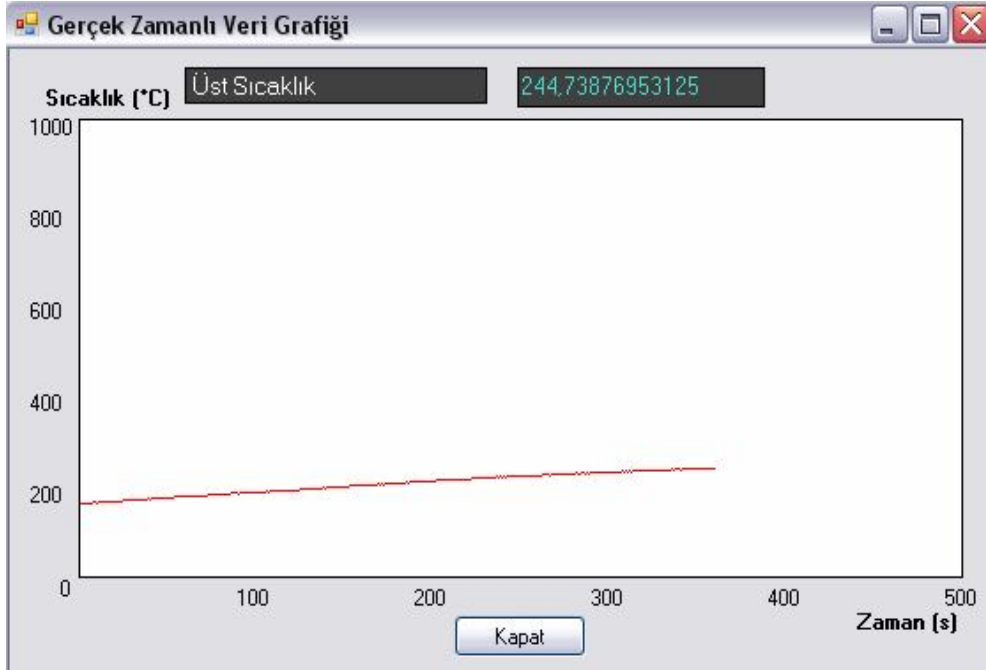
Düzenek üzerinden gelen ölçüm değerleri veri alış-veriş kartından analog giriş modülü yardımıyla istenen örnekleme zamanında alınabilmektedir. Alınan veriler örnekleme zamanına göre Şekil 4.12’de verildiği gibi kullanıcıya sunulmaktadır. Veri gösterimi ekranı üzerinde çalışılan kartın numarası ve adı verilmektedir. Kanal penceresi gruplarında her kanalın örnekleme zamanı ayrı ayrı ayarlanabilmektedir. Genel örnekleme zamanı için 0-1000 ms arasında seçim yapılabilme imkanı sunulmaktadır. Örnek olarak sıcaklık ölçümü için saniyede 10 veri alınması istenirken, çekme tipi ağırlık ölçümü için saniyede 50 veri alınması istenebilir. Bunun için sıcaklık ölçümü için örnekleme zamanı 100 olarak seçilirken, çekme tipi ağırlık ölçümünde örnekleme zamanı 20 olarak seçilmektedir.



Şekil 4.12. Gerçek zamanlı veri okuma ekranı.

Örnekleme zamanı başlangıç olarak 200 ms olarak belirlenmiştir. Ölçüm verileri gerçek zamanlı olarak ilgili alanlara yazılmaktadır. Bu sayede kullanıcılar alınan verileri gerçek zamanlı olarak gözlemleyebilir. Kart ayarları ekranında 6 kanaldan

okuma yapılacağı belirtildiği için giriş kanalları grubu altında 6 kanaldan verilerin gösterimi gerçekleştirilmiştir. Kanallardan alınan ölçüm verileri etiketler üzerinde gösterilmesinin dışında grafiksel olarak da kullanıcıya sunulmaktadır. Grafiği göster butonu ile tek bir veri için grafik gösterimi yapılırken, tüm verilerin tek bir ekranda gösterilmesi de tüm grafikleri göster butonu ile sağlanabilmektedir.

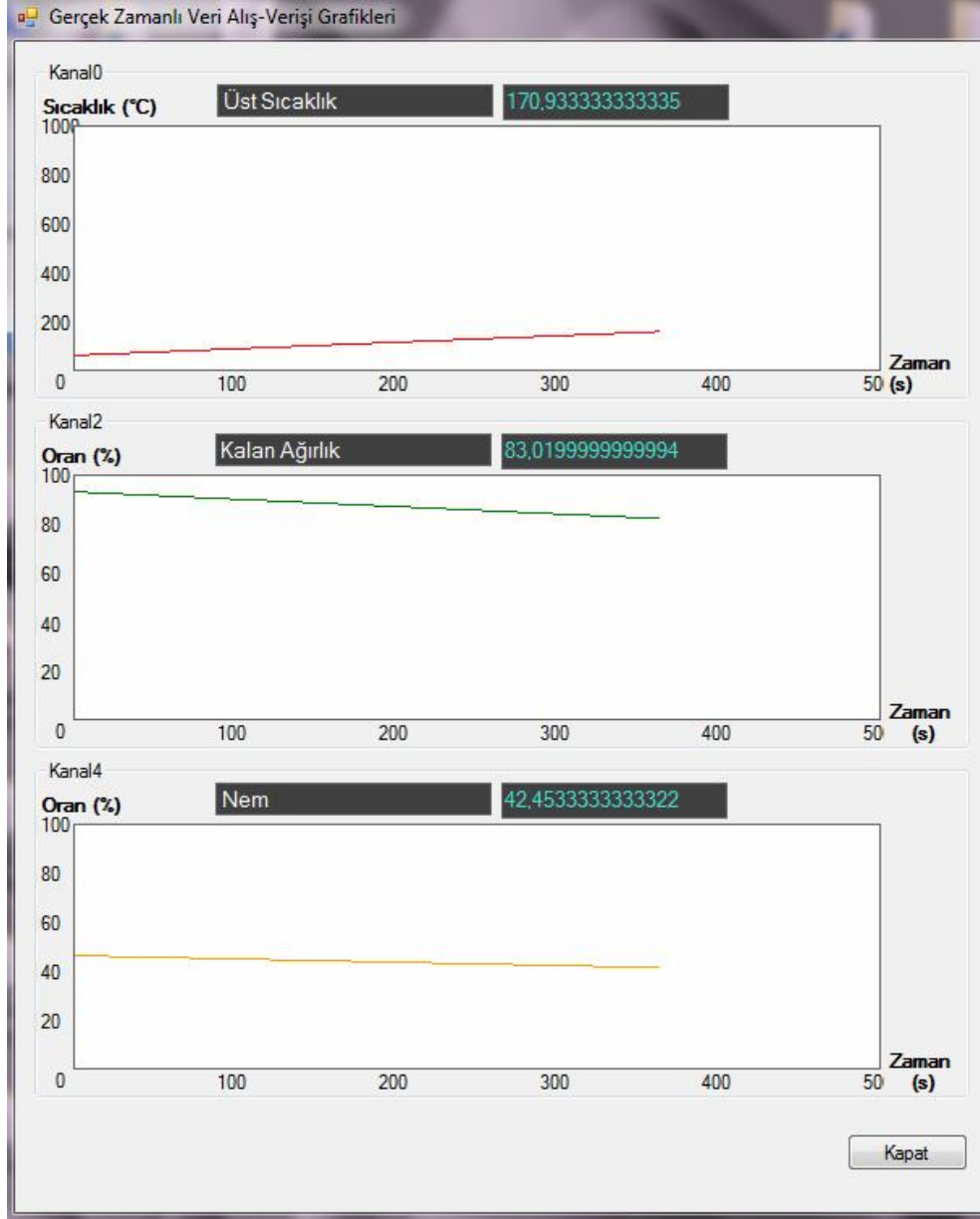


Şekil 4.13. Tek bir ölçüm için grafik gösterimi ekranı.

Her bir algılayıcıdan gelen verilerin gösterildiği alanın altında bulunan grafiği göster butonuna basılarak ilgili kanaldan alınan verinin grafiği gerçek zamanlı olarak ekrana yansıtılmaktadır. Şekil 4.13'te verildiği gibi veriler grafiksel olarak örnekleme zamanına göre çizilmektedir. Aynı zamanda gelen verinin değeri etikete de yazılarak anlık değişimleri kullanıcıya sunulur.

Tüm verilerin tek bir ekranda gösterilmesi de tüm grafikleri göster butonu ile sağlanabilmektedir. Bu ekranda kullanıcılar alınan verilerin grafiğini toplu olarak görebilmekte ve değerlendirmelerini daha etkin yapabilmektedir. Şekil 4.14'te üst sıcaklık, kalan ağırlık ve nem ölçümleri grafik gösterimi sunulmaktadır. Kanal0 grubu altında sıcaklık ölçümü ile ilgili bilgiler verilmektedir. Bilgi alanına sıcaklık ölçümünün o anki değeri yazılarak anlık değişimler kullanıcıya sunulmaktadır.

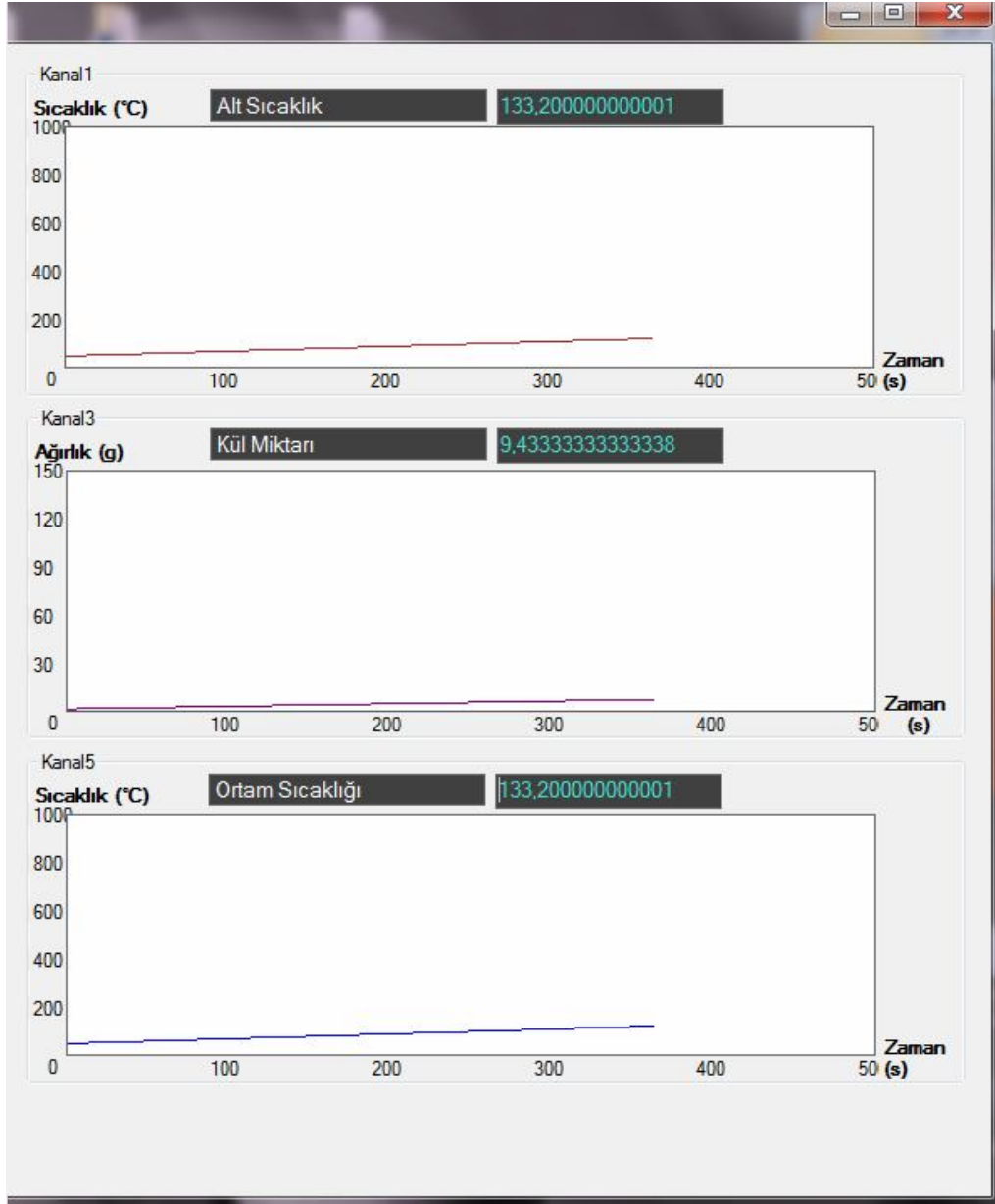
Grafik alanında ise elde edilen ölçüm sonuçlarına göre sıcaklık değişim grafiği çizilmektedir.



