



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BULANIK MANTIK İLE VERİ MERKEZİ
KONTROL UYGULAMASI
Hasan YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hasan YILMAZ tarafından hazırlanan ‘‘Bulanık Mantık ile Veri Merkezi Kontrol Uygulaması’’ adlı tez çalışması 21/07/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan/ Danışman

Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BİLEN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez alışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüđü tarafından 21201044 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Hasan YILMAZ

Tarih:21/07/2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BULANIK MANTIK İLE VERİ MERKEZİ KONTROL UYGULAMASI

Hasan YILMAZ

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN

2022, 70 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN
Dr. Öğr. Üyesi Gül Nihal GÜĞÜL
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BİLEN**

İnsan hayatında kısa zamanda büyük etkiler meydana getiren teknoloji, günümüz dünyasının önemli bir niteliği haline gelmiştir. İhtiyaçların artması yeni teknolojileri tetiklerken insanların da akıllı nesne ve ortamları tanınması kaçınılmaz bir hal almıştır. İnsanlar bireysel istek ve ihtiyaçlarını sisteme eklemekte ve kontrol mekanizmaları sayesinde ortamların akıllı bir forma dönüşmesini sağlamaktadır. Ortamdaki ihtiyaçlar çözüme kavuşurken hatalar da en aza indirgenmiştir. Veri merkezleri kayıt ve haberleşme teknolojilerini kullanan cihazların barındırıldığı güvenli ve doğru çalışması beklenen bir sistemdir. Bu nedenle veri merkezlerinin akıllı ortama dönüştürülerek kontrolünün sağlanması günümüzde önemli çalışma alanlarından biri haline gelmiştir. Bu tez çalışmasında veri merkezlerinde bulunan kabin ortamı izlenerek istenmeyen durumlar karşısında kontrol sisteminin belirlenen optimal durum değerlerine ulaştırılması bulanık mantık teorisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bulanık kümeler veri merkezinin bulunduğu yerlere göre kullanıcı isteği ile değiştirilebilmektedir. Bu sayede istenilen optimal ve eşik değerler kullanıcılar tarafından sisteme girilerek duruma özgü değerlendirilebilmektedir. Tasarlanan bu sistem sayesinde veri merkezi güvenliği personelin en az etkinliği ile sağlanmıştır. Ayrıca sorun teşkil eden bütün olaylar sistem içerisinde kayıt edilerek hem web sayfası üzerinden görüntülenmesi sağlanmış hem de belirlenen personellere elektronik posta ile iletilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Gömülü Sistemler, Ortam İzleme, Veri Merkezi

ABSTRACT

MS THESIS

DATA CENTER CONTROL APPLICATION WITH FUZZY LOGIC

Hasan YILMAZ

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN COMPUTER ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN

2022, 70 Pages

Jury

**Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN
Assist. Prof. Dr. Gül Nihal GÜĞÜL
Assist. Prof. Dr. Mehmet BİLEN**

Technology, which has great effects in human life in a short time, has become an important feature of today's world. While the increase in needs triggers new technologies, it has become inevitable for people to recognize smart objects and environments. People add their individual wishes and needs to the system and enable the environments to turn into a smart form thanks to control mechanisms. While the needs in the environment are being resolved, the errors are also minimized. Data centers are a system where devices using recording and communication technologies are hosted and are expected to work securely and correctly. For this reason, controlling data centers by transforming them into a smart environment has become one of the important working areas today. In this thesis, the cabinet environment in the data centers is monitored and the control system reaches the determined optimal state values in the face of undesirable situations, using fuzzy logic theory. Fuzzy clusters can be changed according to the location of the data center at the request of the user. In this way, the desired optimal and threshold values can be entered into the system by the users and evaluated according to the situation. Thanks to this designed system, data center security is ensured with the least efficiency of the personnel. In addition, all problematic events were recorded in the system, allowing them to be viewed on the web page and communicated to the designated personnel via e-mail.

Keywords: Fuzzy Logic, Embedded Systems, Environment Monitoring, Data Center

ÖNSÖZ

Çalışmalarımın her aşamasında önerileri ile beni yönlendiren ve desteğini benden esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN'a, beni ikinci bir danışmanım gibi yönlendiren ve her zaman yanımda olan Dr. Mehmet BİLEN'e, görüş ve deneyimleriyle destek olan Dr. Gül Nihal GÜĞÜL ve Enes AÇIKGÖZOĞLU'na, tez çalışmam süresince stres ve sıkıntılara katlanan, beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim Melike'ye, ayrıca beni her zaman hayata bağlayan kızım Zeynep Ece ve oğlum Kerem Alp'e teşekkür ederim.

Hasan YILMAZ
KONYA-2022



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER	ix
ÇİZELGELER	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. VERİ MERKEZİ	7
3.1. Veri Merkezi Türleri	8
3.2. Veri Merkezi Standartları	9
3.2.1. TIA Standart 942	9
3.2.2. ASHRAE Termal Yönergeleri.....	11
3.2.3. Çevresel Yeterlilik Standartları	12
3.2.4. Kalite Yönetim Standardı: TL 9000	12
3.3. İklimlendirme.....	12
3.4. Güvenlik.....	13
4. BULANIK MANTIK VE KONTROL	14
4.1. Bulanık Mantık	14
4.1.1. Bulanık Mantık Avantaj ve Dezavantajları	14
4.1.2. Bulanık Küme	15
4.1.3. Üyelik Fonksiyonu.....	15
4.1.4. Bulanık Sistem Tasarım ve Uygulanması.....	16
4.2. Bulanık Mantık ile Sıcaklık Kontrol Sistemi.....	17
5. DONANIM ALTYAPISI	19
5.1. Raspberry Pi.....	20
5.2. Sensörler	21
5.3. Peltier	22
5.4. Havalandırma Sistemi.....	23
6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	24
6.1. Bulanık Kontrol Arayüzü.....	24

6.1.1. Web Arayüzü	30
6.2. Diğer Bulgular	44
6.2.1. Kod Ölçümleri	44
6.2.2. CPU Kullanımı	45
6.2.3. Senaryolar	46
6.3. Tartışma	49
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
7.1. Sonuçlar	50
7.2. Öneriler	51
KAYNAKLAR	52
EKLER	57
ÖZGEÇMİŞ	59

ŞEKİLLER

Şekil 3.1 Bir veri merkezi örneği (Anonymous, 2016).....	7
Şekil 3.2 Tier standart ve sertifika örnekleri (Uptime, 2013c).....	11
Şekil 4.1 a) Klasik küme, b) Bulanık küme.....	15
Şekil 4.2 Sıcaklık üyelik fonksiyonunun genel ifadesi (Şen, 2001).....	16
Şekil 4.3 Bulanık mantık sistemi mimarisi.....	16
Şekil 5.1 Bulanık sistem akış diyagramı.....	19
Şekil 5.2 Nem akış diyagramı.....	20
Şekil 5.3 Raspberry Pi model 4 (Anonymous, 2021c).....	21
Şekil 5.4 DHT22 sıcaklık ve nem sensörü.....	22
Şekil 5.5 Ateş algılayıcı sensör (Flame sensor).....	22
Şekil 5.6 Peltier.....	22
Şekil 5.7 Peltier çalışma prensibi (Anonim, 2021b).....	23
Şekil 5.8 Bilgisayar fanı.....	23
Şekil 6.1 Sistemin çalışma prensibi.....	24
Şekil 6.2 Örnek bir üyelik fonksiyonu.....	25
Şekil 6.3 Örnek bir bulanık çıkış grafiği ($X_1=30$, $X_2=24$).....	27
Şekil 6.4 Örnek bir kural toplamı sonrası çıkış grafiği.....	27
Şekil 6.5 Sistem arayüz menüleri.....	30
Şekil 6.6 Ayarlar sayfası.....	30
Şekil 6.7 Bulanık yöntem seçilmiş kontrol & takip sayfası.....	31
Şekil 6.8 Manuel yöntem seçilmiş kontrol & takip sayfası.....	32
Şekil 6.9 Manuel seçim sonrası kontrol & takip sayfası.....	32
Şekil 6.10 Bulanık menü sekmeleri.....	33
Şekil 6.11 Bulanık değişkenler.....	33
Şekil 6.12 Kabin arka sıcaklık için yeni üyelik fonksiyonu.....	34
Şekil 6.13 Kabin arka sıcaklık için üyelik fonksiyon grafiği.....	34
Şekil 6.14 Kabin arka sıcaklık için üyelik fonksiyonları.....	35
Şekil 6.15 Kabin ön sıcaklık için üyelik fonksiyon grafiği.....	35
Şekil 6.16 Isıtma çıkışı için üyelik fonksiyon grafiği.....	36
Şekil 6.17 Isıtma çıkışı için üyelik fonksiyonları.....	36
Şekil 6.18 Bulanık kurallar.....	37
Şekil 6.19 Yeni bulanık kural ekleme ekranı.....	37
Şekil 6.20 Bulanık test ekranı.....	38
Şekil 6.21 Bulanık test ekranı.....	39
Şekil 6.22 Klasik nem / fan kuralı giriş ekranı.....	40
Şekil 6.23 Sıcaklık bildirim kuralı ekranı.....	40
Şekil 6.24 Optimum değerler aşıldığında 1. kullanıcıya gönderilen elektronik posta....	41
Şekil 6.25 Optimum değerler aşıldığında 2. kullanıcıya gönderilen elektronik posta....	41
Şekil 6.26 Mail yönetim sayfası ekranı.....	42
Şekil 6.27 Yeni mail ekleme ekranı.....	43
Şekil 6.28 İstenmeyen mailleri silme ekranı.....	43
Şekil 6.29 CPU kullanım analizi ilk beş kategori.....	45
Şekil 6.30 Ortam sıcaklık grafiği.....	46
Şekil 6.31 PWM-sıcaklık grafiği.....	47
Şekil 6.32 Kabin ön sıcaklığı-zaman grafiği.....	47
Şekil 6.33 Kabin arka sıcaklığı-zaman grafiği.....	48
Şekil 6.34 Kabin arka ve ön sıcaklıkları için üretilen PWM çıkışları.....	48

ÇİZELGELER

Çizelge 3.1 Uptime enstitüsü tier standartları (Gabriel, 2015).....	10
Çizelge 3.2 ASHRAE 2004, 2008, 2011 ve 2015 yönergelerindeki ortam sınırlarının karşılaştırılması.....	11
Çizelge 3.3 Çevresel yeterlilik standartları karşılaştırması (Gillan, 2002; Dai ve ark., 2010).....	12
Çizelge 4.1 Sıcaklık aralıklarının bulanık küme gösterimi.....	18
Çizelge 6.1 Sıcaklık aralıklarının bulanık küme gösterimi.....	25
Çizelge 6.2 Bulanık kurallar tablosu.....	28
Çizelge 6.3 Kod ölçüm sonuçları.....	44



SİMGELER VE KISALTMALAR

HVAC	: Heating, ventilating, and air conditioning : (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme)
IoT	: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
DC	: Direct Current (Doğru akım)
MS SQL	: Microsoft Structured Query Language
PID	: Proportional–İntegral–Derivative
PWM	: Pulse Width Modulation
[T1,T2]	: Sıcaklık Parametreleri
<	: Küçük
>	: Büyük
μ	: Aritmetik Ortalama
°C	: Santigrat Derece
MATLAB	: Matrix Laboratory



1. GİRİŞ

Günümüzde bilgisayar ve internet kullanımı kişilerin vaz geçilmezleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Kişilerin, bilgisayar ve internet kullanım oranları arttıkça gelişim daha da hızlanmaktadır. Teknolojinin gelişimi birçok alanda etkisini göstermiş ve makine çağı yerini bilişim ve yapay zekâ çağına bırakmıştır. Fiziksel cihazlar olarak tanımladığımız donanımlar da bu çağa yabancı kalmamışlardır. Günümüzde de görüldüğü gibi iletişim unsurunu kullanan sadece insanlar değildir (Özdemir, 2019).

Nesnelerin İnterneti (IoT), gömülü sistemler ile insan-makine ve makine-makine etkileşimlerini kullanarak iletişim ağını güçlendiren internete bağlı cihazlar ağıdır (Xia ve ark., 2012; Gökrem ve Bozuklu, 2016). FTC (Amerikan Federal Ticaret Komisyonu)'ye göre IoT gündelik olarak kullanılan cihazlar internete bağlanarak birbirileri ile veri alışverişi kabiliyeti gösterebilirler (Anonymous, 2015). Bilgisayar kullanımının artması ve nesnelerin internetinin gelişimi ile kişilerin günlük yaşamlarında bazı ihtiyaç ve istekleri yanında getirirken bilgisayar sistemleri ile teknolojinin gelişimi de bu ihtiyaçları akıllı sistemler ve ortamlarla buluşturmuştur. Yapılan çalışmalar akıllı ortamlar için öncelikli grup olarak insan sağlığını ele almakta ve yoğunlukla akıllı ev sistemleri hakkında yapılmıştır.

“Akıllı ev” kavramı 1980’lerde ortaya çıkmış olup, ev içi görevlerin bir otomasyon halinde ve bir kullanıcı kontrolünde kolay iletişim ile güvenliği amaçlayan tüketici odaklı cihazlar bütünüdür (Stefanov ve ark., 2004). Akıllı evler insanların hayatlarında kolay, güvenilir ve daha ekonomik bir yaşam sağlayabilir (Douligeris, 1993). Kullanıcılar tarafından kontrol edilebilen akıllı evler sayesinde otomatik fonksiyonlara sahip cihazlar; kullanıcılar için güvenliği, konforu ve enerji tasarrufunu artırmaktır (Stefanov ve ark., 2004).