Şekil 4.14. Üst sıcaklık, kalan ağırlık ve nem ölçümleri grafik gösterimi

Kanal2 grubu altında kalan ağırlık ölçümü ile ilgili bilgiler verilmektedir. Bilgi alanına kalan ağırlık ölçümünün o anki değeri yazılarak anlık değişimler kullanıcıya sunulmaktadır. Grafik alanında ise elde edilen ölçüm sonuçlarına göre kalan ağırlık değişim grafiği çizilmektedir. Kanal4 grubu altında nem ölçümü ile ilgili bilgiler verilmektedir. Bilgi alanına nem ölçümünün o anki değeri yazılarak anlık değişimler

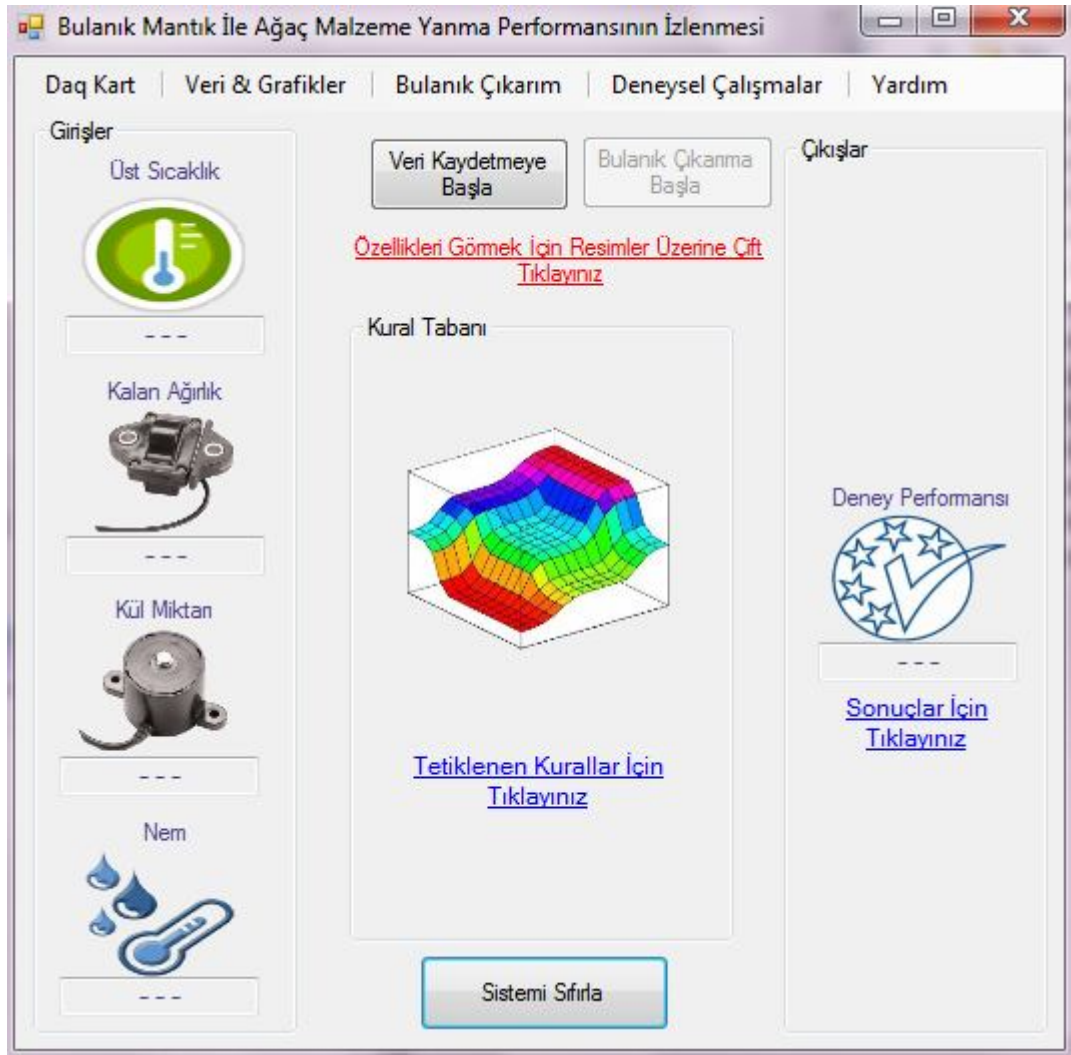
kullanıcıya sunulmaktadır. Grafik alanında ise elde edilen ölçüm sonuçlarına göre nem oranı değişim grafiği çizilmektedir.



Şekil 4.15. Alt sıcaklık, kül miktarı ve ortam sıcaklığı ölçümleri grafik gösterimi.

Şekil 4.15'te alt sıcaklık, kül miktarı ve ortam sıcaklığı ölçümleri grafik gösterimi sunulmaktadır. Kanal grupları altında ölçümlerle ilgili bilgiler verilmektedir. Bilgi alanına ölçümlerin o anki değerleri yazılarak anlık değişimler kullanıcıya sunulmaktadır. Grafik alanında ise elde edilen ölçüm sonuçlarına göre ölçüm değişim grafiği çizilmektedir.

Algılayıcılardan gelen ve bulanık çıkarım sonucu elde edilen veriler daha sonra kullanılmak üzere veri tabanı ortamında saklanmaktadır. Veri kaydetme işlemine başlanması için Şekil 4.16'da verilen ekranda veri kaydetmeye başla butonuna basılması gerekmektedir. Bu butona basıldıktan sonra veriler gerçek zamanlı olarak istenilen örnekleme zamanında veri tabanına kaydedilmektedir. Gerçek zamanlı kayıt işlemi veri kaybının önüne geçilmesini sağlamaktadır. Kayıt edilen bu veriler ileride yapılacak aynı tür yanma çalışmalarında değerlendirilmek üzere kullanılabilir.



Şekil 4.16. Veri kaydetme ekranı.

Verilerin kayıt altında tutulması için Access veri tabanı kullanılmıştır. Bu veri tabanı ile veritabanı oluşturma, mevcut veritabanını açma, farklı veritabanlarını dönüştürme gibi işlemler kolayca yapılır. Veritabanı dosyasının taşınabilir olması kullanışlı

olmasını sağlamaktadır. Bu veri tabanının seçilmesinin nedeni çok fazla tablo ve alana ihtiyaç duyulmamasıdır. Yaygın olarak kullanılmasının yanında yönetimi de kullanıcılar için kolaydır.

upperThermo	lowerThermo	loadcellTension	loadcellCompression	innerHumidity	middleThermo	experimentPerf
50,13333	42,6	96,60999	1,88333	48,49333	42,6	70
54,13333	45,6	96,15999	2,13333	48,29333	45,6	70
58,13333	48,6	95,70999	2,38333	48,09333	48,6	70
62,13333	51,6	95,25999	2,63333	47,89333	51,6	70
66,13333	54,6	94,80999	2,88333	47,69333	54,6	65,95
70,13333	57,6	94,35999	3,13333	47,49333	57,6	60,88
74,13333	60,6	93,90999	3,38333	47,29333	60,6	57,6
78,13333	63,6	93,45999	3,63333	47,09333	63,6	55,34

Şekil 4.17. Deney verileri tablosu.

Yanma düzeneği ile yapılan deney çalışmalarında istenilen örnekleme zamanında veri kaydedilmesi sağlanabilmektedir. 3 saniyede bir ortalaması alınan verilerin ve bulanık çıkarım sistemi çıkışının kaydedildiği veri tabanı tablo yapısı Şekil 4.17’de verilmektedir.

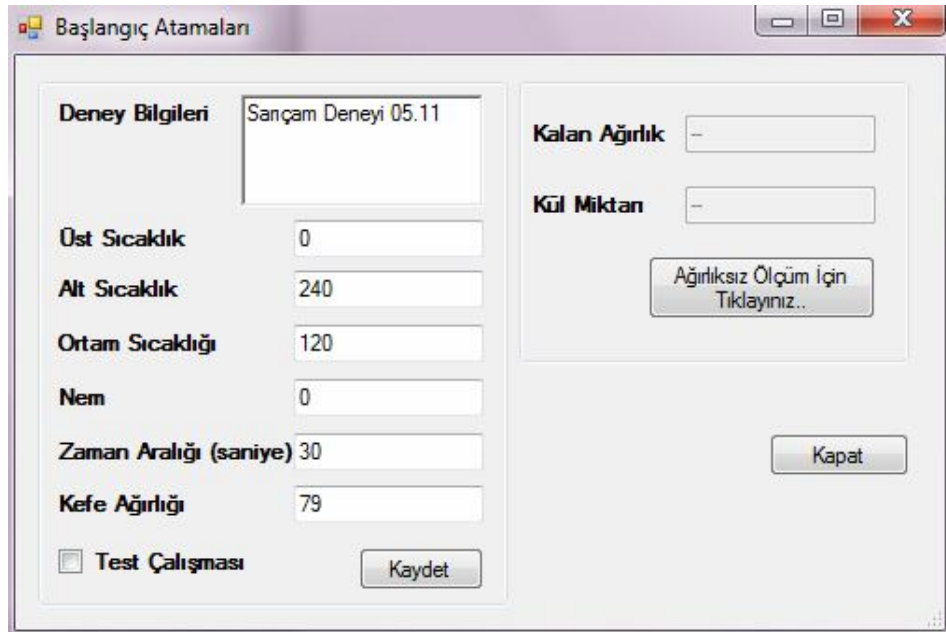
Deneyel Çalışmalar		Deneyel Çalışma Bilgileri					
		Üst Sıcaklık	Alt Sıcaklık	Kalan Ağırlık	Kül Miktarı	Nem	Ortam Sıcaklığı
1.	07.12.2010 15:27:17	22,4	21,8	99,73	0,15	49,88	21,8
2.	30.11.2010 14:41:50	26,4	24,8	99,28	0,4	49,68	24,8
3.	30.11.2010 14:33:11	30,4	27,8	98,83	0,65	49,48	27,8
4.	30.11.2010 14:30:58	34,4	30,8	98,38	0,9	49,28	30,8
5.	30.11.2010 10:12:30	38,4	33,8	97,93	1,15	49,08	33,8
6.	30.11.2010 10:08:35	42,4	36,8	97,48	1,4	48,88	36,8
7.	30.11.2010 09:51:28	46,4	39,8	97,03	1,65	48,68	39,8
8.	30.11.2010 09:51:25	50,4	42,8	96,58	1,9	48,48	42,8
9.	10.11.2010 11:34:12	54,4	45,8	96,13	2,15	48,28	45,8
10.	10.11.2010 11:22:11	58,4	48,8	95,68	2,4	48,08	48,8
11.	10.11.2010 10:48:30	62,4	51,8	95,23	2,65	47,88	51,8
12.	10.11.2010 10:45:50	66,4	54,8	94,78	2,9	47,68	54,8
13.	10.11.2010 10:45:20	70,4	57,8	94,33	3,15	47,48	57,8
14.	10.11.2010 10:35:13	74,4	60,8	93,88	3,4	47,28	60,8
15.	10.11.2010 10:29:29	78,4	63,8	93,43	3,65	47,08	63,8
16.	10.11.2010 00:53:17	82,4	66,8	92,98	3,9	46,88	66,8
17.	10.11.2010 00:52:09	86,4	69,8	92,53	4,15	46,68	69,8

Şekil 4.18. Kayıtlı veri gösterimi ekranı.