Akıllı sistemlerin tasarlanabilmesi için ortam özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Ortamların kendilerine özgün standartları bulunmaktadır. Bu standartları koruyabilmek ve kontrol edebilmek için çeşitli sistemler gerçekleştirilmiştir. Algılayıcı cihazlar tarafından denetlenen ortam verilerini bir yazılım ile istenen verilerini izlemek ve sistem üzerinde gerekli denetim ve işlem durumunu çalıştırmaya yardımcı sistem bütününe ortam izleme denilmektedir (Erişik, 2010).

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte hem toplanan verilerin miktarında büyük bir artış gerçekleşmekte hem de veri güvenliği konusu daha fazla önem kazanmaktadır. Bilgisayarlar ile tanıştığımız zamandan bu yana bilgisayar ve sistem odaları her an

sistemin bir parçası olarak görülmektedir. Veri merkezlerinde izleme; güvenlik ve oluşabilecek kötü senaryoların daha önceden tespit edilmesi için yapılan hizmettir. Kameralar yardımıyla yapılan izleme haricinde fiziksel durumların da sisteme dahil olabileceği izlenmelidir (Gökmen ve Küçüksille, 2013).

Akıllı ortamlarda ortam izleme ve kontrol için ağırlıklı olarak mikroçipler veya Arduino, Raspberry Pi, PIC gibi mikro denetleyiciler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında veri merkezlerinde gerçekleştirilecek olay ve durumları izleyerek sistemi personel ihtiyacı olmaksızın adeta karanlık bir veri merkezi düzeyinde tutabilmek için gerekli kontrol işlemini Raspberry Pi mikrodenetleyicisi ve bulanık mantık yapısı kullanarak yapılması hedeflenmiştir.

Kontrol sistemi tasarlama aşamasında uzman kişilerden sistemin normalleri, çalışma şartları ve mantığı hakkında bilgiler öğrenilmiş ve önemli eksiklikleri belirlenmiştir. Uzman değerlendirmeleri Ek-1 ve Ek-2’de verilmiştir.

Tezin birinci bölümü olan giriş bölümünde; tezin önemi, amacı ve kapsamı anlatılmaktadır. İkinci bölümde literatürdeki benzer çalışmalar sunulmuştur. Üçüncü bölümde, bu tez çalışmasında odaklanılan veri merkezleri ve özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde, bulanık mantık yöntemi ve kontrolü hakkında bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde, çalışmada kullanılan yazılım ve donanımlar hakkında bilgi verilmiştir. Altıncı bölümde, veri merkezi kontrolü için geliştirilen ve uygulanan bulanık mantık sistemi verilmiştir. Yedinci bölümde, çalışmanın sonuçları değerlendirilerek sonrasında yapılabilecek çalışmalara öneriler bulunmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatürde, bulanık mantık ve ortam kontrolü hakkında birçok çalışma bulunmaktadır. Hatta bu çalışmaların birçoğu sistemlerin yönetilmesini konu edinmektedir. Bulanık mantık teorisinin günümüzde endüstriyel uygulamalar başta olmak üzere farklı alanlarda da kullanıldığı gözlemlenmiştir. Çalışmamızın genel hatları incelenen kaynak araştırmasının bir sentezi olarak değerlendirilebilir.

Baz ve Uludağ (2021) Endüstri 4.0 vurgusunu yaptığı çalışmasında Raspberry Pi 3 B+ ve Arduino Nano denetleyicilerini kullanarak veri merkezi ortamının izlenmesini sağlamışlardır.

Balcı (2019) Raspberry Pi kullanarak gerçekleştirdiği sistemde ortam izleme işlemi bir veri merkezinde denenmiş olup, internet tarayıcıları aracılığıyla uzaktan takip edilmiştir. Evler, seralar ve veri merkezleri gibi kapalı ortamlar takip edilerek önceden belirlenen alarm durumları meydana geldiğinde sisteme tanımlanan kişilere e-posta ile bilgilendirme yapılabilmektedir.

Başcı (2019) ROS (Robot İşletim Sistemi) kullanarak yaptığı çalışmasında robotlar aracılığıyla ortam izlenmiştir. Robot üzerine konumlandığı sensörler aracılığıyla veri merkezi içinde farklı alanlardan veri alınarak bulanık mantık ile işlem gerçekleştiren bir sistem üzerinde çalışmıştır.

Ko ve ark. (2019) Endüstri 4.0 ile uygulanan kontrol uygulaması sayesinde veri merkezinin soğutulması, enerji verimliliği ve performansı hakkında değerlendirmelerde bulunmuşlardır.

Kurniawan ve ark. (2019) sunucu odalarının sıcaklık ve nem değerlerini okuyarak gerekli olan işlemleri yapmak için komut verir. Çalışmasında Raspberry Pi kullanarak bildirimleri whatsapp mesajları aracılığıyla yapmaktadır.

Tosun ve ark. (2019) Waijung blok seti kullanarak sistemin oda sıcaklığını kontrol etmek için bir simülasyon gerçekleştirmişlerdir. Gelen değerler bulanık mantık temelli bir yöntem sayesinde bir çıkış vererek sistemi kararlı hale getirmişlerdir.

Utomo ve ark. (2019) sunucu odalarında Raspberry Pi kullanarak sıcaklık ve nem değerlerini izleyerek dinamik olarak değişiklikleri bir uygulama ve web sunucusu aracılığıyla kontrol edilebilen bir ortam izleme sistemi çalışmıştır.

Koçak (2018) arıların yaşam standartlarının düzenlenmesi ve bal verimliliğinin artırılması amacıyla yaptığı çalışmasında kontrolün sağlanması için bulanık mantık ve

Arduino teknolojilerinden yararlanmıştır. Ayrıca sistemin yönetilmesi için bir de web arayüzü yazılmıştır.

Purwanto ve ark. (2018) çalışmalarında Arduino mikrodenetleyicisi kullanarak bir veri merkezinin sıcaklık ve nem değerlerini bulanık mantık yöntemi ile kontrol etmişlerdir. Ortam değerlerini karşılaştırmak ve kontrol etmek için MATLAB programından yararlanmışlardır. Çalışmada sıcaklık ve nem değerlerini görüntülemek için bir web site ve uyarı sistemi için ise Twitter sosyal medya ortamı seçmişlerdir.

Saha ve ark. (2018) Raspberry Pi tarafından kontrol edilen bulut tabanlı bir sistem ile sıcaklık, nem ve ses yoğunluğu sensörler tarafından algılanarak istenmeyen durumlarda sistemi ve yöneticiyi uyararak bir sistem üzerinde çalışmıştır.

Adhitya ve ark. (2016) bulanık mantık yöntemini kullanarak gerçekleştirdikleri uygulamada, istiridye mantarının uygun sıcaklık ve nem değerlerini kontrol edebilecek bir sistem tasarlanmıştır.

Shete ve Agrawal (2016) şehrin içerisinde bulunduğu sıcaklık, nem, basınç ve havayı kirleten zehirli gazlar gibi durumların izlenmesi sayesinde şehirde yaşayanların kullanmış oldukları cihazlar ile gözlemlenebilmektedir.

Günel (2014) çalışmasında bir veri merkezi modeli tasarlamıştır. Veri merkezi standartlarını ve özelliklerini uygulayarak modelin uygulanmasını incelemiştir.

Singhala ve ark. (2014) sıcaklık verilerinin kontrolü için tasarlanan bulanık mantık temelli çalışmalarında belirli eşik değere kadar ortamı ısıtmak ve o düzeyde tutmak istemişlerdir.

Das ve Das (2013) bir odanın sıcaklık ve nem faktörlerini bulanık mantık yöntemi sayesinde değerlendirmiş ve kontrolünü MATLAB programı üzerinden simülasyon ile gözlemlenmişlerdir.

Gökmen ve Küçüksille (2013) veri merkezi standartlarını ve özelliklerini belirttikleri çalışmalarında bir veri merkezi nasıl olmalıdır sorusuna cevap vermişlerdir.

Altun (2012) arıların kovanlarda yaşamlarını sürdürebilmek için optimum standartlarını güneş enerjisi ile beslenen sıcaklık ve nem kontrollü bir sistem ile sağlamıştır. Sensörler ile sürekli olarak sıcaklık ve nem değerleri kontrol edilerek, optimum değerler aralığında olup olmadıklarının tespit edilmesi sonucunda optimum değerlere tekrar geri getirilmesi gerçekleştirilmiştir. Her hangi bir problem riskine karşılık acil önlem durumu olarak arıcı cep telefonu ile bilgilendirilmiştir. Böylece arıların kaybı en aza düşürülürken, balın rekoltesinde büyük bir oranda artış gözlemlenmiştir.

Karadavut ve Akkaptan (2012) yapmış oldukları çalışmada bulanık mantık yönteminin bitkisel üretimdeki rolü ve örneklerini derlemişlerdir.

Kaur ve Kaur (2012) bir klima sisteminde uygulanan nöro bulanık ve bulanık mantık yöntemlerinin ortamdaki gelen sıcaklık ve nem değerlerini bir sistem içinde değerlendirerek karşılaştırılmasını sağlamışlardır. Bu karşılaştırma ile hangi seçimin daha iyi olacağı öngörüsünü belirtmişlerdir.

Abbas ve ark. (2011) oda ortamının iklimlendirmesini bulanık mantık yöntemi sayesinde sensörlerden aldığı veriler doğrultusunda değerlendirmiştir. Verilerin değerlendirilmesi sonrasında MATLAB programında hazırlanan simülasyon ile ortam uygulaması geliştirilmiştir.

Choochaisri ve ark. (2010) Yeşil veri merkezi vurgusu yaptıkları çalışmalarında ortam değerleri kablosuz sensörler ile ölçmüş ve kontrol etmişlerdir.

Özkan ve Allahverdi (2010) yaptıkları çalışmalarında QBASIC programı kullanarak sıcaklık ve nem sensörlerinden alınan verileri bulanık mantık ile kontrol etmişlerdir.

Güçül (2008) ev otomasyonu sisteminin akıllı bir evde kullanılan teknoloji ve akıllı eve olan etkisi (avantaj ve dezavantajları, beklentiler) hakkında bilgi verilmiştir. Mikrodenetleyici yardımıyla cihazlar uzaktan kontrol edilerek model evde birbirleri ile haberleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistem sayesinde uzak bağlantı ile evin güvenliği ve durumu kameralar ile izlenebilmiştir.

Kim ve Kim (2006) akıllı ev için sıcaklık, nem ve ışık gibi durumların vücut hareketleri ile evde bulunan bazı cihazların çalışması sonucunda etkilenmesi gerçekleştirilmiştir.

Stefanov ve ark. (2004) akıllı evlerde fiziksel olarak farklı kategorideki insanların yaşam standartları için gerekli olan durumları incelemiş ve sağlık izleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Gao ve ark. (2002) endüstriyel sistemlerde sıcaklık kontrolü hakkında yaptıkları çalışmalarında otonom bir bulanık mantık yöntemi gerçekleştirmişlerdir. Bu kontrol sayesinde farklı sıcaklık durumları arasında pozitif ve negatif değerlendirmeler yapmışlardır.

Albertos ve ark. (2000) bulanık mantık yönteminin tanımı, kullanımı, diğer yöntemlere göre avantaj ve dezavantajları hakkında bir bilgilendirme yapmışlardır.

Douligeris (1993) ev otomasyon sistemlerinin, maliyeti düşük bilgisayar ve bileşenler ile ev içerisinde haberleşmeyi mümkün kılacak iletişim ağları sayesinde akıllı bir eve dönüştürülmesi detaylarıyla belirtilmiştir.

Zadeh (1965) bulanık mantık teorisi hakkında açıklamalarını yaptığı bulanık kümeler çalışmasında her nesnenin 0 ve 1 arasında bir üyelik değerine sahip olduklarını belirtmiştir.

Yapılan çalışmaların çoğu (Koçak, 2018; Purwanto ve ark., 2018; Baz ve Uludağ, 2021) akıllı ortamların Arduino kullanarak kontrolünü ele almıştır. Raspberry Pi kullanarak yapılan benzer çalışmalardan; (Kurniawan ve ark., 2019) sunucu odalarının sıcaklık ve nem değerlerini okuyarak gerekli olan bildirimleri WhatsApp mesajları aracılığıyla yaparken, (Balcı, 2019) ortam takip edilerek önceden belirlenen alarm durumları meydana geldiğinde sisteme tanımlanan kişilere e-posta ile bilgilendirme yapılabilmektedir. (Balcı, 2019) sistemin kontrol edilmemesi optimum durumların sadece personel yardımıyla geri kazanılacağını ifade etmektedir. Çalışmada amacın karanlık veri merkezi niteliği olması ve yeni sistem bir mikrodenetleyici olan Raspberry Pi seçilmesi sebebiyle diğer çalışmalardan daha üstün olacağı düşünülmektedir.

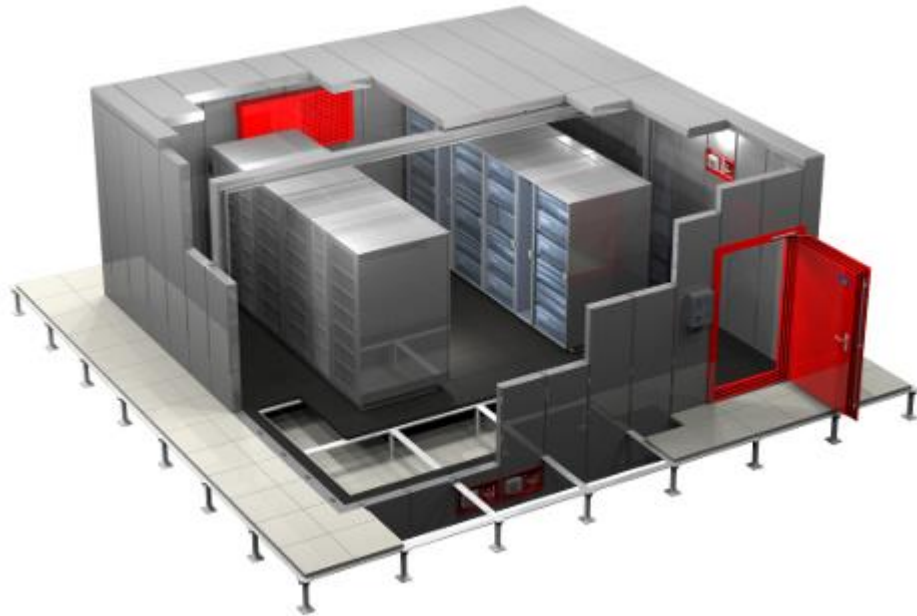
Yöntem olarak bulanık mantık kontrolü olan çalışmalar genel olarak (Abbas ve ark., 2011; Das ve Das, 2013; Purwanto ve ark., 2018) MATLAB simülasyonu kullanılmaktadır. Sistem simülasyonu ve programlanmasında Python ve C# programlama dillerinin kullanılması diğer ürünlerden farklı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Araştırılan kaynakların seçilmesinde sıcaklık ve nem kontrol faktörü öncelikli ele alındığından birçok endüstriyel alanda kontrolün gerçekleştiği görülmektedir.