Veri gösterimi ekranı algılayıcılardan gelen ve bulanık çıkarım sonucu elde edilen verilerin kullanıcının kullanımına sunulduğu Şekil 4.18’de verilen ekrandır. Burada kayıtları görülmek istenen deneyin solda bulunan listeden seçilmesi gerekmektedir. Seçilen deneye göre orta kısımda bulunan listeye ilgili deney sonuçları getirilmektedir.

Kullanıcılar ilgili deneyin hem ölçüm verilerine hem de bulanık çıkarım sistemi tarafından üretilen sonuçlarına veri grubu altındaki seçimleri kullanarak ulaşabilmektedir. Kullanıcı istediği takdirde deney sonuçlarını excele aktar butonuna tıklayarak excel ortamına aktarabilmektedirler.

Başlangıç atamaları ekranı deney çalışmalarının bilgilerinin girildiği ve algılayıcılar için başlangıç tanımlamalarının yapıldığı Şekil 4.19’da verilen ekrandır. Burada belirtilen alanlara algılayıcılardan alınan gerilim değerlerini ilgili birimlere dönüştürmek için gerekli katsayı tanımlamaları yapılır.



Şekil 4.19. Deney tanımlamaları ekranı.

Çalışma, sistemin genel kontrolü için yapılan bir test çalışması ise test çalışması seçeneği işaretlenmelidir. Alanlar belirlenen değerlerle doldurulduktan sonra ayarlama butonuna tıklanarak bu değerler kaydedilir. Ağırlık algılayıcıları için 10

saniyelik ağırlıksız ölçüm, 10 saniyelik de ağırlıklı ölçüm ilgili butona tıklanarak yapılır. Bu sayede birim dönüşümü için gerekli katsayılar hesaplanmış olur.

Bulanık çıkarım sistemi veri kartından gelen ölçüm sonuçlarına göre gerçek zamanlı çıkarım yapan bölümdür. Bulanık çıkarım ekranında (Bkz. Şekil 4.16), öncelikle veri kaydetmeye başla butonuna basılması gerekmektedir. Bu işlemin ardından üç saniye sonra bulanık çıkarıma başla butonu aktif hale gelir. Bu butona tıklanarak gerçek zamanlı bulanık çıkarım sistemi devreye alınır. Girişler grubu altında giriş değişkenleri, çıkışlar grubu altında çıkış değişkenleri görülebilir.

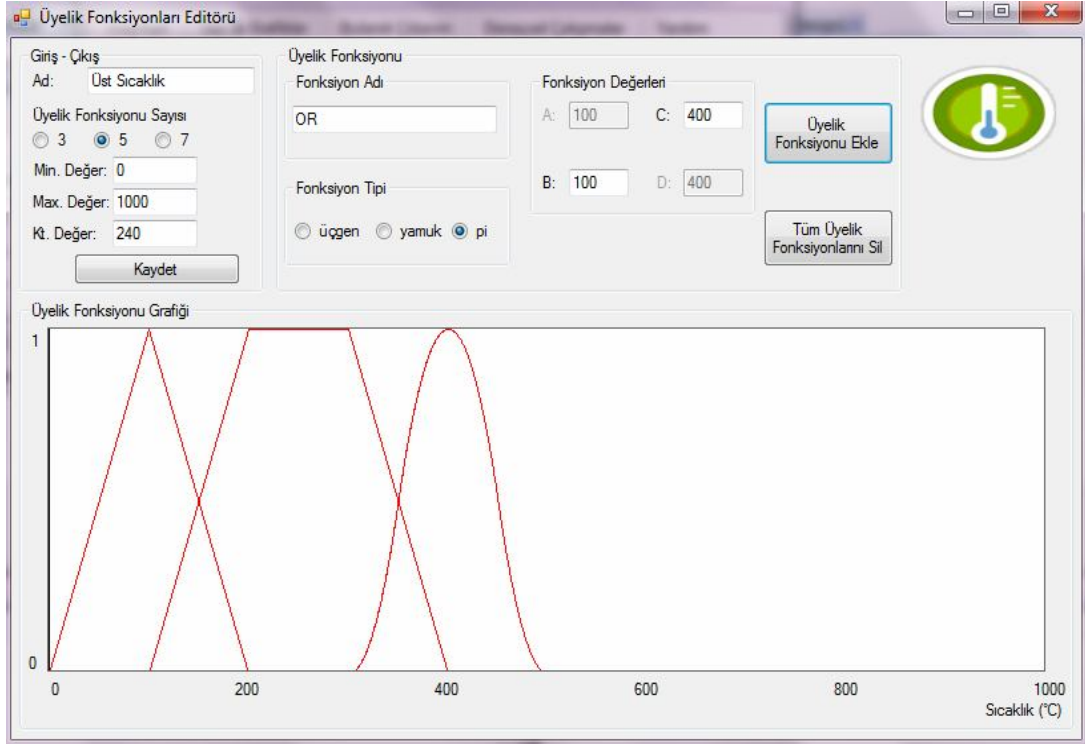
Kural tabanı grubu altında ise kural tabanı görülebilir. Bu gruplarda bulunan resimlerin üstlerine tıklanarak ilgili değişkenin özellikleri ekranına geçiş yapılır. Gerçek zamanlı çıkarım sırasında tetiklenen kuralları görmek için tetiklenen kurallar, bulanık çıkarım anlık sonuçlarını görmek için de sonuçlar linkine tıklamak gerekmektedir.

Giriş ve çıkış değişkenleri ayarlama ekranı için bulanık çıkarım menüsünde bulunan giriş-çıkış ayarlamaları seçeneğine tıklamak gerekmektedir. Burada çıkarım sisteminde giriş ve çıkış olarak kullanılacak değişkenlerin sayısı seçilir. Yapılan seçim işlemine göre giriş, kural tabanı ve çıkış gruplarında ilgili değişkenler oluşturulur ve değişken tanımlamaları yapılır. Yapılacak çalışmalarda 4 giriş ve 1 çıkış değişkeni kullanılacağı için gerekli işlemler gerçekleştirilir.

Bulanık çıkarım sistemi giriş ve çıkış değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarını belirleme işlemini giriş ve çıkış grupları altındaki resimlere (Bkz. Şekil 4.16) tıklanarak gerçekleştirilir. Açılan pencerede seçilen giriş ya da çıkış değişkeninin üyelik fonksiyonlarının belirlenebileceği Şekil 4.20’de gösterilen ekran gelmektedir. Çalışmalarda giriş ve çıkış değişkenleri için 5’er adet üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır.

Giriş-çıkış grubu altında giriş ya da çıkış değişkenin özellikleri gösterilmektedir. Giriş ya da çıkış değişkeninin ismi, üyelik fonksiyonu sayısı, minimum ve maksimum değer aralıkları bu bölümde belirlenmektedir. Bu özellikler değişkeninin

yapısı göz önüne alınarak ayarladıktan sonra yine aynı grupta bulunan özellikleri kaydet butonuna basılarak kaydetme işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemden sonra ilgili değişkenler için sahip olması gereken özellikler atanmış olmaktadır.



Şekil 4.20. Üyelik fonksiyonları belirleme ekranı.

Üyelik fonksiyonları grubu altında değişkenler için eklenilecek üyelik fonksiyonlarının özellikleri belirtilmektedir. Üyelik fonksiyonları grafiği grubu altında ise üyelik fonksiyonlarının grafiksel gösterimi verilmektedir. Değişkene üyelik fonksiyonu eklemek için öncelikle fonksiyon adı alanına fonksiyon adı yazılır. Üçgen üyelik fonksiyonu için fonksiyon tipi grubundan “üçgen” seçeneği seçilir ve fonksiyon değerleri A, B ve C alanlarına girilir. Ekle butonuna basıldığında değişkenin üyelik fonksiyonu eklenmiş olur. Bu işlemlere ait programda yazdığımız kodların genel yapısı şu şekildedir.

function ucgen()

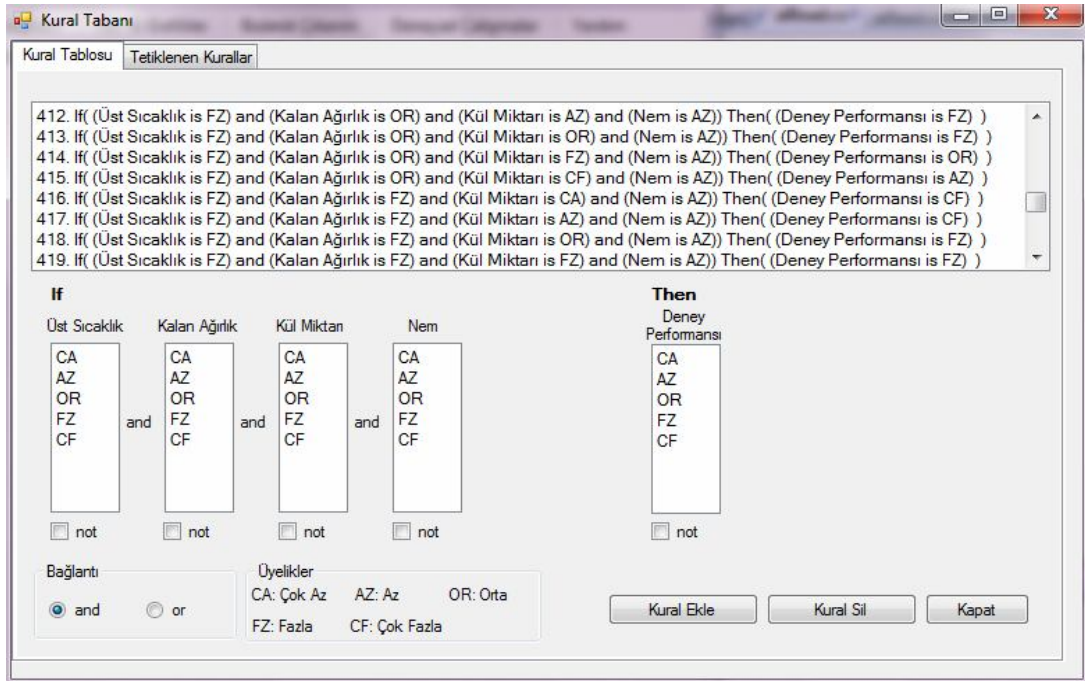
for i from 0 to giris_sayisi by 1 step

for j from 0 to giris_uyelik_fonksiyonu_sayisi by 1 step

x = uyelik_fonksiyonu_baslangic_degeri;

$y = \text{uyelik_fonksiyonu_orta_degeri};$
 $z = \text{uyelik_fonksiyonu_bitis_degeri};$
 if (veri $\geq x$) and (veri $\leq z$)
 if veri $\leq y$
 $s = (veri - x) / (y - z);$
 else if veri $\leq z$
 $s = (z - veri) / (z - y);$

Herhangi bir değişken için üyelik fonksiyonu ekleme miktarı giriş-çıkış grubunda belirtilen üyelik fonksiyonu sayısı kadardır. Bu sayının üstünde bir üyelik fonksiyonu tanımlamaya çalışıldığında sistem uyarı vermektedir. Bu şekilde belirtilen sayıdan fazla fonksiyon tanımlanması engellenmiş olmaktadır. Bu sayıyı grafik alanından takip etmekte mümkündür. Kaydedilmiş üyelik fonksiyonlarını silmek için üyelik fonksiyonları grubu altında bulunan tüm üyelik fonksiyonlarını sil butonuna basılması gerekmektedir.



Şekil 4.21. Kural tabanı ekranı.

Kural tabanı genel olarak sistemin basit giriş-çıkış ilişkisini belirlemektedir. Bulanık çıkarım sistemi değişkenlerin oluşturduğu kural tabanını belirleme işlemini kural

tabanı grubu altındaki resme (Bkz. Şekil 4.16) tıklanarak gerçekleştirilir. Açılan pencerede seçilen giriş ve çıkış değişkenlerinin bulunduğu, Şekil 4.21’de gösterilen ekran gelmektedir.

Kural tablosuna yeni bir kural eklemek için uzmanlar tarafından daha önce belirlenen giriş değişkenleri üyelik fonksiyonları listeden seçilmektedir. Çıkış değişkeni ya da değişkenleri için de aynı şekilde giriş değişkenlerine göre üyelik fonksiyonları listeden seçilmektedir. Oluşturulan kuralı sisteme eklemek için kuralı ekle butonuna basılması gerekmektedir. Herhangi bir kural silinmek istendiğinde öncelikle silinmesini istenen kural, kural listesinden seçilir. Ardından kuralı sil butonuna tıklanır. Silinen kural butona tıklandıktan sonra kural listesinden silinmekte ve kural listesi yenilenmektedir.

Durulaştırma işleminde kullanılacak yöntemin belirlenmesi bulanık çıkarım menüsü altında bulunan durulaştırma yöntemi seçeneği ile sağlanmaktadır. Durulaştırma için üç farklı yöntem seçilebilmektedir. Bunlar ağırlık ortalaması, maksimum üyelik ve ortalama maksimum üyelik yöntemleridir. Ağırlık ortalaması ve maksimum üyelik yöntemine ait genel kod yapısı şu şekildedir;

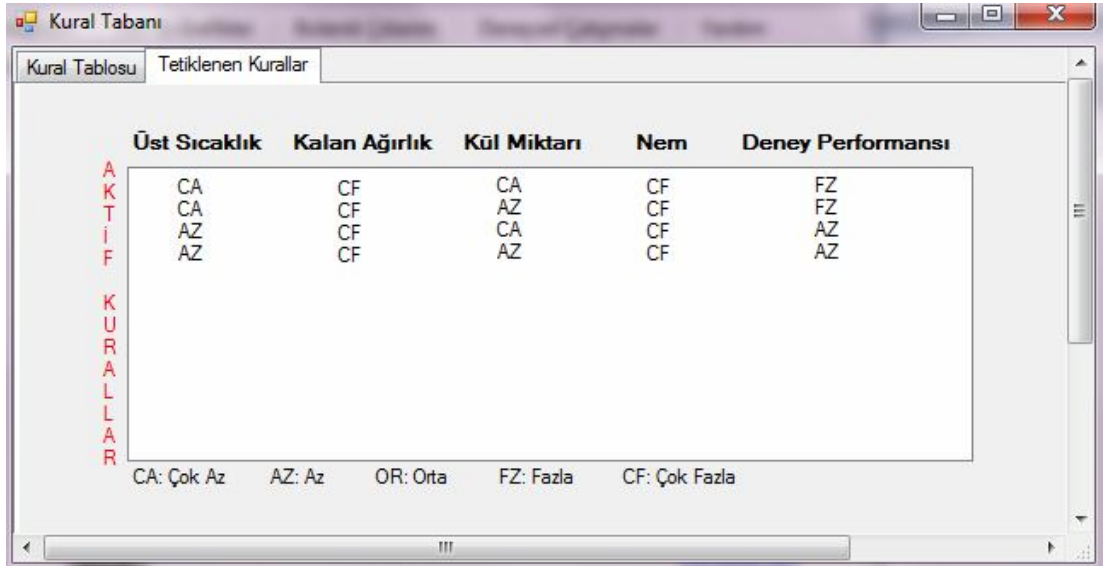
```
function agirlikOrtalamasi()  
for i from 0 to cikis_uyelik_sayisi by 1 step  
  x = uyelik_fonksiyonu_baslangic_degeri;  
  if maksimum_kural_degeri != -1  
    t1 = t1 + x * maksimum_kural_degeri;  
    t2 = t2 + maksimum_kural_degeri;  
  if (t2 != 0)  
    t = t1 / t2;
```

```
function maksimumUyelik()  
for i from 1 to cikis_uyelik_sayisi by 1 step  
  if maksimum < maksimum_kural_degeri  
    maksimum = maksimum_kural_degeri;  
  index = i;
```

if maksimum!= -1

t = index_nolu_cikis_uyelik_fonksiyonu_orta_degeri;

Deney çalışmasına başlamadan önce bulanık çıkarım menüsü altında bulunan veri setini yükleme seçeneği ile daha önce hazırlanan veri seti, bulanık çıkarım sistemi üstüne aktarılmaktadır. Bu işlemi gerçekleştirdikten sonra veri seti giriş ve çıkış değişkenleri ile kural tabanı üzerine aktarılır. Veri seti içerisinde bu giriş ve çıkışlara ait üyelik fonksiyonu verileri bulunmaktadır. Bulanık çıkarım kural tabanı yanma konusunda alanında uzman kişiler ve bu alanda çalışan akademisyenlerle görüşülerek hazırlanmıştır.



	Üst Sıcaklık	Kalan Ağırlık	Kül Miktarı	Nem	Deney Performansı
A K T İ F K U R A L L A R	CA	CF	CA	CF	FZ
	CA	CF	AZ	CF	FZ
	AZ	CF	CA	CF	AZ
	AZ	CF	AZ	CF	AZ

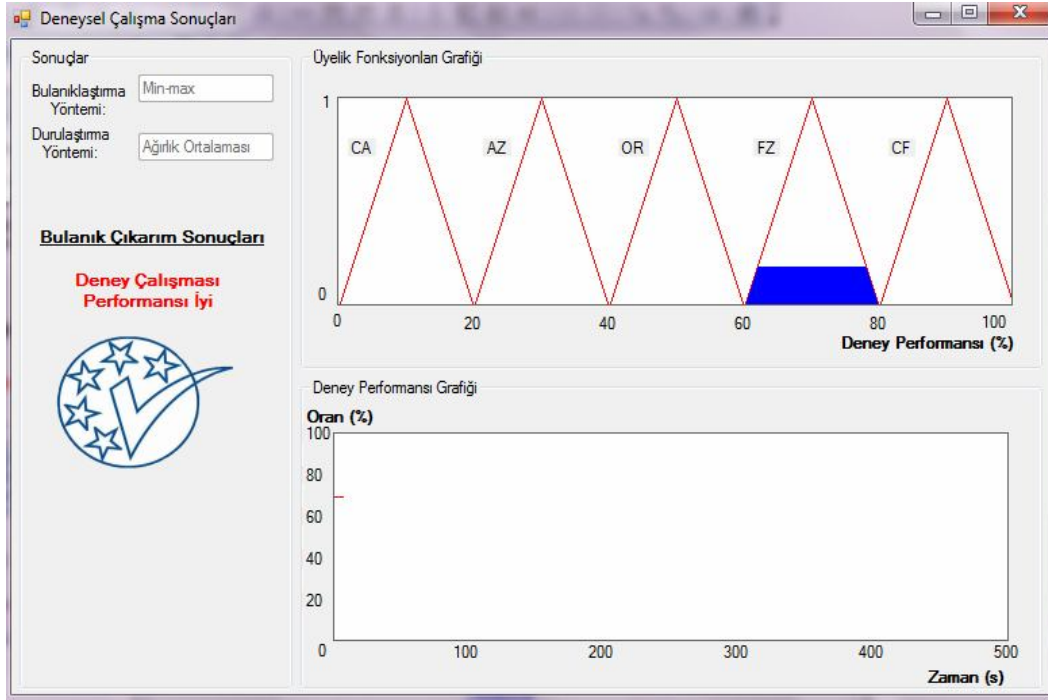
CA: Çok Az AZ: Az OR: Orta FZ: Fazla CF: Çok Fazla

Şekil 4.22. Tetiklenen kuralların gösterimi ekranı.

Şekil 4.22’de gerçek zamanlı bulanık çıkarım yapılırken ölçüm değerlerine göre bulanık kural tabanında hangi kuralların aktif olduğunu gösteren ekran görülmektedir. Tetiklenen bu kurallara göre bulanık çıkarım işlemi gerçekleşmektedir.

Gerçek zamanlı bulanık çıkarım sonuçları Şekil 4.23’te verilen ekranda gösterilmektedir. Bulanık çıkarım sisteminde kullanılan bulanıklaştırma ve durulaştırma yöntemi bu ekranda belirtilmektedir. Çıkış değişkeninin üyelik fonksiyonlarından hangilerinin etkin olduğu üyelik fonksiyonları grafiği bölümünde

kullanıcıya anlık gösterilmektedir.



Şekil 4.23. Çıkarım sonuçları ekranı.

Deney sonuçlarına göre bulanık çıkarım sonucunun nasıl değiştiği deney performansı grafiği bölümünde sunulmaktadır. Ekranın sol bölümünde ise bulanık çıkarım sonucuna göre kullanıcıya deneyin performansına göre bilgiler verilmektedir. Deney performansının kötü gitmesi durumunda buna sebep olacak durumlar da burada kullanıcıya sunulur.

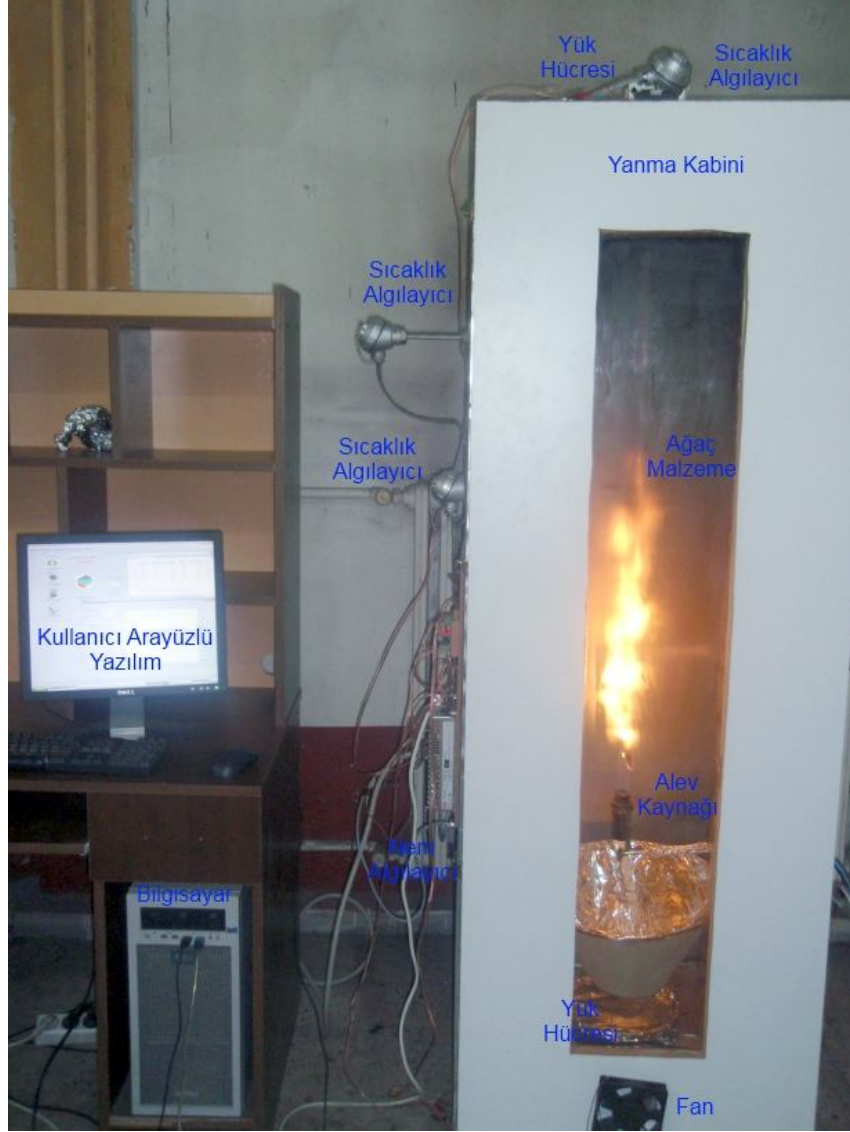
BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Yanma performansının bulanık mantık ile izlenmesi için öncelikle Matlab Simulink ortamında simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Matlab ortamında gerçekleştirilen çalışmalarda verilerin bilgisayar ortamına alınması hızlı bir şekilde sağlanmaktadır. Simulink modeline gelen veriler ön işleme yapılarak bulanık çıkarım modeline gönderilmektedir. Bulanık çıkarım sonuçlarıyla deney performansı değerlendirilmiştir. Simülasyon çalışmalarında elde edilen başarılı sonuçların ardından kullanıcı arayüzlü yazılım tasarımı üzerinde deneysel çalışmalara devam edilmektedir. Yapılan yanma deneyi çalışmalarında iki farklı ağaç malzeme kullanılarak tasarlanan yanma düzeneğinin test edilmesi sağlanmaktadır.