Gerçekleştirilen çalışma ile günümüzde kullanılan çözümlerin aksine daha ekonomik bir çözüm sunulmuştur. Ortam şartlarının anlık değerlendirilmesi sonucunda ortamın izlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu sayede veri merkezine personel girişlerinin daha az olacağı yani karanlık veri merkezi niteliğine ulaşacağı görülmektedir. Ayrıca ortama girişlerin azalması dolaylı olarak enerji tüketimini de en aza indirgeyecektir. Tasarlanan sistem ile oluşacak durumlar ve ihtiyaçlar önceden belirlenerek personelin gerekli önlemleri alması ve bilgilendirilmesi sağlanmıştır. Kurulması yüksek maliyete sahip olan cihazların korunarak kurum veya kuruluşa mali açıdan zarar vermemesi sağlayacağı da ortadadır.

3. VERİ MERKEZİ

Veriler hayatımızın her alanında karşımıza çıkmakta ve gün geçtikçe büyük bir buluta dönüşmektedir. Gelişen veri alanlarının artması; verilerin depolanması, işlenmesi ve yönetilmesi durumlarında büyük sorunları da beraberinde getirmektedir. Şekil 3.1’de gösterildiği gibi büyük bir alana toplanmış bu verileri yönetme işlemi güçlü sistemler tarafından desteklenen veri merkezleri ile sağlanmaktadır (Anonymous, 2019).

Veri merkezi; içerisinde sunucular gibi veri işleme cihazlarının, telekomünikasyon ve ağ cihazlarının, veri ambarı sistemleri gibi veri depolama cihazlarının (Günel, 2014; Geng, 2015) yanı sıra güç ve iklimlendirme cihazlarının, yangına karşı koruma ve ortam aydınlatma sistemlerinin bulunduğu bir ortamdır (Dai ve ark., 2014). Sunucu veya sistem odası (Anonymous, 2021a), bilgisayar odası veya veri çiftliği (Geng, 2015) olarak da adlandırılan veri merkezleri teknolojiye eğitime, devlet kurumlarından sosyal medyaya kadar her alanın içinde varlığını göstermektedir (Geng, 2015). Bununla beraber verilerin işleme, iletilme ve depolanma durumlarına göre veri merkezi içerisinde kullanılan sistemler değişiklik göstermektedir (Anonymous, 2021a).



Şekil 3.1 Bir veri merkezi örneği (Anonymous, 2016)

3.1. Veri Merkezi Türleri

Günümüzdeki işletmeler farklı iş kollarına sahip olsa da hosting ve colocation (wholesale) olarak iki farklı başlıkta toplanmaktadır. Hosting yani barındırma hizmeti, işletmelere depolama ve sunucu alanlarını kiralayan sağlayıcılar tarafından yönetilmesi sağlanmaktadır. Kurumsal ve orta büyüklükteki işletmelere teklif edilen hosting hizmeti çoğunlukla colocation olarak bilinmektedir. Colocation (Wholesale) ise hosting hizmetine benzerlik gösterse de bir alanı birden daha çok işletmeye kiralaması açısından farklıdır (Crosby ve Curtis, 2015).

Veri merkezi kurulum maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu göz önüne alınacak olursa, her işletmenin de kendilerine ait bir veri merkezine sahip olmadığı ve modüller halinde veri merkezlerinin yapılandırıldığı görülmektedir (Anonymous, 2019).

Günümüzde modüler olarak belirtilen 5 farklı veri merkezi türü bulunmaktadır (Crosby ve Curtis, 2015).

- Geleneksel Tasarım; kurulum aşamasında oluşturulabildiği gibi yeni alanlar inşa edildikçe yeni veri odaları eklenerek veri merkezi modül halinde birleştirilebilir.
- Monolitik Modüler (Veri Salonları); veri salonlarını ihtiyaçları doğrultusunda parçalanabilir alanlar kullanarak destekleyen ve büyük binalar için geliştirilmiş oluşumlardır.
- Konteynerli; prefabrik yapılar üzerine kurulmuş veri salonlarının geçici olarak temin edilmesini oluşturmaktadır.
- Monolitik Modüler (Prefabrik); binalar için geliştirilmiş veri salonları prefabrik yapılar aracılığıyla veri salonlarına eklenebilen bir yapıdadır.
- Bağımsız Veri Merkezi; binanın verimliliği ve güvenilirlik konularında bir veri merkezi için gerekli sertifika standartlarını sağlayan ve sisteme eklemelerin basit bir şekilde yapılabildiği modüler sistemlerdir.

3.2. Veri Merkezi Standartları

Veri merkezleri incelendiğinde elektrik, mekanik, güvenlik, binanın ve odaların özellikleri gibi tasarım öğeleri her veri merkezi için farklı bir şekilde yapılandırılmıştır (Geng, 2015). Veri merkezinde gerçekleşen tasarım ortamının ihtiyaçları, iletişim dizaynı, ortamın kurulumu ve kalite yönetimi öğelerinin etkisiyle farklı şekillerde standartları ortaya çıkarmıştır (Dai ve ark., 2014).

3.2.1. TIA Standart 942

Telekomünikasyon altyapısı standardı olarak belirlenen TIA-942; veri merkezinin kurulumu, tasarımı ve yönetimini içeren bir yapıya sahiptir (Dai ve ark., 2014). Veri merkezlerinin var olma sebeplerinden bir tanesi yedekliliktir (Gökmen ve Küçüksille, 2013). Yedeklilik sayesinde veri merkezleri daha fazla güvenilirlik sağlar. İşletmeler sahip oldukları veri merkezlerinin güvenilirlik ve yedeklilikleri için farklı düzeylerde kullanılabilir katmanlara sahiptirler (Geng, 2015).

Uptime Enstitü tarafından 1993 yılında geliştirilmiş dört katmanlı veri merkezi sınıflandırması (Tiers), yedeklilik, güvenilirlik, genel performans ve hata toleransı alanlarında dünya genelinde bilinen ve kabul edilen bir standarttır (Uptime, 2013a; Dai ve ark., 2014; Geng, 2015).

Çizelge 3.1’de gösterildiği üzere katman (Tier) düzeyleri I-IV aralığında birbirini takip etmektedir. Düzeyler birbirinden üstün olmamakla beraber her düzey farklı türde yürütülen işlemlerin uygulanmasını sağlar (Uptime, 2013b).

- Tier 1: En temel sistem altyapısına sahiptir. Yedekliliği olmayan bu katmanda soğutucu, UPS ve jeneratörler bulunur (Dai ve ark., 2014). Ansızın gerçekleşen elektrik kesintileri ve arızalara karşı yetersizdir (Uptime, 2013b).
- Tier 2: Temel yedekli bileşenler ile sistem altyapısı sağlanmaktadır. Soğutucu, UPS ve jeneratörler haricinde bu işlemleri destekleyen yedek bileşenleri de mevcuttur (Uptime, 2013b). Tier 1’e kıyasla oluşabilecek kesintilerden daha az zararlıdır (Dai ve ark., 2014).
- Tier 3: Yedekli bileşenler sayesinde eşzamanlı bakım yapılabilen sistem altyapısı sunmaktadır. Sistemdeki cihazların değişim veya bakım gerektiren durumlarında sistemi kapalı duruma getirmeden işlemin gerçekleşmesi diğer iki katmandan farklı yönünü göstermektedir (Uptime, 2013b).

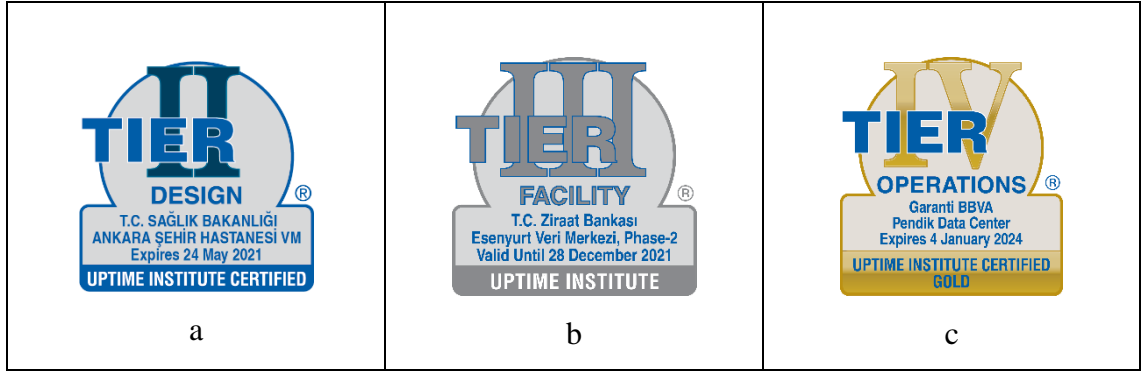
- Tier 4: Sistemde oluşabilecek ciddi kesintilerin dahi sistemin çalışmasını engelleyemeyeceği hataya dayanıklı sistem altyapısı sağlar (Dai ve ark., 2014). Tier 3'e hata toleransını ekleyerek sistemin kesinti durumunda işlemlerin devam edilebilmesini sağlamaktadır. Ayrıca soğutma işlemini düzenli yaparak ortam daha kararlı hale gelmektedir (Uptime, 2013b).

Çizelge 3.1 Uptime enstitüsü tier standartları (Gabriel, 2015)

Katman	Özellikler
Tier 1	En temel sistem altyapısına sahiptir. Küçük işletmeler için kullanılır. Yedeksiz kapasite bileşenleri bulunur. % 99.671 çalışma süresi ile yılda 28,8 saat kesinti gerçekleşebilir.
Tier 2	Temel yedekli bileşenler ile sistem altyapısı sağlanmaktadır. Tier 1 ihtiyaçlarını veya daha fazlasını karşılayabilir. Orta ölçekli işletmeler için kullanılır. % 99.749 çalışma süresi ile yılda 22 saat kesinti gerçekleşebilir. Güç ve soğutma ünitelerinde kısmi yedeklilik vardır.
Tier 3	Yedekli bileşenler sayesinde eşzamanlı bakım yapılabilen sistem altyapısı sunmaktadır. Tier 1 ve Tier 2 ihtiyaçlarını karşılar veya daha fazlasını karşılayabilir. Büyük işletmeler için kullanılır. % 99.982 çalışma süresi ile yılda 1,6 saat kesinti gerçekleşebilir.
Tier 4	Hataya dayanıklı sistem altyapısı sağlar. Tier 1, Tier 2 ve Tier 3 ihtiyaçlarını karşılar veya daha fazlasını karşılayabilir. Kurumsal işletmeler için kullanılır. % 99.995 çalışma süresi ile yılda 2,4 dakika kesinti gerçekleşebilir. Tüm HVAC sistemleri çift güçle çalışır

Tier standartları performansa dayalı, esnek ve aşamalarla yaşam döngüsünü gerçekleştirebileceği bir sertifikasyona sahiptir. Uptime sertifikaları ile işletmeler daha verimli bir hale getirilirken maliyet ve riskin düşürüldüğü bir altyapı hizmeti sunmaktadır (Uptime, 2013a).

Tier standartları “Design”, “Facility” ve “Operations” olmak üzere üç farklı şekilde verilmektedir (Şekil 3.2). Design; mekanik ve elektrik sistemleri ile tesis ve mimarisinin değerlendirildiği tasarım belgelerine verilen sertifikadır. Facility; tesisin standartlara uygun bir şekilde kurulduğunu inceler. Operations ise operasyonel sürdürülebilirlik ile veri merkezinde gerçekleşecek işlemlerin standartlara uygun olması durumunu inceleyerek raporlandırır (Stansberry, 2014).



Şekil 3.2 Tier standart ve sertifika örnekleri (Uptime, 2013c)

3.2.2. ASHRAE Termal Yönergeleri

Temellerinin 1894 yılına dayandığı Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Derneği (ASHRAE), HVAC&R (ısıtma, havalandırma, klima ve soğutma) sistemleri ve sorunları hakkında bir takım standart ve kılavuzlar serisi yayınlamaktadır. Bu içerikler belirli aralıklarla düzenlenerek yenilenir ve tekrar yayınlanmaktadır (Anonymous, 2021b). ASHRAE veri işleme ortamları için ilk sürümü 2004 yılında, ikinci sürümü ise 2008 yılında yayınladığı kılavuzlar ile veri merkezlerinin çalışabilmesi için gerekli değerleri belirlemiştir (ASHRAE, 2011). 2011 yılında yayınlanan üçüncü sürümü ile sıcaklık aralığını genişleten yeni sınıflar eklenirken dördüncü sürümü olan 2015 kılavuzu ile 2011 kılavuzunda yayınlanana ek olarak bağıl nem değerlerini genişletmiştir. Çizelge 3.2’de görüldüğü üzere, 2004, 2008, 2011 ve 2015 yıllarında yayınlanan kılavuzlarda tavsiye edilen veri merkezleri için sıcaklık ve nem sınır değerleri belirlenmiştir (ASHRAE, 2016).