Deneysel çalışmalara başlanırken öncelikle veri alt yapısının kontrolü yapılır. Ardından çalışmada kullanılacak ağaç malzemenin seçimi gerçekleştirilmektedir. Kullanıcı arayüzlü program çalıştırılarak deney başlangıç ölçümleri gerçekleştirilir. Bu işlemin ardından ağaç malzeme düzeneğe yerleştirilmekte ve yanma kabinin kapağı kapatılmaktadır. Yanma işlemin başlaması için gaz kaynağı açılır ve manyetolu çakmak çakılarak ateşleme sağlanır. Ateşleme işlemiyle birlikte kullanıcı arayüzlü programda da ilgili butona basılarak deneye başlanır. Bu sayede sistem üzerinde veri kaydetme ve bulanık çıkarım işlemleri başlamış olur. Bununla birlikte baca gazı analizini gerçekleştiren testo cihazı da aktif hale gelerek ortamdaki veri almaya başlar. 3 dakika boyunca alev kaynaklı yanma işlemi gerçekleştirilir. Bu süre sonunda gaz kaynağı kapatılarak yanma işlemine devam edilir. Deney süresi olan 10 dakikanın bitimiyle program otomatik olarak veri kaydetme ve çıkarım işlemlerini sonlandırır. Testo cihazından veri alma işlemi de sonlandırılır. Yanma işlemi süresince elde edilen tüm veriler ve bulanık çıkarım sonuçları program arayüzü ile kullanıcılara sunulur. Bulanık çıkarım sistemi için ölçümü gerçekleştirilen verilerden sadece üst sıcaklık, kalan ağırlık oranı, kül miktarı ve nem verileri kullanılmaktadır.

Bulanık çıkarım sisteminde bulanıklaştırma yöntemi olarak minimum-maksimum yöntemi, durulaştırma yöntemi olarak ise ağırlık ortalaması yöntemi kullanılmıştır.



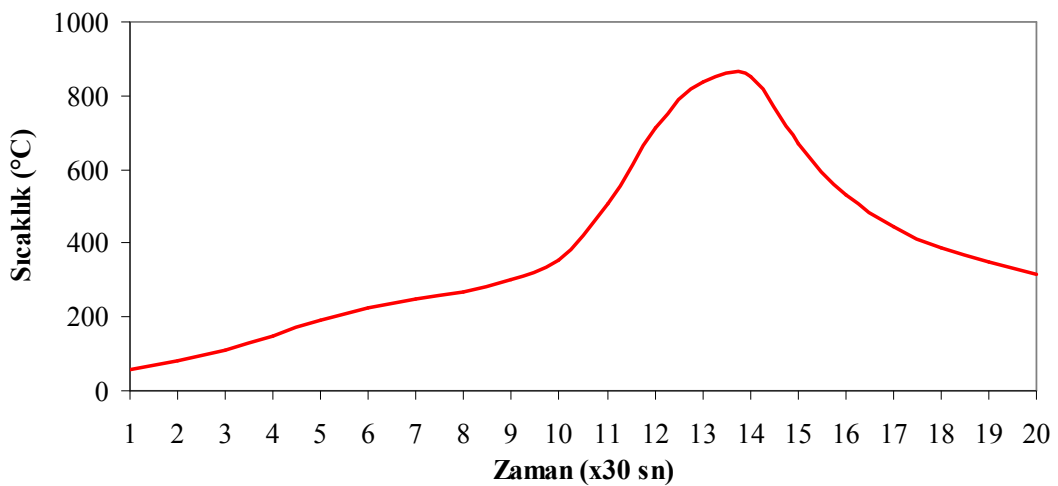
Şekil 5.1. Deney çalışması sırasında yanma düzeneği genel görünümü.

Şekil 5.1’de deney çalışması sırasında ağaç malzeme yanma düzeneğinden alınan genel bir görüntü verilmektedir. Gerçekleştirilen yanma çalışmaları sonucunda yanma kabinin dış ortamda hava almayacak şekilde izolasyon sağladığı görülmektedir. Düzenek içerisinde farklı noktalardan ölçüm yapan sıcaklık algılayıcılarının aldığı verilerin Testo-350-xl ile karşılaştırılması yapılmış ve yapılan ölçümlerin doğruluğu kanıtlanmıştır. Kalan ağırlık oranını ölçen algılayıcının yanma deneyi süresince ölçtüğü değerler izlenmiş ve bu süre boyunca ağırlık kaybının

yaşandığı görülmektedir. Aynı şekilde kül miktarını ölçen algılayıcının da ölçtüğü değerler izlenmiş ve ağırlık artımının olduğu tespit edilmektedir.

Nem algılayıcıdan alınan nem bilgisi de yanma süresince ortam neminin belli bir miktarda azaldığını göstermiştir. Düzeneğe yerleştirilen fanın düzenek içi hava akışını sağladığı gözlemlenmektedir. Deneyler süresince ölçümü yapılan değerlerin anlık değişimleri kullanıcı arayüz ekranları ile izlenmektedir. Bulanık çıkarım sistemi sonucunda oluşan performans değerlendirmesi ile deney çalışması sonucunun değerlendirilmesi gerçekleştirilmektedir. Bazı yanma çalışmalarının ölçüm sonuçlarında oluşan hatalar tespit edilmekte ve bu hatalar kullanıcıya bildirilmektedir. Ağaç malzeme yanma çalışmaları gerektiğinde uzman eşliğinde bulanık çıkarım sistemi kullanılmaksızın, gerektiğinde uzman olmadan bulanık çıkarım sistemi kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede bulanık çıkarım sistemi yanma konusunda uzman olmayan kişilerin de deneylerini kontrol altında yapabilmelerini sağlamaktadır.

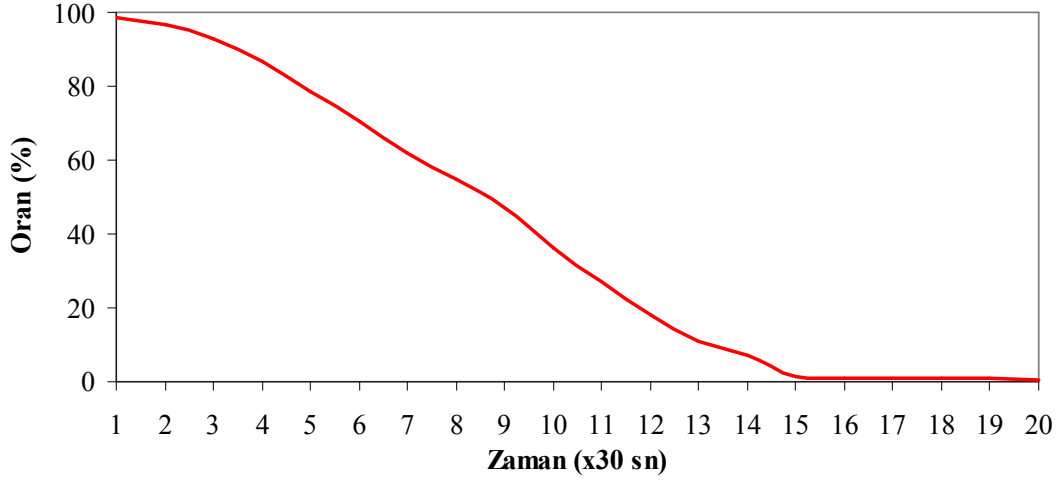
Yanma çalışmalarında elde edilen verilerin ve bulanık çıkarım sonuçlarının her 30 saniyede bir ortalaması alınarak grafikler çizilmiştir. İki farklı ağaç malzeme için sıcaklık, kalan ağırlık oranı, kül miktarı, nem oranı ve bulanık çıkarım sonuçları ile uzman görüşü karşılaştırma grafikleri verilmektedir.



Şekil 5.2. Doğu kayını ağaç malzemesi yanma deneyi sıcaklık değişimi.

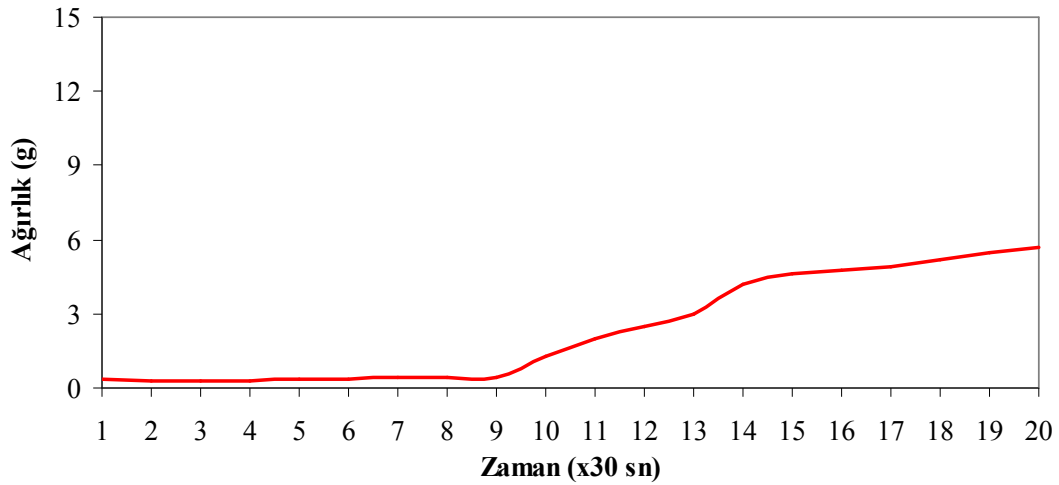
Şekil 5.2'de doğu kayını ağaç malzemesinin yanması sırasında elde edilen sıcaklık

değişimi grafiği verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere sıcaklık 5 dakika süresince artış göstererek 375 °C'ye ulaşmaktadır. 5. dakikadan 6,5. dakikaya kadar geçen sürede ise sıcaklık miktarı daha hızlı bir şekilde artış göstererek 865 °C'ye ulaşmaktadır. 7. dakikadan itibaren ağaç malzemenin yanması azaldığı için sıcaklık azalmaya başlamakta ve 10 dakika sonunda 300 °C'ye kadar düşmektedir.