Çizelge 3.2 ASHRAE 2004, 2008, 2011 ve 2015 yönergelerindeki ortam sınırlarının karşılaştırılması

	ASHRAE	2004	2008	2011	2015
Sıcaklık	Alt Sınır	20°C (68°F)	18°C (64.4°F)	15°C (59°F)	5°C (41°F)
	Üst Sınır	25°C (77°F)	27°C (80.6°F)	32°C (89.6°F)	45°C (113°F)
Nem	Alt Sınır	40% RH	5.5°C DP (41.9°F)	20% RH	8% RH
	Üst Sınır	55% RH	60% RH & 15°C DP (59°F)	80% RH	80% RH

3.2.3. Çevresel Yeterlilik Standartları

Çevresel yeterlilik standartları üretim noktasında haberleşme elemanının kalitesini değerlendirmek amacıyla kullanılır (Çizelge 3.3). Kuzey Amerika bölgesinde Telcordia GR-63-CORE ve Avrupa bölgesinde ETSI 300 019 olmak üzere genel olarak kullanılan iki çeşit çevresel yeterlilik standartları bulunmaktadır (Dai ve ark., 2014).

Çizelge 3.3 Çevresel yeterlilik standartları karşılaştırması (Gillan, 2002; Dai ve ark., 2010)

		Telcordia		ETSI
		GR-63-CORE (Önerilen)	GR-3028-CORE (İzin Verilen)	ETSI 300 019
Sıcaklık	Alt Sınır	18°C (64.4°F)	5°C (41°F)	5°C (41°F)
	Üst Sınır	27°C (80.6°F)	40°C (104°F)	40°C (104°F)
Nem	Alt Sınır	5% RH	5% RH	5% RH
	Üst Sınır	55% RH	85% RH	85% RH

3.2.4. Kalite Yönetim Standardı: TL 9000

TL 9000 Kalite yönetim standardı sistem ihtiyacı olan gereksinim ve ölçümleri belgelemek için kullanılan özel bir standarttır. ISO 9001 üzerine inşa edilen standart ortak bir kalite yönetim sistemi standardı oluşturmaktadır (QuESTForum, 2001).

3.3. İklimlendirme

İklimlendirme; ortam havasının ısı düzenini ayarlama ve ortamda bulunan nem değerinin azaltılması işlemlerinin bütününe denilmektedir.

Veri merkezleri içerisinde güç-dağıtım birimleri, soğutma sistemleri, bilgisayar-ağ donanım elemanları ve koruma-aydınlatma sistemleri olmak üzere dört ana bölüm bulunmaktadır (Dai ve ark., 2014). Sistemin daha fazla cihaza sahip olması ortamın ısı ve nem değerlerini etkilemekte ve sistemin çalışma ve performansında sorunlar ortaya çıkaracaktır. Veri merkezlerinde bulunan cihazların kararlı bir şekilde çalışabilmesi ortamın iklimlendirilmesiyle gerçekleşmektedir (Akın ve Ketenci, 2010).

Ortamın iklimlendirilmesi için ASHRAE tarafından yayınlanan kılavuzlarda önerilen ve Çizelge 3.2’de de belirtilen sınır değerlerinden yararlanılmaktadır.

3.4. Güvenlik

Güvenlik, veri merkezlerinin var olma sebeplerinden biridir. Ortam izleme, yangın koruma ve giriş çıkış ünitelerinin kontrolü güvenlik sistemleri dahilinde gerçekleşir (Günel, 2014).

Yangın, ortamların dikkat etmesi gereken büyük bir sorundur. Veri merkezleri üzerinde oluşabilecek herhangi bir yangın riski sadece insanlar değil cihazlarında sağlığını tehdit etmektedir. Algılama sistemleri sayesinde yangının önceden belirlenmesi ortamı tehdit eden gazlarında oluşumunu erkenden bildirmektedir (Donohue, 2015).

Veri merkezleri emniyete önem veren, istikrarlı çalışan ve işlemleri kayıt altında tutan bir sistemdir. Veri merkezlerinde izleme; güvenlik ve oluşabilecek kötü senaryoların daha önceden tespit edilmesi için yapılan hizmettir. Kameralar yardımıyla yapılan izleme haricinde fiziksel durumların da sisteme dahil olabileceği izlenmelidir (Gökmen ve Küçüksille, 2013).

4. BULANIK MANTIK VE KONTROL

4.1. Bulanık Mantık

Gün içinde karşımıza çıkan birçok problemin çözümü, daha önceden yaşanılmış durum ve bilgiler dâhilinde yapılabilmektedir. Bazı problemlerin çözümü için “doğru” veya “yanlış” diye nitelendirme yapılırken bazılarında ise cevabımız “kısmen doğru” veya “kısmen yanlış” olabilmektedir. Doğruluğu net olmayan-belirsiz bir durumun şekillendirilebilmesi için matematiksel bir düzen olan bulanık mantık kullanılmaktadır (Novák ve ark., 1999). Geleneksel ve kural tabanlı yaklaşımlara alternatif olarak üretilen bulanık mantık algoritması problemin parametreleri net olmadığı durumlarda kısmi değerlerle başarılı sonuçlar elde edebilmektedir. Bulanık mantığın temelleri anlaşılacak istendiğinde en sık verilen örneklerden biri hava durumudur. Hava'nın iyi veya kötü olduğu gibi iki durum yoktur. İyi ve kötü arasında birçok ara durum olabilmektedir. Bu çalışmada bulanık mantık seçilmesinin en büyük nedenlerinden biri bu ara değerlerin bulanık mantık ile ele alınabiliyor olmasıdır. Veri merkezlerinin içerisindeki koşullar sadece iyi ve kötü olarak nitelendirilememekte, bu ikisi arasında birçok ara değere göre kontrol merkezinin farklı önlem pozisyonları otonom bir şekilde alabilmesi amaçlanmaktadır.

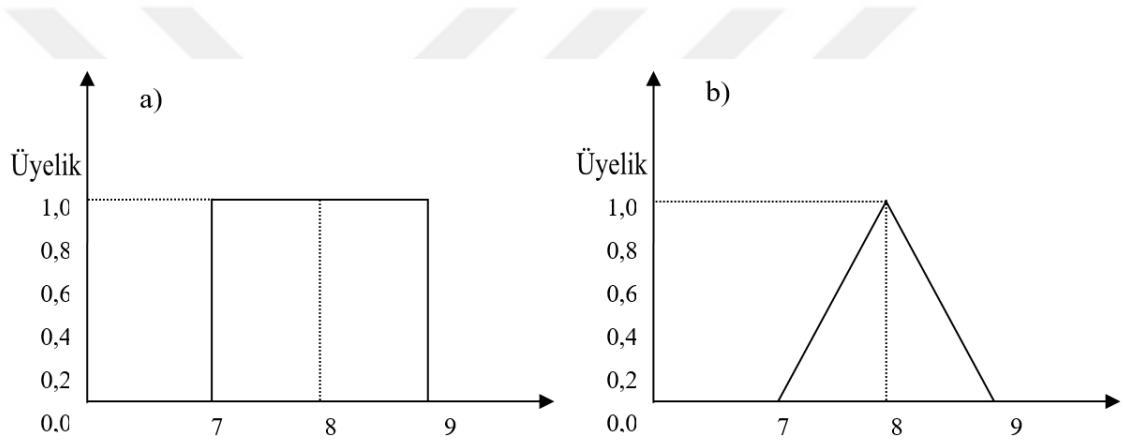
4.1.1. Bulanık Mantık Avantaj ve Dezavantajları

İnsanlar sezgi ve tecrübelerini kullanarak sayısal olmayan ve istenilen durumları ortaya koyabilmek için bulanık mantık modelini kullanmaktadır (Akıllı ve Atıl, 2014; Anonymous, 2022a). Bulanık mantık, matematiksel olarak tanımlanamayan ve lineer olmayan durumların tasarımında kullanılan uygun bir model olarak görünmektedir (Yılmaz, 2019).

Bulanık mantık modeli avantajları arasında aynı dili konuşan, esnek, kolay ve anlaşılır kavramları olan, tutarlı, karmaşıklıktan uzak ve sezgisel bir sistem olması sayılabilmektedir. Ayrıca tüm durumlar için bulanık mantık sonuçlarının mükemmel bir sonuç vermediği düşünülürse; birçok veri ve kuralın kullanılması, belirsiz seçeneklerin fazlalığı ve deneme yanılma yapılarak bulanık sistemin kurulması dezavantajları olarak özetlenmektedir (Albertos ve ark., 2000).

4.1.2. Bulanık Küme

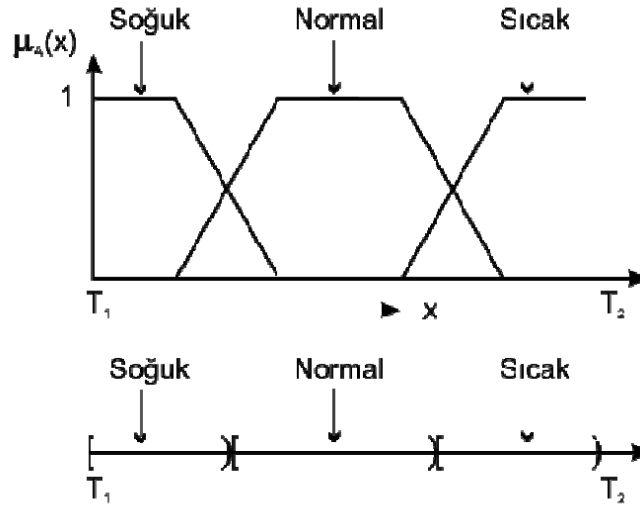
Lotfi Aliasker Zadeh tarafından 1965 yılında gündeme gelen “FuzzySets” isimli makale ile bulanık mantık temelleri ortaya atılmıştır. Zadeh’in yayınlanan makalelerinde; durumların çözümü sırasında kesin ifadeler haricinde kısmi ifadeler de yer verilmesi ifade edilmiştir (Zadeh, 1965; 1988). Klasik küme mantığında herhangi bir nesne ya kümenin elemanıdır ya da değildir (Anonymous, 2022b). Bulanık küme mantığında ise belirsizlik söz konusudur. Bulanık küme belirsiz durumların matematiksel yollar ile anlatılabilmesini sağlamaktadır (Zadeh, 1965; Yılmaz, 2019). Şekil 4.1.’de görüldüğü üzere klasik küme 7 veya 8 gibi kesin bir değer alırken, bulanık küme 7 ve 8 aralığında değişken bir değer olan üyelik ile temsil edilmektedir.



Şekil 4.1 a) Klasik küme, b) Bulanık küme

4.1.3. Üyelik Fonksiyonu

Şen tarafından yapılan çalışmada $[T1, T2]$ aralığında ki sıcaklık, iki farklı şekilde; bulanık ve klasik kümeler yardımıyla Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Şekilde görülen ilk ifade bize bulanık kümenin dilsel bir tanımını eşleştirirken, ikinci ifade klasik yaklaşımı ortaya sunmaktadır (Şen, 2001; Sarıtaş, 2008).

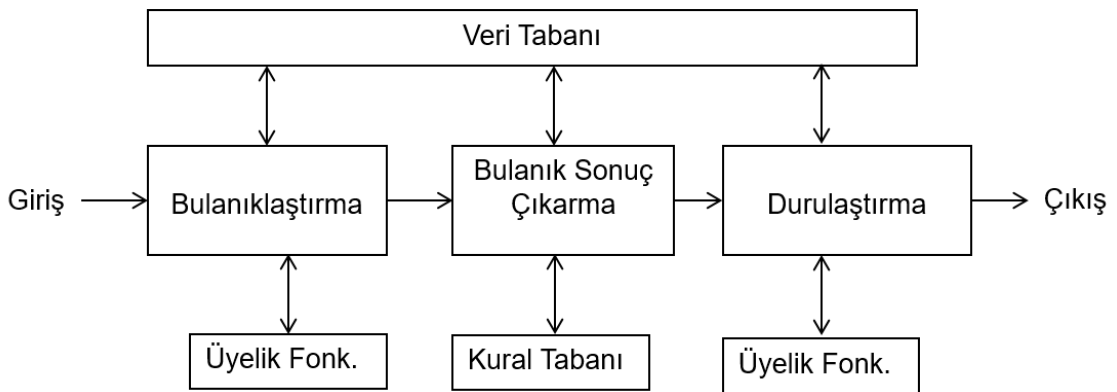


Şekil 4.2 Sıcaklık üyelik fonksiyonunun genel ifadesi (Şen, 2001)

Bulanık kümede bulunan ifadenin üyelik derecesi dilsel olarak belirtilen ifade ile eşleştirilir. Geleneksel yöntemler kullanıldığı durumlarda sıcak kümesinin $x < \text{sıcak} < y$ iken küme dışında kalan her değer “sıcak değil”, küme içerisinde her değer “sıcak” sınıfına ait olacaktır. Ancak bulanık mantık denklemlerinde bu ait olmanın derecesi değerlendirilebilmekte ve bu değerlendirmeye göre çıkışlar üretilebilmektedir.

4.1.4. Bulanık Sistem Tasarım ve Uygulanması

Bulanık mantık kullanan sistemlerde, bulanık çıkarım işlemi üç ana adımda incelenmektedir. Bunlar Şekil 4.3’de görüldüğü gibi bulanıklaştırma, bulanık sonuç çıkarma ve durulaştırma adımlarıdır.



Şekil 4.3 Bulanık mantık sistemi mimarisi

Sistem mimarisinde bulunan bulanıklaştırma biriminde girilen gerçek veriler bulanık değişkenler ile eşleştirilerek bulanık alt kümeler oluşturulur (Klir ve Yuan, 1995; Nhivekar ve ark., 2011; Singhala ve ark., 2014). Üyelik fonksiyonu sayesinde oluşturulan alt kümeler 0 - 1 aralığında bir üyelik derecesini gösterir (Pricop ve Mihalache, 2015; Purwanto ve ark., 2018). Bulanıklaştırma sonrasında bulanık sonuç çıkarma işlemi gerçekleştirilir. Bu birimde bulanıklaştırma esnasında oluşan kurallar dizininden hangi kuralın değerler ile ilgili olduğu ve hangisinin seçileceği hakkında karar verilir (Kaur ve Kaur, 2012; Fahmi ve ark., 2017). Mimarinin son aşaması ise durulaştırma. Durulaştırma sistemi aşamasında, bulanık sonuç çıkarma sistemi çıktıları gerçek birer değere dönüştürülür (Klir ve Yuan, 1995; Ross, 2010).

4.2. Bulanık Mantık ile Sıcaklık Kontrol Sistemi

İnsanların yaşam alanlarında belirli durum ve olayları açıklarken kullanmış oldukları “sıcak, soğuk, az, çok, aşırı, biraz, vb.” gibi ifadeler bulanık bir duruma sahiptir (Altaş, 1999; Koçak, 2018). Böylece bulanıklaştırılan ifadeler bulanık kümeler oluşturmamıza imkân sağlamaktadır.

Türkiye’de 1927-2021 yılları arasında ölçülen en düşük sıcaklık -24.9°C , en yüksek sıcaklık ise 41°C ölçülmüştür (Anonim, 2022a). Dünya üzerinde ise en düşük sıcaklık -69.6°C ile Grönland’da, en yüksek sıcaklık ise 58°C ile Ürdün’de kayıtlara geçmiştir (Anonim, 2022b). Çizelge 4.1’de verilen en düşük ve en yüksek sıcaklık aralıkları Türkiye ve dünya genelinde hissedilen sıcaklıklardan yola çıkılarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1’ de görüldüğü gibi bulanık küme ifadeleri kesin bir çıkarıma sahip değildir. Örneğin 16°C ; hem ılık hem de biraz soğuk aralığında bulunmaktadır. Bulanıklaştırma işlemi ile oluşturulan kurallar değerlendirilir ve çıkarımlar sonucunda ılık veya biraz soğuk aralıkları oransal olarak belirlenir. %30 biraz soğuk ve %70 ılık olduğu düşünülürse yapılan işlemler ve üyelik değerleri sonucunda farklı işlemler oluşturulabilir. Sıcaklık değerleri bulanık ifadelerle eşleştirildiği düşünüldüğünde Çizelge 4.1 ortaya çıkmaktadır.

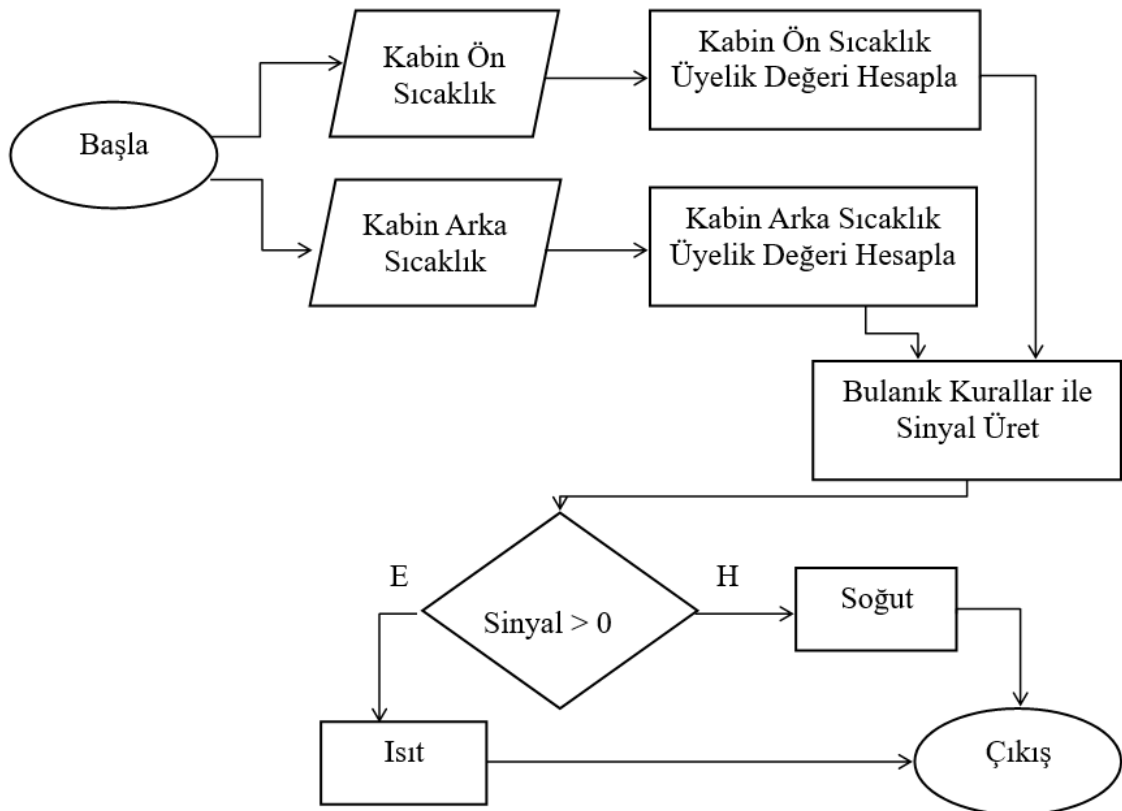
Çizelge 4.1 Sıcaklık aralıklarının bulanık küme gösterimi

Bulanık Küme	Sıcaklık Aralıkları
Aşırı Sıcak	50-100°C Arası
Çok Sıcak	35-55°C Arası
Sıcak	28-45°C Arası
Biraz Sıcak	23-30°C Arası
Ilık	15-25°C Arası
Biraz Soğuk	10-18°C Arası
Soğuk	8-13°C Arası
Çok Soğuk	0-10°C Arası
Aşırı Soğuk	(-70)-7°C Arası

5. DONANIM ALTYAPISI

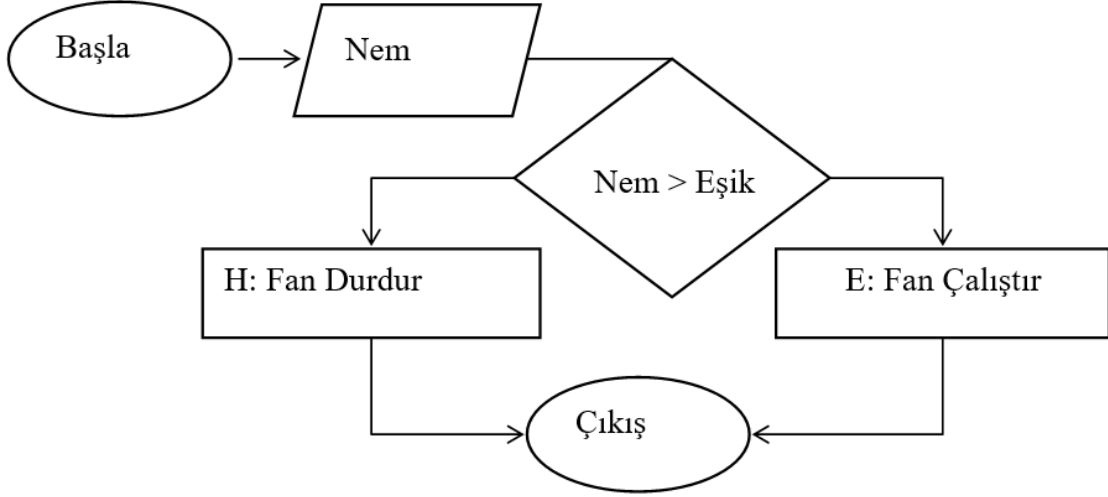
Veri merkezi kontrol uygulaması; Raspberry pi, sıcaklık-nem ve alev sensörü, peltier, fan ve web ara yüzü geliştirilerek tasarlanmıştır. Raspberry Pi donanımı Python programı ile yazılırken, web ara yüzünün geliştirilmesi ASP.NET MVC ile sağlanmıştır. Web arayüzü ve Raspberry pi MSSQL ile hazırlanan ortak bir veri tabanını paylaşmaktadır. Veri tabanı üzerindeki işlemler HTTPPOST ve HTTPGET yapısını kullanan web servisler ile sağlanmaktadır.

Şekil 5.1’de verilen kontrol sistemi akış diyagramında sensörlerden elde edilen kabin arka sıcaklığı ve kabin ön sıcaklığı verileri okunarak bulanık fonksiyonundan geçmektedir. Bulanık fonksiyon ile gelen değere karşılık bir üyelik değeri üretilmektedir. Üretilen üyelik değeri sistemde tanımlı bulanık kurallardan çıkan sonuca göre PWM (Pulse With Modulation) çıkışı vermektedir. Çıkış değeri 0’dan büyük ise ısıtma için kullanılan donanımlara gerilim uygulanmakta, 0’dan küçük ise soğutma işlemi için kullanılan donanımlara gerilim uygulanarak sıcaklık kontrolü gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5.1 Bulanık sistem akış diyagramı

Nem ölçümü ile sisteme daha önceden ve kullanıcı tarafından girilen eşik değere göre bir çıkış yapılmaktadır. Şekil 5.2’de nem akış diyagramında görüldüğü gibi, ölçülen nem değeri eşik değerden küçük ise fan çalışmayacaktır. Eğer ölçülen nem değeri büyük ise ters yönde bir fan çalışacaktır.



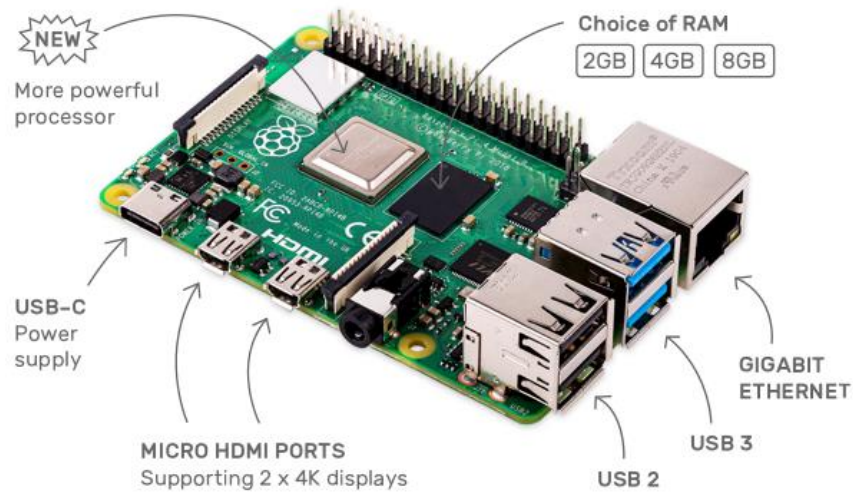
Şekil 5.2 Nem akış diyagramı

Ayrıca sisteme eklenen alev sensörü ile ortam sıcaklığının ortamda oluşan ateş verisine bağlı olup olmaması da gözlemlenebilmektedir.

5.1. Raspberry Pi

Raspberry Pi, Raspberry Pi Foundation tarafından geliştirilen ve ilk olarak 2012 yılında piyasaya sürülen ve ARM işlemcinin üstünde çalışan bir mini bilgisayardır. Küçük boyutlu olmasına rağmen üzerinde birçok konektöre sahiptir. Ayrıca farklı amaçlar için kullanılabilir birkaç Raspberry Pi modeli bulunmaktadır (Kurniawan ve ark., 2019).

İlk modeli 2012 yılında Raspberry Pi B kartı ile başlamıştır. Sonrasında 2015 yılında Raspberry Pi 2 ve Zero, 2018 yılında Raspberry Pi 3 modeli, 2019 yılında Raspberry Pi 4 ve son modeli 2020 yılında Raspberry Pi 400 kartı piyasaya çıkmıştır (Anonymous, 2020).



Şekil 5.3 Raspberry Pi model 4 (Anonymous, 2021c)

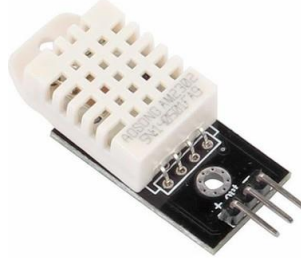
Gelişmiş son sürümlerinden olan Raspberry Pi 4'ü Şekil 5.3'de görmekteyiz. Burada görüldüğü gibi birçok bağlantı yuvası sayesinde iletişim standartları belirlenmektedir. Ayrıca istek üzerine farklı ram özellikleri de seçilerek satın alınabilmektedir.

Raspberry Pi kartlarının resmi işletim sistemi Raspbian OS olmakla beraber istenildiği takdirde farklı işletim sistemleri uygulanabilir. Raspbian, Raspberry Pi için düzenlenmiş Debian tabanlı bir işletim sistemidir (Kurniawan ve ark., 2019).

5.2. Sensörler

Ortamda bulunan fiziksel büyüklükleri algılayarak sinyaller halinde sisteme girdi yapan sensör adını verdiğimiz algılayıcılar bulunmaktadır. Sensörler genel olarak analog ve dijital sensörler olmak üzere iki farklı kümede değerlendirilebilir. Analog sensörler gelen veriyi anlamlandırabilmek için belirli bir gerilim veya akım karşılığı verirken, dijital sensörler var-yok durumunda çalışarak lojik 1-0 değerleri verirler. Sensörleri mekanik, termal, elektriksel, manyetik, ışım ve kimyasal sensörler olmak üzere 6 farklı alanda kategorilere bölebiliriz.