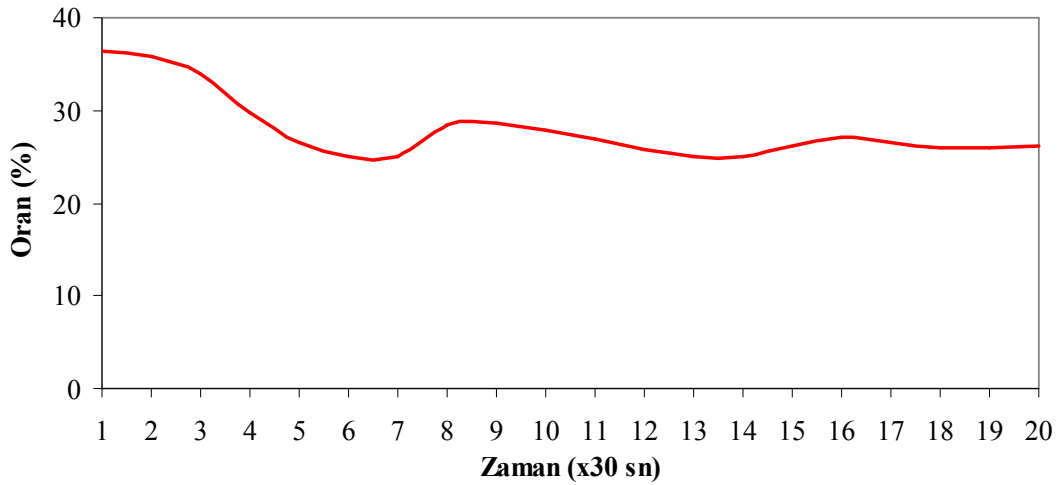
Şekil 5.3. Doğu kayını ağaç malzemesi yanma deneyi kalan ağırlık oranı değişimi.

Şekil 5.3'te doğu kayını ağaç malzemesinin yanması sırasında elde edilen kalan ağırlık oranı grafiği verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere kalan ağırlık oranı 7 dakika boyunca azalma göstermekte ve % 2'ye düşmektedir. 7. dakikadan itibaren ağaç malzemenin yanması sona erdiği için ağırlık kaybı fazla değişmemekte 10 dakika sonunda % 1'in altına düşmektedir.



Şekil 5.4. Doğu kayını ağaç malzemesi yanma deneyi kül miktarı değişimi.

Şekil 5.4'te doğu kayını ağaç malzemesinin yanması sırasında elde edilen kül miktarı değişimi grafiği verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere kül miktarı ağaç malzemenin yanması tam olarak başlamadığı için 4. dakikaya kadar artım göstermemektedir. 4. dakikadan sonra yanma boyunca artış göstermekte ve 4,5 grama çıkmaktadır. 7. dakikadan itibaren ağaç malzemenin yanması azaldığı için kül miktarı fazla değişmemekte ve 10 dakika sonunda 5,7 g olarak ölçülmektedir.

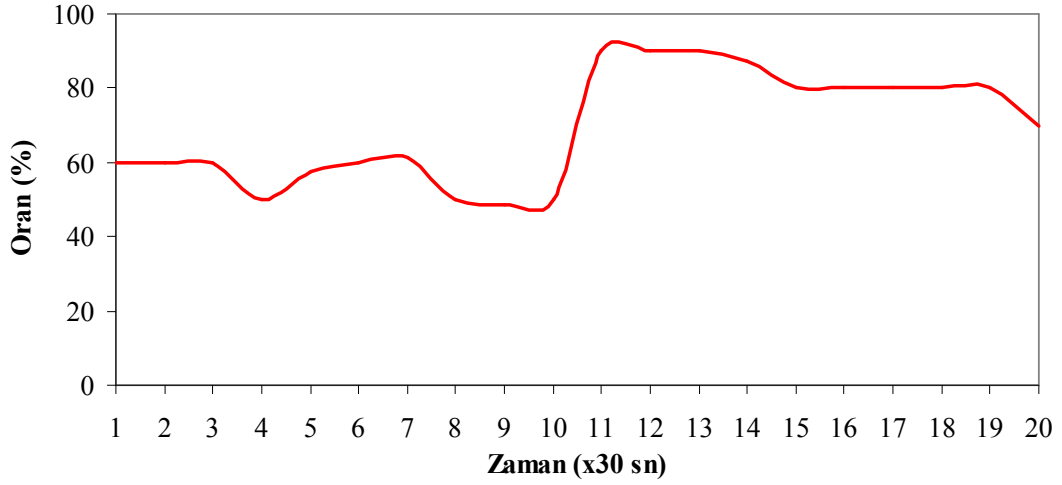


Şekil 5.5. Doğu kayını ağaç malzemesi yanma deneyi nem oranı değişimi.

Şekil 5.5'te doğu kayını ağaç malzemesinin yanması sırasında elde edilen nem verileri grafiği verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere nem oranı 3. dakikaya kadar hızlı bir azalış göstermektedir. 3. dakikadan sonra belli bir miktarda artış görülmektedir. Nem oranı tekrar 7. dakikaya kadar azalmakta ve % 25'e kadar düşmektedir. 8. dakikadan itibaren ağaç malzemenin yanması sona erdiği için nem miktarı biraz artış göstermekte ve 10 dakika sonunda % 26 olarak değer almaktadır.

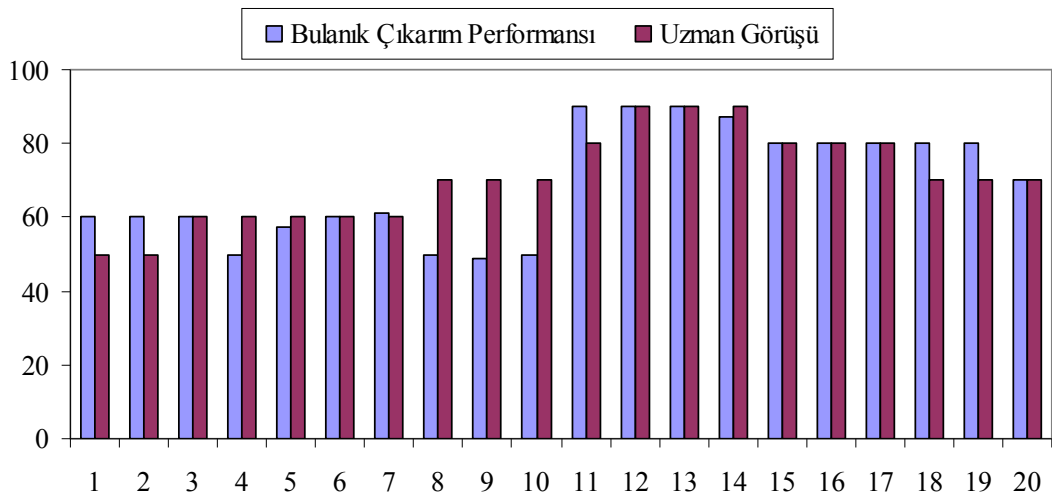
Şekil 5.6'da doğu kayını ağaç malzemesinin yanması sonucu elde edilen deney performansı bulanık çıkarım sonucu grafiği verilmektedir. Deney performansı % 60 oranı ile başlamakta ve 1,5 dakika süresince bu değerinde devam etmektedir. 2. dakikada deney performansı % 50 seviyesine gerilemektedir. Ardından 4. dakikaya kadar belli bir artış göstererek % 61 seviyesine ulaşmaktadır. Performans 4. dakikadan sonra tekrar azalmaya başlamakta ve 5. dakikanın başında % 48 seviyesine düşmektedir. 5. dakika itibari ile ani bir artış göstererek % 90 seviyesine ulaşmaktadır. 7. dakika içerisinde performans azalma göstererek % 80 seviyesine

inmekte ve 9. dakika sonuna kadar bu seviyede kalmaktadır. 10. dakika içerisinde azalma göstererek % 70 seviyesine düşmekte ve deney bu oranda tamamlanmaktadır.



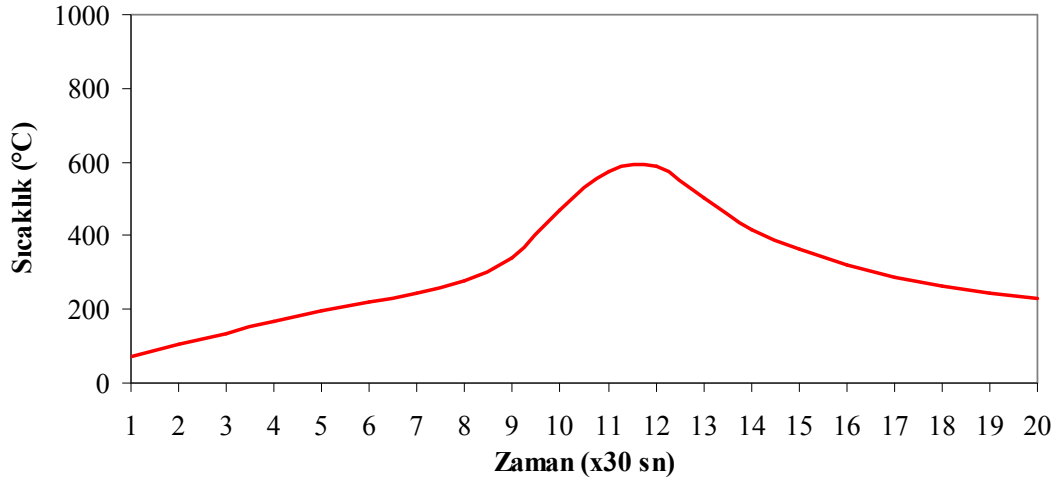
Şekil 5.6. Doğu kayını ağaç malzemesi yanma deneyi bulanık çıkarım performansı.

Doğu kayını ağaç malzemesinin yanması sonucu elde edilen bulanık çıkarım performansı uzmanların görüşleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu elde edilen grafik Şekil 5.7’de verilmektedir. Grafikte her 30 saniyede bir alınan ortalama performans sonuçları ve uzmanlar tarafından beklenen performans görüşü sunulmaktadır. Yanma çalışmalarında elde edilen bulanık çıkarım sonuçlarında etkin bir başarı sağlandığı gözlemlenmiştir.

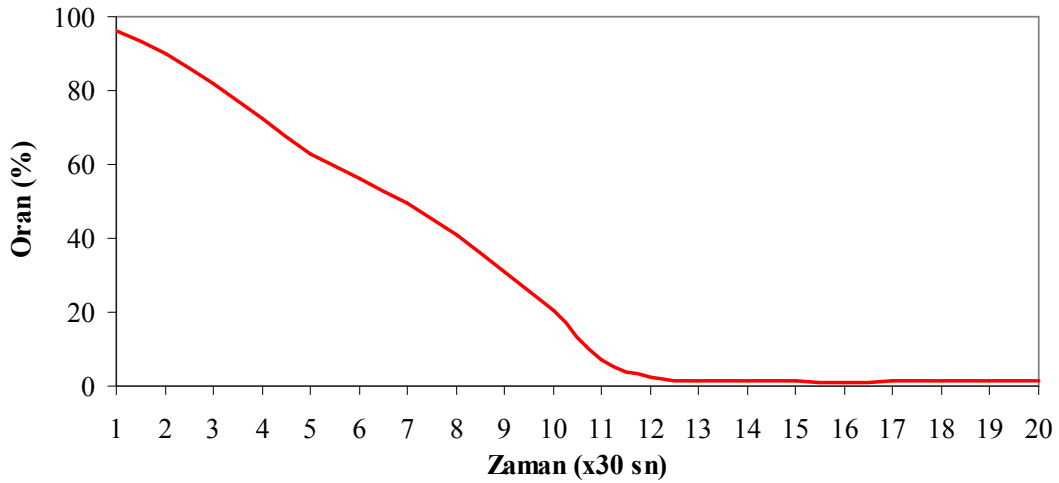


Şekil 5.7. Doğu kayını deneyi performans ve uzman değerlendirme.