Sıcaklık / Nem Sensörü: Hem sıcaklık hem de nem algılama yeteneği olarak kullanılabilen kararlı algılayıcılardan DHT22 dijital bir çıkış vererek sistemi hızlı bir şekilde uyarılmaktadır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 DHT22 sıcaklık ve nem sensörü

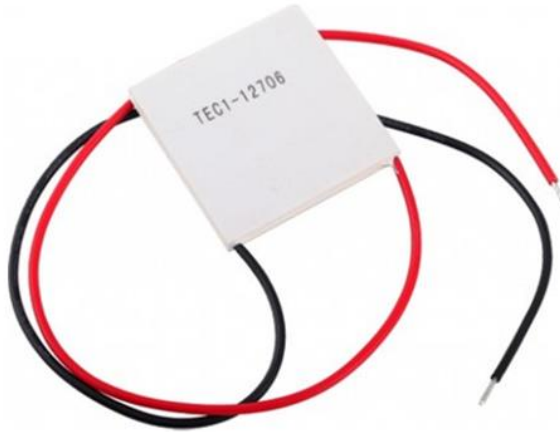
Alev Sensörü: Ortamda bulunan ateşi tespit etmeye yarayan üzerinde kızılötesi algılayıcısı olan flame sensör hem analog hem de dijital çıkış vermektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Ateş algılayıcı sensör (Flame sensor)

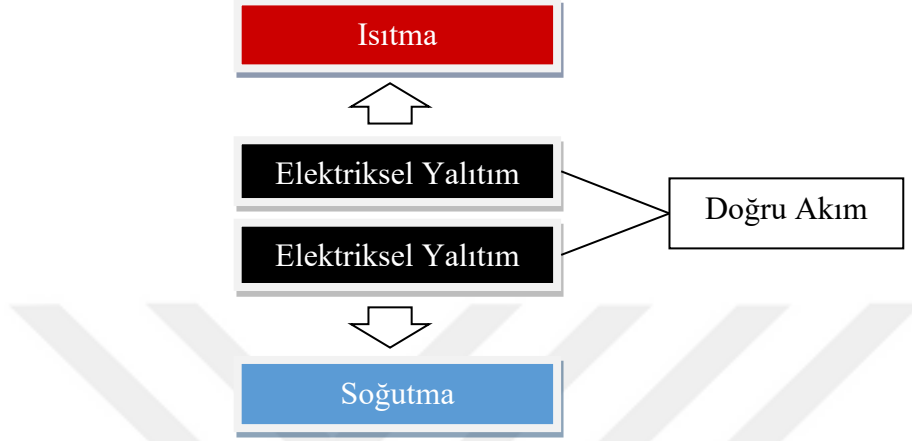
5.3. Peltier

Şekil 5.6'da gösterildiği üzere termoelektrik sistem mantığıyla çalışan peltier, DC-doğru akımın etkisiyle hem soğutucu hem de ısıtıcı olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2021a).



Şekil 5.6 Peltier

Şekil 5.7’de görülen çalışma prensibinde ki gibi elektriksel yalıtımlar arasından geçen doğru akım bir yüzeyi ısıtırken diğer yüzeyi soğutmaktadır. Daha fazla soğutma çıkışı için ısınan tarafın bir fan yardımı ile soğutulması gerekmektedir. Bu sistem sayesinde hem soğutma hem de ısıtma sistemlerinde peltier kullanılmaktadır (Anonim, 2021b).



Şekil 5.7 Peltier çalışma prensibi (Anonim, 2021b)

5.4. Havalandırma Sistemi

Eksenel fanlar, havayı üzerinde bulunan kanatlar ile belirli bir yönde hareketi amaçlamaktadır. Eksenel fanlar, elektronik malzemelerin soğutulmasında, küçük soğutma fanlarından soğutma kulelerine kadar birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bu tip fanlar, daha çok iklimlendirme amaçlı endüstriyel uygulamalarda görülmektedir (Anonymous, 2022c). Şekil 5.8’de görülen bilgisayar fanı eksenel akışlı fan olarak uygulamalarda soğutma görevi üstlenmektedir.

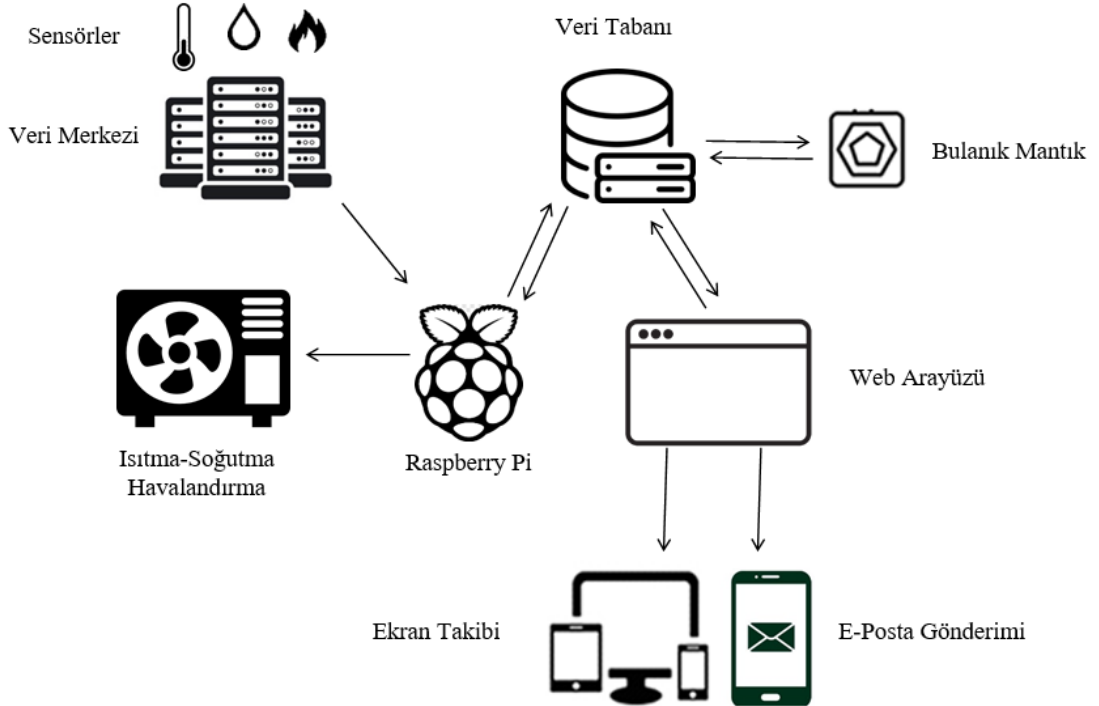


Şekil 5.8 Bilgisayar fanı

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

6.1. Bulanık Kontrol Arayüzü

Veri merkezindeki kabinlerde bulunan sensörler sayesinde veriler alınarak Raspberry pi ile veri tabanına gönderilmiştir. Merkezin sıcaklığını kontrol altına alabilmek için bulanık mantık mekanizması yazılarak kurallar oluşturulmuştur. Bu kurallar doğrultusunda ısıtma ve soğutma için kullanılan peltierler çalışmaktadır. Sistemdeki nem bilgisi de eşik değeri aşması durumunda fanlar çalışarak havalandırma yapmaktadır. Ayrıca ortamda bulunan alev sensörü ile olası yangın durumları da kaydedilmektedir. Şekil 6.1’de görülen ve açıklanan sistemin belirli durumlarda web arayüzüne dahil edilen elektronik posta hizmeti sayesinde belirlenen personellere bilgi verilmektedir. Arayüz tasarlanırken, Koçak (2018) çalışmasında oluşturulan arayüz kütüphane/framework’ten yararlanılmıştır. Buna ek olarak veri merkezi kontrolü problemine uygun bulanık denklemler ve hesaplamalar sunucu tarafında C# programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.1 Sistemin çalışma prensibi

Bulanık Küme

Dünya üzerinde bulunan yerleşim yerlerinde ölçülen en yüksek ve en düşük sıcaklıklar ile Çizelge 6.1 oluşturulmuştur. Sıcaklık aralıkları en geniş aralıklarla

belirtilmiş olup bölgesel olarak da değerlendirilebilmektedir. Bu çizelgenin oluşturulmasındaki amaç sıcaklık aralıklarını bulanıklaştırarak geçerli durumu tespit edebilmektir.

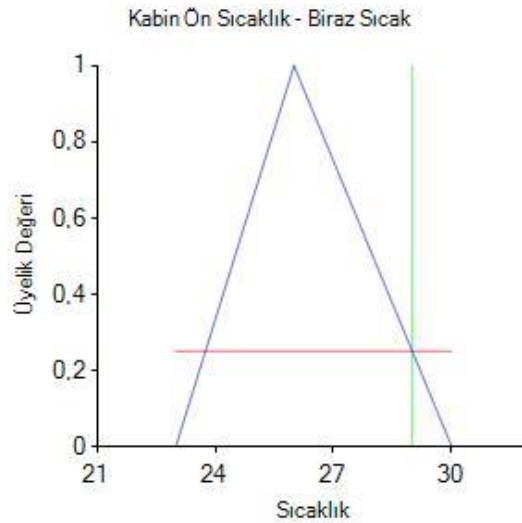
Çizelge 6.1 Sıcaklık aralıklarının bulanık küme gösterimi

Bulanık Küme	Sıcaklık Aralıkları
Aşırı Sıcak	50-100°C Arası
Çok Sıcak	35-55°C Arası
Sıcak	28-45°C Arası
Biraz Sıcak	23-30°C Arası
Ilık	15-25°C Arası
Biraz Soğuk	10-18°C Arası
Soğuk	8-13°C Arası
Çok Soğuk	0-10°C Arası
Aşırı Soğuk	(-70)-7°C Arası

Üyelik Fonksiyonları

Arayüzde üyelik fonksiyonları oluşturulurken üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Üçgen üyelik fonksiyonunda üç değişken bulunmaktadır. Bunlar; başlangıç (a), en yüksek (b) ve bitiş (c) olarak belirtilmiştir. $\mu(x)$ her bir eleman için hesaplanan üyelik değerini temsil etmektedir. Üçgen üyelik derecesi Denklem 6.1'de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

$$\mu(x; a, b, c) = \begin{cases} x \gg c, x \ll a \text{ ise } 0 \\ a < x \ll b \text{ ise } \frac{x-a}{b-a} \\ b < x < c \text{ ise } \frac{c-x}{c-b} \end{cases} \quad (6.1)$$



Şekil 6.2 Örnek bir üyelik fonksiyonu

Kabin ön sıcaklık giriş değeri 29 girildiğinde oluşan üyelik grafiği Şekil 6.2’de verilmiştir. Grafikte bulunan mor çizgi üyelik fonksiyonu denkleminde olan μ değerine karşılık gelmektedir. Yeşil çizgi giriş değeri olan x değerini, kırmızı çizgi ise x değerinin üyelik fonksiyonunu kestiği noktanın üyelik değerini göstermektedir.

Bulanık Kurallar

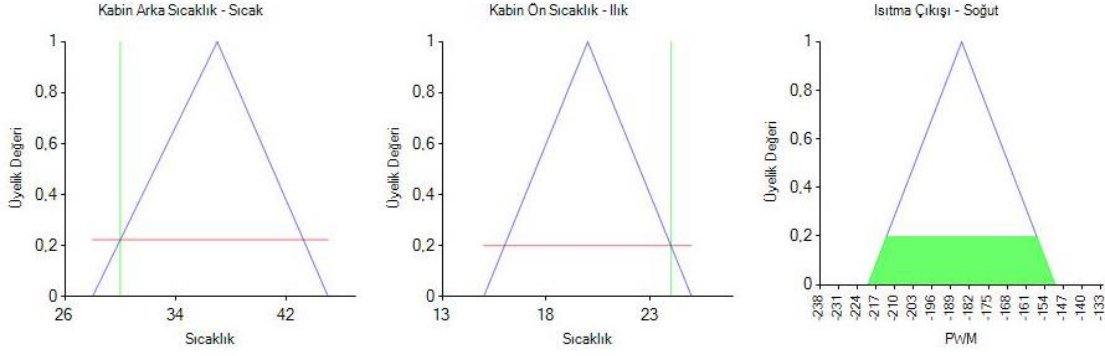
Tasarlanan veri merkezi kontrol sisteminde arayüz üzerinden yapılan ekleme ve çıkarma gibi değişiklikler ile kaynak kod üzerinde herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duyulmamaktadır. Kurallar çok giriş, tek çıkış (MISO; Multiple Input, Single Output) yöntemi ile üretilmektedir. Bu yöntem Denklem 6.2 ile gösterilmektedir.

$$\text{Eğer } X_1 = A \text{ ve } X_2 = B \text{ ise } Y = C \quad (6.2)$$

Denklem 6.2’de bulunan X değerleri girişleri, A , B ve C değerleri durumları, Y ise çıkışı göstermektedir. Y çıkışına ulaşabilmek için öncelikle A ve B değerleri hesaplanmalıdır. Her giriş için hesaplanacak durumlara ne kadar yakın, üye olduğunun bulunması gerekmektedir. Örnek bir kural olarak eğer kabin arka sıcaklık “Sıcak”, kabin ön sıcaklık “Ilık” ise çıkış “Soğut” olsun. Bu örnekteki sıcak ve ılık ifadeleri için kabin arka ve kabin ön sıcaklık değerlerin hangi üyelik derecesinde olduğu Denklem 6.1 ile hesaplanmıştır. Denklem 6.3’de bulunan ifade ile Denklem 6.2’den edinilen kabin arka ve kabin ön sıcaklık üyelik değerleri yardımıyla hangi kurala ait bir çıkış verdiği hesaplanmaktadır. Bu kural yardımıyla hesaplanan bulanık küme üyelik derecesi MIN-MAX metodu ile üstü kesilerek çıkış değeri ağırlık ortalaması metoduyla sonuçlandırılır.

$$Y_i = \text{MIN}[\mu_{x_1}(x_1), \mu_{x_2}(x_2)] \quad (6.3)$$

Denklem 6.3’de verilen Y değeri i çıkış değerini her bir kural için ayrı ayrı hesaplama yaparak göstermektedir. X değerleri girişleri temsil ederken $\mu(x)$ ortalamayı temsil etmektedir. Şekil 6.3’de örnek bir grafik gösterimi bulunmaktadır.

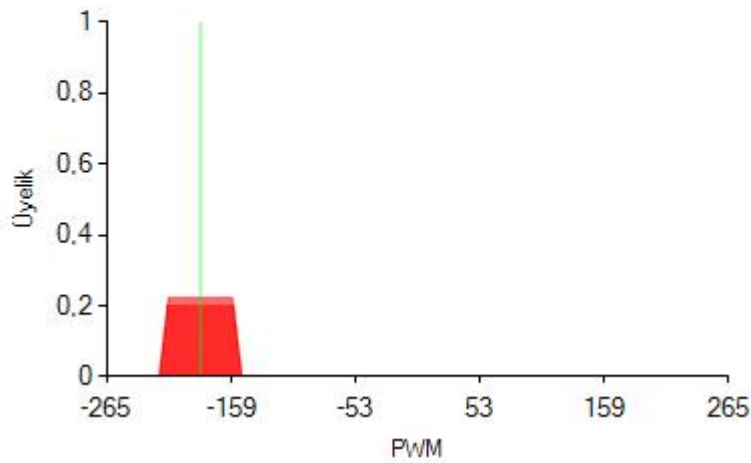


Şekil 6.3 Örnek bir bulanık çıkış grafiği (X1=30, X2=24)

Şekil 6.4'de görülen çıkış için Denklem 6.4'ten yararlanılarak hesaplama yapılmıştır. Şekil 6.3'te örneklenen ifade gibi oluşan her bir kural hesaplamaya dahil edilmiştir. Denklem 6.4'te Y çıkış değerini, X giriş değerini, $\mu_n(x)$ ise her n değeri için hesaplanan üyelik değerini göstermektedir. Denklem 6.4 ile anlaşılacağı üzere ağırlıklı ortalama yöntemi yapılarak bu hesaplamalar sonucunda bir çıkış üretilmiştir.

$$Y = \frac{\sum_n \mu_n(x) * x}{\sum_n \mu_n(x)} \quad (6.4)$$

Kurallar Toplamı = -185 PWM



Şekil 6.4 Örnek bir kural toplamı sonrası çıkış grafiği

Bulanık Kurallar Tablosu

Bulanık mantık kontrolü için oluşturulabilecek olası bulanık kurallar Çizelge 6.2’de gösterilmektedir. Bulanık kuralların oluşturulmasında Çizelge 6.1 bulanık kümesinden yararlanılmıştır.

Bulanık kümeye sahip kabin arka (9) ve kabin ön (9) sıcaklıkların eşleştirilerek toplamda 81 adet kural tanımlanması ile bulanık kurallar tablosu oluşturulmuştur. Çizelge 6.2’de kullanılabilir 75 adet kural gözlemlenmektedir.

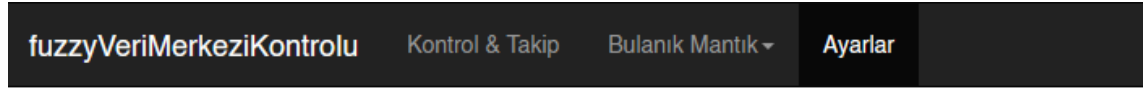
Çizelge 6.2 Bulanık kurallar tablosu

Kural	Arka Sıcaklık	Ön Sıcaklık	Çıkış
1	Aşırı Soğuk	Aşırı Sıcak	Soğut
2	Aşırı Soğuk	Çok Sıcak	Biraz Soğut
3	Aşırı Soğuk	Sıcak	Biraz Soğut
4	Aşırı Soğuk	Biraz Sıcak	Biraz Soğut
5	Aşırı Soğuk	Ilık	--
6	Aşırı Soğuk	Biraz Soğuk	Biraz Isıt
7	Aşırı Soğuk	Soğuk	Isıt
8	Aşırı Soğuk	Çok Soğuk	Aşırı Isıt
9	Aşırı Soğuk	Aşırı Soğuk	Aşırı Isıt
10	Çok Soğuk	Aşırı Sıcak	Soğut
11	Çok Soğuk	Çok Sıcak	Biraz Soğut
12	Çok Soğuk	Sıcak	Biraz Soğut
13	Çok Soğuk	Biraz Sıcak	Biraz Soğut
14	Çok Soğuk	Ilık	--
15	Çok Soğuk	Biraz Soğuk	Biraz Isıt
16	Çok Soğuk	Soğuk	Isıt
17	Çok Soğuk	Çok Soğuk	Isıt
18	Çok Soğuk	Aşırı Soğuk	Aşırı Isıt
19	Soğuk	Aşırı Sıcak	Soğut
20	Soğuk	Çok Sıcak	Soğut
21	Soğuk	Sıcak	Biraz Soğut
22	Soğuk	Biraz Sıcak	Biraz Soğut
23	Soğuk	Ilık	--
24	Soğuk	Biraz Soğuk	Biraz Isıt
25	Soğuk	Soğuk	Biraz Isıt
26	Soğuk	Çok Soğuk	Isıt
27	Soğuk	Aşırı Soğuk	Aşırı Isıt
28	Biraz Soğuk	Aşırı Sıcak	Aşırı Soğut
29	Biraz Soğuk	Çok Sıcak	Soğut
30	Biraz Soğuk	Sıcak	Biraz Soğut
31	Biraz Soğuk	Biraz Sıcak	Biraz Soğut
32	Biraz Soğuk	Ilık	--
33	Biraz Soğuk	Biraz Soğuk	Biraz Isıt
34	Biraz Soğuk	Soğuk	Isıt

35	Biraz Soğuk	Çok Soğuk	Isıt
36	Biraz Soğuk	Aşırı Soğuk	Isıt
37	Ilık	Aşırı Sıcak	Soğut
38	Ilık	Çok Sıcak	Soğut
39	Ilık	Sıcak	Biraz Soğut
40	Ilık	Biraz Sıcak	Biraz Soğut
41	Ilık	Ilık	--
42	Ilık	Biraz Soğuk	--
43	Ilık	Soğuk	Biraz Isıt
44	Ilık	Çok Soğuk	Isıt
45	Ilık	Aşırı Soğuk	Isıt
46	Biraz Sıcak	Aşırı Sıcak	Aşırı Soğut
47	Biraz Sıcak	Çok Sıcak	Aşırı Soğut
48	Biraz Sıcak	Sıcak	Soğut
49	Biraz Sıcak	Biraz Sıcak	Soğut
50	Biraz Sıcak	Ilık	Biraz Soğut
51	Biraz Sıcak	Biraz Soğuk	Biraz Soğut
52	Biraz Sıcak	Soğuk	Biraz Isıt
53	Biraz Sıcak	Çok Soğuk	Biraz Isıt
54	Biraz Sıcak	Aşırı Soğuk	Isıt
55	Sıcak	Aşırı Sıcak	Aşırı Soğut
56	Sıcak	Çok Sıcak	Aşırı Soğut
57	Sıcak	Sıcak	Aşırı Soğut
58	Sıcak	Biraz Sıcak	Soğut
59	Sıcak	Ilık	Soğut
60	Sıcak	Biraz Soğuk	Soğut
61	Sıcak	Soğuk	Biraz Soğut
62	Sıcak	Çok Soğuk	Biraz Soğut
63	Sıcak	Aşırı Soğuk	Biraz Soğut
64	Çok Sıcak	Aşırı Sıcak	Aşırı Soğut
65	Çok Sıcak	Çok Sıcak	Aşırı Soğut
66	Çok Sıcak	Sıcak	Aşırı Soğut
67	Çok Sıcak	Biraz Sıcak	Aşırı Soğut
68	Çok Sıcak	Ilık	Soğut
69	Çok Sıcak	Biraz Soğuk	Soğut
70	Çok Sıcak	Soğuk	Soğut
71	Çok Sıcak	Çok Soğuk	Biraz Soğut
72	Çok Sıcak	Aşırı Soğuk	Biraz Soğut
73	Aşırı Sıcak	Aşırı Sıcak	Aşırı Soğut
74	Aşırı Sıcak	Çok Sıcak	Aşırı Soğut
75	Aşırı Sıcak	Sıcak	Aşırı Soğut
76	Aşırı Sıcak	Biraz Sıcak	Aşırı Soğut
77	Aşırı Sıcak	Ilık	Aşırı Soğut
78	Aşırı Sıcak	Biraz Soğuk	Soğut
79	Aşırı Sıcak	Soğuk	Soğut
80	Aşırı Sıcak	Çok Soğuk	Soğut
81	Aşırı Sıcak	Aşırı Soğuk	Biraz Soğut

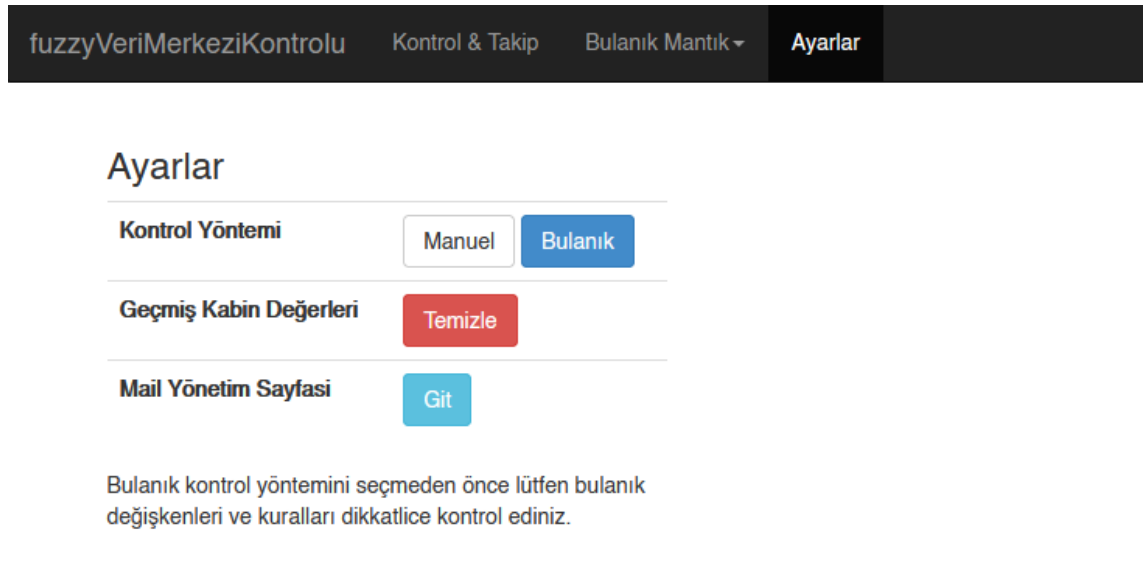
6.1.1. Web Arayüzü

Bulanık kontrol arayüzü Şekil 6.5’de görüldüğü üzere üç ana menüden oluşmaktadır. Bu menüler “Kontrol & Takip”, “Bulanık Mantık” ve “Ayarlar” olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 6.5 Sistem arayüz menüleri

Arayüzün “Ayarlar” menüsü açıldığı zaman iki farklı kontrol seçimi görüntülenmektedir. Sistemin kontrol yöntemi bulanık mantık ile yapılabileceği gibi istenildiği zaman ve durumda bir kullanıcı etkisiyle manuel olarak da kullanıma sunulmuştur. Buradaki amaç kullanıcının bulanık değerler doğrultusunda sistemin otomatik değerlendirmesini ve ona göre bir çıkış üretmesini istiyorsa bulanık mantık ile kontrol yöntemi tercih edilmesi sağlanmıştır. Manuel kontrol yöntemi seçildiği zaman ise çıkış durumu belirtilen “Kapalı, Düşük, Orta, Yüksek” değerlendirmelerine göre yapılmaktadır. Ayarlar menüsünden kontrol yöntemi haricinde geçmiş kayıtlar temizlenebilmektedir. Ayrıca elektronik posta ayarları ve yönetimi için de ayarlar menüsü kullanılmaktadır. Şekil 6.6’da ayarlar sayfası görüntülenmektedir.