Şekil 5.8’de sarıçam ağaç malzemesinin yanması sırasında elde edilen sıcaklık değişimi grafiği verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere sıcaklık 4 dakika süresince artış göstererek 275 °C’ye ulaşmaktadır. 4. dakikadan 6. dakikaya kadar geçen sürede ise sıcaklık miktarı daha hızlı bir şekilde artış göstererek 590 °C’ye ulaşmaktadır. 6. dakikadan itibaren ağaç malzemenin yanması azaldığı için sıcaklık azalmaya başlamakta ve 10 dakika sonunda 225 °C’ye kadar düşmektedir.



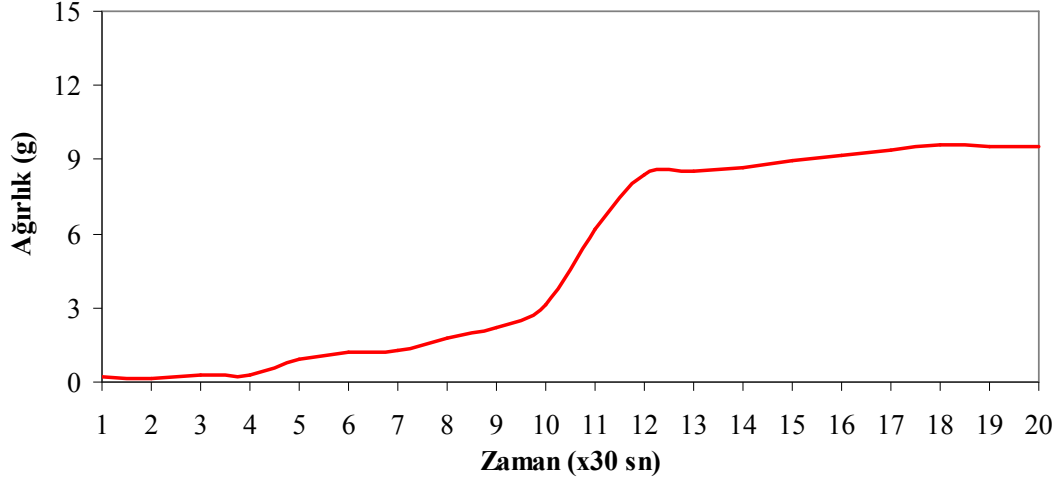
Şekil 5.8. Sarıçam ağaç malzemesi yanma deneyi sıcaklık değişimi.



Şekil 5.9. Sarıçam ağaç malzemesi yanma deneyi kalan ağırlık oranı değişimi.

Şekil 5.9’da sarıçam ağaç malzemesinin yanması sırasında elde edilen kalan ağırlık oranı grafiği verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere kalan ağırlık oranı 6 dakika boyunca azalma göstermekte ve % 2’ye düşmektedir. 6. dakikadan itibaren ağaç

malzemenin yanması sona erdiği için ağırlık kaybı fazla değişmemekte 10 dakika sonunda % 2'in altına düşmektedir.



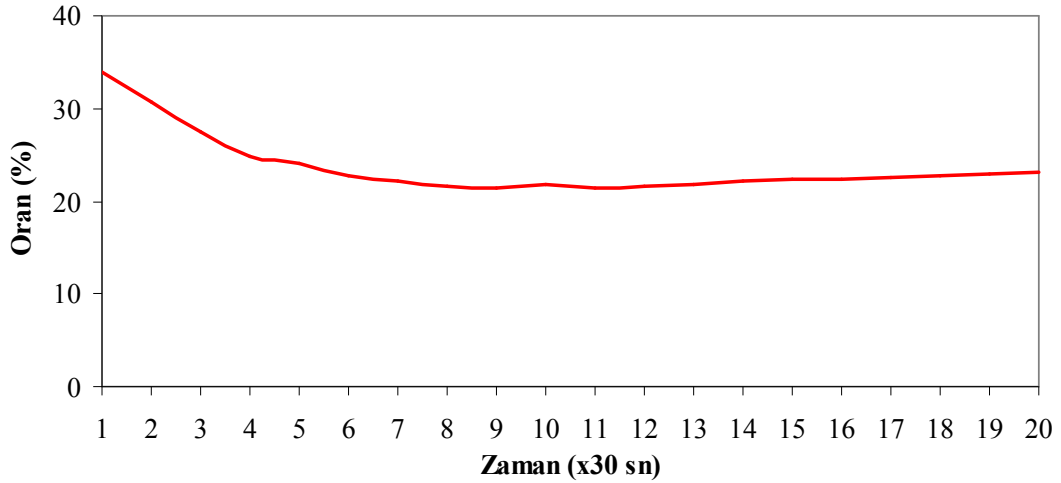
Şekil 5.10. Sarıçam ağaç malzemesi yanma deneyi kül miktarı değişimi.

Şekil 5.10'da doğu kayını ağaç malzemesinin yanması sırasında elde edilen kül miktarı değişimi grafiği verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere kül miktarı ağaç malzemenin yanması tam olarak başlamadığı için 2. dakikaya kadar artım göstermemektedir. 2. dakikadan sonra yanma boyunca artmakta ve 5. dakika sonunda 3 grama çıkmaktadır. Kül miktarı 5. dakika içerisinde ani bir artma göstererek 8 grama ulaşmaktadır. 6. dakikadan itibaren ağaç malzemenin yanması azaldığı için kül miktarı fazla değişmemekte ve 10 dakika sonunda 9,5 g olarak ölçülmektedir.

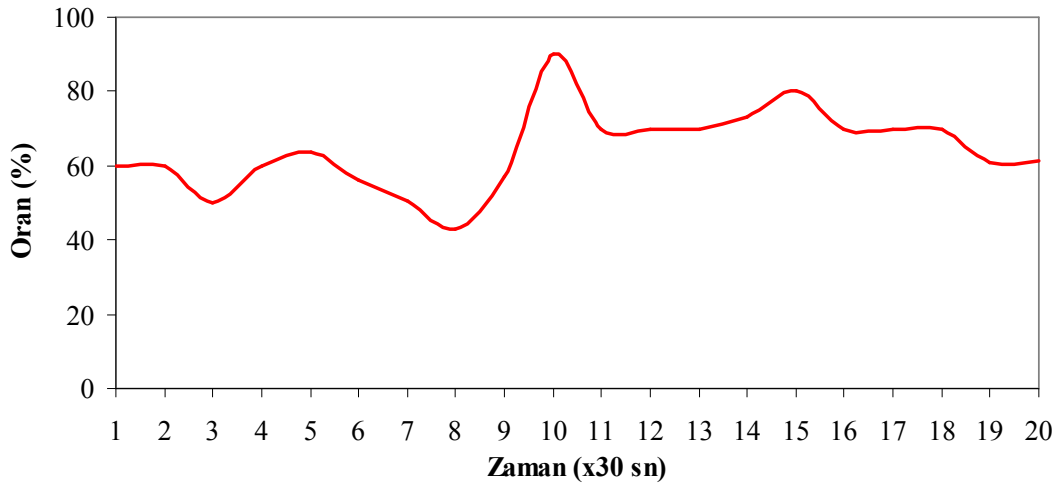
Şekil 5.11'de sarıçam ağaç malzemesinin yanması sırasında elde edilen nem verileri grafiği verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere nem oranı 2. dakikaya kadar hızlı bir azalış göstermektedir. 2. dakikadan sonra azalma miktarı yavaşlamakta ve % 21 seviyesine inmektedir. 6. dakikadan itibaren ağaç malzemenin yanması azaldığı için nem miktarı biraz artış göstermekte ve 10 dakika sonunda % 23 olarak değer almaktadır.

Şekil 5.12'de sarıçam ağaç malzemesinin yanması sonucu elde edilen deney performansı bulanık çıkarım sonucu grafiği verilmektedir. Deney performansı % 60 oranı ile başlamakta ve 1,5. dakika içerisinde % 50 seviyesine gerilemektedir. Bu dakikadan itibaren artış göstererek 2,5 dakika sonunda % 63 değerini almaktadır.

Ardından 4. dakikaya kadar belli bir azalış gösterirken, 4. dakikadan sonra tekrar artmaya başlamakta ve 5. dakikanın sonunda % 90 seviyesine çıkmaktadır. 6. dakika içerisinde yine bir azalış olmakta ve % 70 oranına gerilemektedir. 8. dakika başında performans artış göstererek % 80 seviyesine çıkmaktadır. Ardından 9. dakika başında tekrar % 70 seviyesine gerilemektedir. Performans 10. dakika içerisinde yine azalma göstererek % 61 seviyesine düşmekte ve deney bu oranla tamamlanmaktadır.



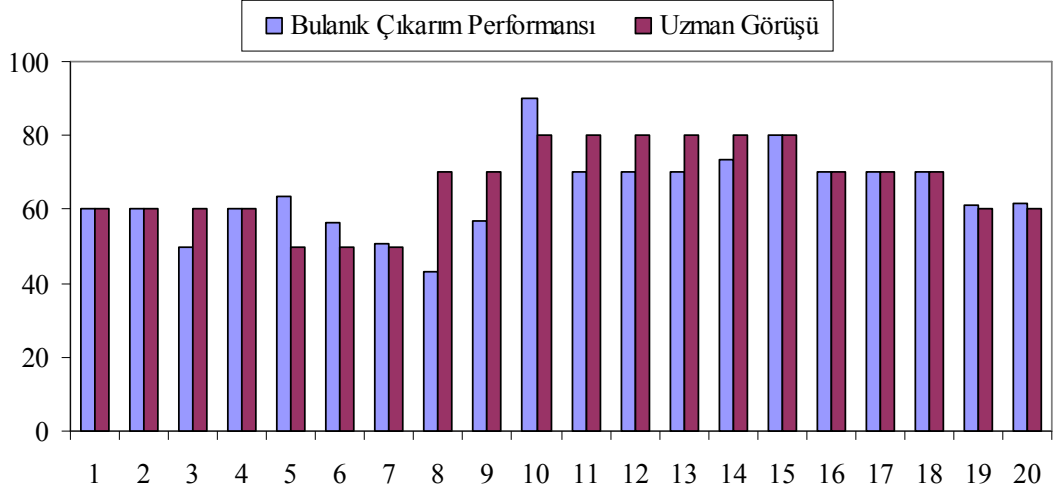
Şekil 5.11. Sarıçam ağaç malzemesi yanma deneyi nem oranı değişimi.



Şekil 5.12. Sarıçam ağaç malzemesi yanma deneyi bulanık çıkarım performansı.

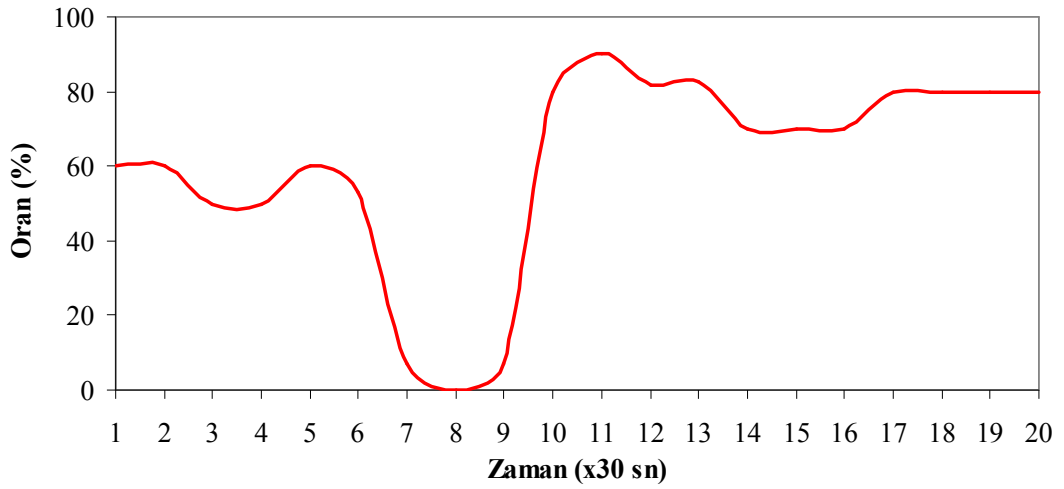
Sarıçam ağaç malzemesinin yanması sonucu elde edilen bulanık çıkarım performansı uzmanların görüşleri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucu elde edilen grafik Şekil 5.13'te verilmektedir. Grafikte her 30 saniyede bir alınan ortalama performans

sonuçları ve uzmanlar tarafından beklenen performans görüşü sunulmaktadır. Yanma çalışmalarında elde edilen bulanık çıkarım sonuçlarında etkin bir başarı sağlandığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.13. Sarıçam deneyi performans ve uzman değerlendirmesi.

Bazı yanma çalışmaları esnasında veri ölçümlerinde beklenmeyen durumlar tespit edilmiş ve bu durumlar kullanıcıya bildirilmiştir. Şekil 5.14'te doğu kayını ağaç malzemesinin yanması sırasında oluşan beklenmeyen bir durumda oluşan deney performansı bulanık çıkarım sonucu verilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere 4. dakika içerisinde oluşmuş beklenmeyen bir durum deney performansını düşürmektedir.



Şekil 5.14. Doğu kayını ağaç malzemesi hatalı yanma deneyi.

Bu gibi durumlar uzman kişilerin tespit edemediği durumlardır. Bulanık ıkarım sistemi bize bu beklenmeyen durumları belirtmektedir. Deney alışması bu hata durumu dışında doğru bir şekilde devam etmektedir. Deneyi gerçekleştiren kişiler istediği takdirde deneyi anında bitirip yeni deney çalışmalarına geçebilmektedir. Bunun yanında hatalı durumları not alarak çalışmalarını deney suresi sonuna kadar devam ettirebilmektedirler.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ağaç malzeme yanma performansının bulanık mantık ile izlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar destekli yanma düzeneği tasarlanmış ve bu düzenek kullanılarak yanma çalışmaları yapılmıştır. Matlab Simulink ortamında gerçekleştirilen başarılı simülasyon çalışmaları sonucunda kullanıcı arayüzlü yazılım tasarımı gerçekleştirilmiştir. Yanma sonucu elde edilen ölçümlerin ve yanma sürecinin en hassas şekilde izlenmesi bilgisayar üzerinde gerçek zamanlı olarak sağlanmıştır. Manuel ölçme ve insan kaynaklı hataların en aza indirilmesi, yanma sonucu elde edilen parametrelerin artırılması ve bu parametreler üzerinde daha hızlı işlemler yapılması sağlanmıştır. Yanma deneyi süresince ölçülen veriler üzerine bulanık çıkarım uygulanarak deneyin gerçek zamanlı performansı değerlendirilmekte ve yanma işlemi kontrol altında tutulmaktadır. Yanma süresince uzman kişinin doğru sandığı ve tespit edemediği beklenmeyen durumlar bu sistem sayesinde tespit edilebilmektedir. Bulanık çıkarım sonucu oluşturulan değerlendirmelerde etkin bir başarı gözlemlenmiştir.

Gerçekleştirilen yanma deneyleri sonucunda tasarlanan sistemin veri kayıplarını önlediği, hassas ölçümlerle daha iyi sonuçlar verdiği ve özellikle zaman ve iş gücünden tasarruf sağladığı görülmektedir. Veri kayıplarının önlenmesi daha az deney tekrarını sağlamıştır. Bu sayede düzenek, ağaç malzeme koruma teknolojisi ve ağaç malzemenin yanma özelliklerinin belirlenmesi alanında kullanılabilme özelliklerine sahip olmaktadır. Tarihi ahşap yapıların yanmaya karşı korunmasıyla ilgili yapılacak çalışmalara imkan tanınmaktadır. Tarihi ahşap evlerin yanma tehlikesine karşı korunabilmesi de tarihi kültürümüzün sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

Bu konuda yapılacak sonraki çalışmalarda ölçüm sonuçları yapay sinir ağları ile

değerlendirilip kontrol edilebilir. Yanma çalışmalarının internet üzerinden izlenmesi veya kontrol edilmesi sağlanabilir. Prototip olarak geliştirilen bu sistem eğitim amaçlı üniversitelerin ilgili bölümlerinde veya Ar-Ge merkezlerinde rahatlıkla kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Bozkurt, Y. ve Göker, Y., “Orman ürünlerinden faydalanma”, *İÜ. Orman Fakültesi Yayınları*, İstanbul, 2840-297 (1981).
2. Berkel, A., “Ağaç malzeme teknolojisi, ağaç malzemenin korunması ve emprenye tekniği”, *İ.Ü.Orman Fakültesi*, İstanbul, 183 (2) (1972).
3. Gökmen, Ş., “Yangın bilgisi”, *Ege Üniversitesi*, Bornova, İzmir (1965).
4. White R.H. and Dietenberger M.A., “Wood handbook”, *Madison*, 17: 16, WI: USA (1999).
5. Uysal B. ve Özçifçi A., “Ihlamur (*Morus Alba L.*) odunundan PVAc tutkalı ile üretilen lamine ağaç malzemenin yanma özellikleri”, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13 (4): 1023-1035 (2000).
6. Örs, Y., Sönmez, A. ve Uysal, B., “Ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığını etkileyen emprenye maddeleri”, *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23 (2): 389-394 (1999).
7. Uysal, B. ve Kurt, Ş., “Borlu bileşiklerle emprenye edilmiş kayın ve sarıçam ağaçlarının yanma özellikleri”, *I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı*, 33, Ankara (2005).
8. Sahin Kol, H., Uysal, B., Kurt, S. and Ozcan, C., “Thermal conductivity of oak impregnated with some chemicals and finished”, *BioResources*, 5 (2): 545-555 (2010).
9. Uysal, B., “Çeşitli kimyasal maddelerin ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığı üzerine etkileri”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (1997).
10. Uysal, B., Kurt, S., Seferoglu, D. and Ozcan, C., “Combustion properties of scotch pine of finishing processed”, *Teknoloji*, 11 (4): 305-313 (2008).
11. Kurt, S. and Uysal, B., “Combustion properties of oak (*Quercus robur L.*) laminated veneer lumbers bonded with PVAc, PF adhesives and impregnated with some fire-retardants”, *Composite Interfaces*, 16: 175-190 (2009).
12. “PCI-1710 series user’s manual”, *Advantech Co. Ltd.*, Part No. 2003171600, 1st Edition, Taiwan (2001).

13. Patterson, D.W., "Artificial neural networks theory and applications", *Prentice Hall*, Singapore, 20-36, 56-71, 141-243, 367-404 (1996).
14. Sağıroğlu, Ő., BeŐdok, E. ve Erler, M., "Mühendislikte yapay zeka uygulamaları-I", *Ufuk Yayıncılık*, Kayseri, 1-5 (2003).
15. Kalogirou, S.A., "Artificial intelligence for the modeling and control of combustion processes: a review", *Progress in Energy and Combustion Science*, 29: 515-566 (2003).
16. Elmas, Ç., "Yapay zeka uygulamaları", *Seçkin Yayıncılık*, İstanbul (2007).
17. Gao X.Z., "Soft Computing methods for control and instrumentation", PhD Thesis, *Helsinki University of Technology Institute of Intelligent Power Electronics*, Helsinki Finland, 6-33 (1999).
18. E. Teruel, C. Cortés, L.I. Díez and I. Arauzo, "Monitoring and prediction of fouling in coal-fired utility boilers using neural networks", *Chemical Engineering Science*, 60: 535 (2005).
19. Pan, L, "Neural network based on computer control system for reheating furnace combustion process", *ICEMI 2005: Conference Proceedings of the Seventh International Conference on Electronic Measurement & Instruments*, 4: 224-230 (2005).
20. Sivanandam, S.N., Sumathi, S. and Deepa, S.N., "Introduction to fuzzy logic using MATLAB", *Springer*, New York, 321-356 (2007).
21. Yapici F., Özcifci A., Akbulut T. and Bayir R., "Determination of modulus of rupture and modulus of elasticity on flakeboard with fuzzy logic classifier", *Materials & Design*, 30: 2269-2273 (2009).
22. Lee CC., "Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller: I-II", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 20 (2): 404-435 (1990).
23. Ozcan, C., Uysal, A. and Bayir, R., "Real time control via Matlab/Simulink of DC-DC buck converter with fuzzy logic controller", *FUZZYSS'09: 1st International Fuzzy Systems Symposium*, Ankara (2009).
24. Ucar,M., Bayir, R. and Ozer, M., "Real time dedection of alternator failures using intelligent control systems", *6th International Conference on Electrical and Electronics Engineering*, Bursa, 2: 380-384 (2009).
25. Bayır, R. ve Ünsal, V., "İçten yanmalı motorlarda gerçek zamanlı olarak arıza teşhisi", *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, 2007-2012 (2009).
26. Zadeh, L.A. "Fuzzy algorithms". *Information and Control*, 12 (2): 94-102 (1968).

27. Zadeh, L.A. "Fuzzy sets". *Information and Control*, 8 (3): 338-353 (1965).
28. James T. Humphries and Leslie P. Sheets, "Industrial electronics", *Delmar Publishers* (1989).
29. J. Michael Jacob, "Industrial control electronics applications and design", *Printice-Hall*, Purdue University (1989).
30. Dinis, C.M., Cuntan, C.D., Iagar, A., Popa, G.N. and Anghel, S.R., "Aspects regarding the fuzzy logic in the process control from the sintering plants", *Proceedings of the 13th WSEAS International Conference on Systems - Recent Advances in Systems*, 277-282 (2009).
31. Baus, Z.L., Nikolovski, S.N. and Maric, P.Z., "Process control for thermal comfort maintenance using fuzzy logic", *Journal of Electrical Engineering*, 59 (1): 34-39 (2008).
32. Fileti, A.M.F., Antunes, A.J.B., Silva, F.V., Silveira, V. and Pereira, J.A.F.R., "Experimental investigations on fuzzy logic for process control", *Control Engineering Practice*, 15 (9): 1149-1160 (2007).
33. Wade, M.J., Sanchez, A. and Katebi, M.R., "On real-time control and process monitoring of wastewater treatment plants: real-time process monitoring", *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 27 (3): 173-193 (2005).
34. Zhang, X.H., Zhao, L.H., Liu, Y., Ma, Y., Jiang, W.J. and Wu, G., "Design of distributed real-time process control for heating and power plant", *Progress in Safety Science and Technology*, 7: 420-422 (2008).
35. "Real-time windows target user's guide", *The MathWorks Inc.* (2008).

ÖZGEÇMİŞ

Caner ÖZCAN 1986 yılında Karabük'te doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Lise öğrenimine Safranbolu Anadolu Lisesi'nde başladı ve buradan mezun oldu. 2004 yılı içerisinde Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başladı ve 2008 yılında mezun oldu. 2008 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Aynı yıl Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda lisansüstü eğitimine başladı. Halen aynı üniversitede görevine ve lisansüstü eğitimine devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Karabük Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

Tel: (544) 742 4513

E-posta: canerozcan@karabuk.edu.tr