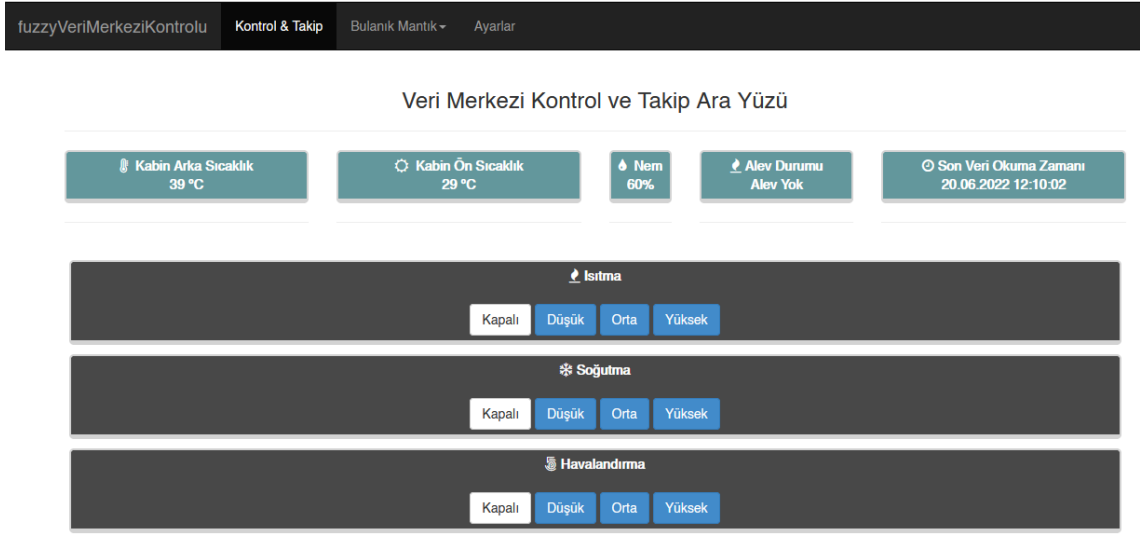
Kullanıcı tarafından ayarlar sayfasında bulanık yöntem seçildiği zaman Şekil 6.7, manuel yöntem seçildiği zaman ise Şekil 6.8 Kontrol & Takip menüsünde görüntülenmektedir. Kullanıcı tarafından seçilebilen iki yöntemde de; kabin arka sıcaklık, kabin iç sıcaklık, nem, alev durumu ve son veri okuma zamanı ortak olarak sunulmaktadır. Sensörlerden okunan son değerler buradaki alanlarda gösterilmektedir. Ayrıca kabin arka sıcaklık, kabin ön sıcaklık ve nem değerlerinin bulunduğu butonlara tıklandığında değerlerin son bir saatinin, son beş saatinin ve son yirmi dört saatinin grafikleri görünmektedir. Grafiklerin periyotlar halinde görüntülenmesi, Ek-2’de belirtilen uzman görüşünden yararlanılarak eklenmiştir.

Şekil 6.7’de bulanık yöntem seçilerek elde edilen Kontrol & Takip sayfası gösterilmektedir. Bu sayfa bulanık mantık fonksiyonları girilerek elde edilen değerler ile hesaplanmakta ve mikrodenetleyicimizin Pwm çalışma aralıkları ile voltaj değerleri çıkış olarak görüntülenmektedir.



Şekil 6.7 Bulanık yöntem seçilmiş kontrol & takip sayfası

Şekil 6.8’de manuel yöntem seçilerek elde edilen Kontrol & Takip sayfası gösterilmektedir. Bu sayfada bulunan çıkışlar (ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemi); kapalı, düşük, orta ve yüksek olarak derecelendirilmektedir.



© 2022 - fuzzyVeriMerkeziKontrolu

Şekil 6.8 Manuel yöntem seçilmiş kontrol & takip sayfası

Şekil 6.8’de manuel olarak soğutma ve havalandırma dereceleri orta seçilmiş ve tekrardan bulanık alana geçilmiş olsaydı Şekil 6.9 karşımıza gelecekti. Aynı değerler ve kurallar ile farklı bir çıkış durumunun gözlendiği Şekil 6.7 ve Şekil 6.9 karşılaştırıldığında görülecektir. Bu durum bize istenilen durumlarda kullanıcı etkisiyle sistem çıkışlarının çalıştırılabileceğini göstermektedir.



© 2022 - fuzzyVeriMerkeziKontrolu

Şekil 6.9 Manuel seçim sonrası kontrol & takip sayfası

Arayüzde bulunan bulanık menüsünde üç sekmenin yer aldığı Şekil 6.10’da görülmektedir. Bunlar değişkenler, kurallar ve bulanık test olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 6.10 Bulanık menü sekmeleri

Değişkenler sayfası açıldığında iki giriş bir çıkış olmak üzere üç farklı değişken Şekil 6.11’de karşımıza çıkmaktadır. Giriş değişkenleri kabin arka ve kabin ön sıcaklıkları olarak dokuz adet üyelik fonksiyonu barındırırken çıkış değişkeni altı adet üyelik fonksiyonuna sahiptir. Her değişken için yeni üyelik fonksiyonları eklenebildiği gibi istenmeyen fonksiyonları silmek için düzenle seçilmektedir. Ayrıca grafik butonu sayesinde istenilen değişkenin üyelik fonksiyonları tek bir grafik üzerinde görüntülenmektedir.

The image shows the 'Bulanık Değişkenler' page. It features a table with the following data:

Değişken Türü	Değişken Adı	Üyelik Fonksiyon Sayısı	Ekle	Grafik	Düzenle
Giriş	Kabin Arka Sıcaklık	9	Ekle	Grafik	Düzenle
Giriş	Kabin Ön Sıcaklık	9	Ekle	Grafik	Düzenle
Çıkış	Isıtma Çıkışı	6	Ekle	Grafik	Düzenle

© 2022 - fuzzyVeriMerkeziKontrolu

Şekil 6.11 Bulanık değişkenler

Şekil 6.11’de bulunan ekle butonuna basıldığında Şekil 6.12’de gösterilen yeni üyelik fonksiyonu sayfası açılmaktadır. Bu sayfa ile yeni fonksiyonlar oluşturulabilmektedir.

Kabin Arka Sıcaklık için Yeni Üyelik Fonksiyonu

Fonksiyon Adı

A değeri (Başlangıç)

B değeri (Orta Nokta)

C değeri (Bitiş)

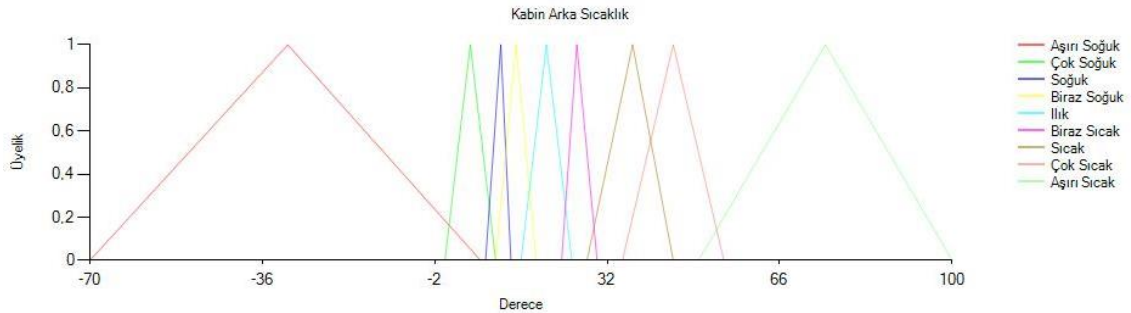
Ekle

[Değişken Listesine Geri Dön](#)

© 2022 - fuzzyVeriMerkeziKontrolu

Şekil 6.12 Kabin arka sıcaklık için yeni üyelik fonksiyonu

Çizelge 6.1’de verilen sıcaklık aralıkları Şekil 6.12 ile sisteme üyelik fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan ve Şekil 6.11’de daha önceden belirtilen dokuz adet üyelik fonksiyonu grafiğine grafik butonu yardımıyla erişilebilmektedir. Şekil 6.13’te kabin arka sıcaklığına ait üyelik fonksiyonları grafiği görüntülenmektedir.



Şekil 6.13 Kabin arka sıcaklık için üyelik fonksiyon grafiği

Şekil 6.11’de belirtilen düzenle butonu yardımıyla daha önceden eklenen üyelik fonksiyonları görüntülenmekte ve istenilmeyen fonksiyonlar Şekil 6.14’te ki gibi sil butonu sayesinde silinebilmektedir.

Fonksiyon Adı	A Değeri	B Değeri	C Değeri	Fonksiyon Türü	
Aşırı Soğuk	-70	-31	7	triangle	Sil
Çok Soğuk	0	5	10	triangle	Sil
Soğuk	8	11	13	triangle	Sil
Biraz Soğuk	10	14	18	triangle	Sil
Ilık	15	20	25	triangle	Sil
Biraz Sıcak	23	26	30	triangle	Sil
Sıcak	28	37	45	triangle	Sil
Çok Sıcak	35	45	55	triangle	Sil
Aşırı Sıcak	50	75	100	triangle	Sil

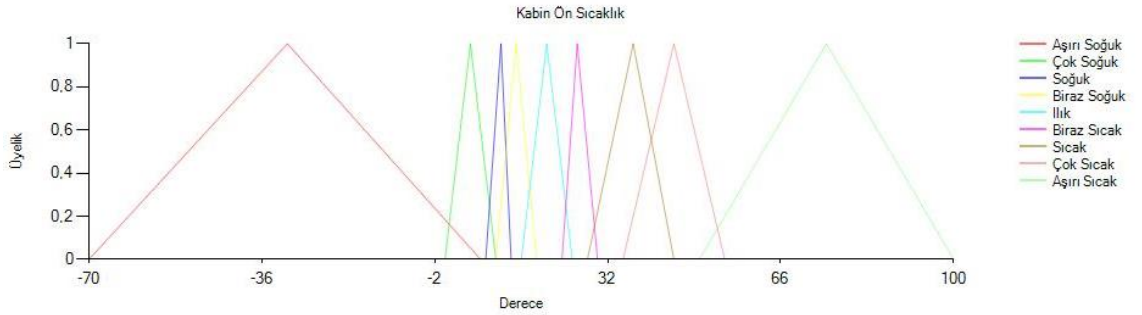
Dikkat: Silmek istediğiniz üyelik fonksiyonuna ait atanmış kurallar varsa onlarda silinecektir.

[Değişken Listesine Geri Dön](#)

© 2022 - fuzzyVeriMerkeziKontrolu

Şekil 6.14 Kabin arka sıcaklık için üyelik fonksiyonları

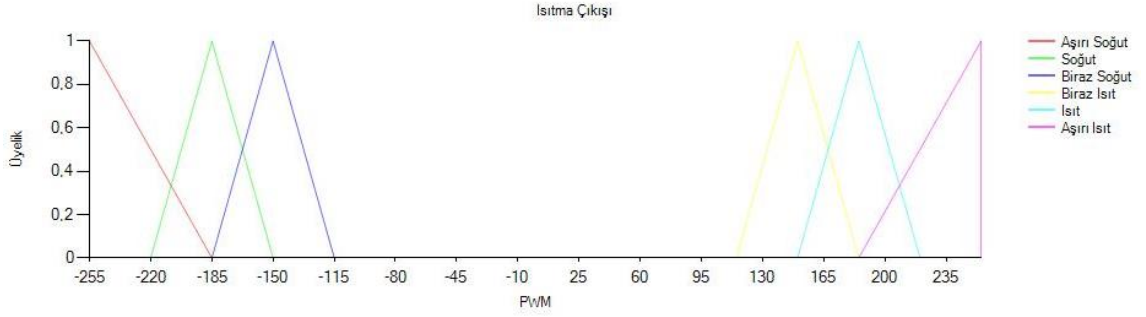
Şekil 6.11’de bulunan ve diğer giriş değeri olan kabin ön sıcaklık için üyelik fonksiyon grafiği Şekil 6.15 ile gösterilmiştir.



Şekil 6.15 Kabin ön sıcaklık için üyelik fonksiyon grafiği

Kabin ön sıcaklık için kullanılan fonksiyonlar ile kabin arka sıcaklık için kullanılan fonksiyonlar aynı değerler baz alınarak girildiği için hem üyelik fonksiyon grafikleri hem de üyelik fonksiyonları aynı sayıda ve niteliktedir.

Şekil 6.11’de bulunan ısıtma çıkışı değişkeninin grafik butonu seçildiğinde Şekil 6.16’da verilen üyelik fonksiyon grafiği görüntülenmektedir. Bu grafik eklenen altı üyelik fonksiyonu için ısıtma çıkışları Pwm değerleri ile gösterilmiştir.



Şekil 6.16 Isıtma çıkışı için üyelik fonksiyon grafiği

Şekil 6.11 bulunan ısıtma çıkışı değeri ekle butonu seçildiğinde yeni çıkış fonksiyonu üretilirken, düzenle butonu seçildiğinde ise Şekil 6.17’de bulunan 6 adet üyelik fonksiyonu gösterilmektedir. İstenildiği takdirde bu üyelik fonksiyonları silinebilmektedir.

fuzzyVeriMerkeziKontrolu
Kontrol & Takip
Bulanık Mantık
Ayarlar

Isıtma Çıkışı için üyelik fonksiyonları

Fonksiyon Adı	A Değeri	B Değeri	C Değeri	Fonksiyon Türü	
Soğut	-220	-185	-150	triangle	Sil
Biraz Soğut	-185	-150	-115	triangle	Sil
Isıt	150	185	220	triangle	Sil
Biraz Isıt	115	150	185	triangle	Sil
Aşırı Isıt	185	255	255	triangle	Sil
Aşırı Soğut	-255	-255	-185	triangle	Sil

Dikkat: Silmek istediğiniz üyelik fonksiyonuna ait atanmış kurallar varsa onlarda silinecektir.

[Değişken Listesine Geri Dön](#)

© 2022 - fuzzyVeriMerkeziKontrolu

Şekil 6.17 Isıtma çıkışı için üyelik fonksiyonları

Bulanık menüsü sekmelerinden olan ve Şekil 6.10’da görülen kurallar sekmesi tıklanıp açıldığında Şekil 6.18’de bir kısmı görülen bulanık kurallar sayfası gösterilmektedir. Bu sayfada bulunan yeni kural ekle butonu ile yeni kurallar tanımlanabilmektedir. Ayrıca istenmeyen kurallar silinebilmektedir.

fuzzyVeriMerkeziKontrolu Kontrol & Takip Bulanik Mantik - Ayarlar				
Bulanik Kurallar				
Yeni Kural Ekle		Kuralları Test Et		
Kural Adı	Kabin Arka Sıcaklık	Kabin Ön Sıcaklık	Çıkış	
Kural1	Aşırı Soğuk	Aşırı Sıcak	Soğut	Sil
Kural2	Aşırı Soğuk	Çok Sıcak	Biraz Soğut	Sil
Kural3	Aşırı Soğuk	Sıcak	Biraz Soğut	Sil
Kural4	Aşırı Soğuk	Biraz Sıcak	Biraz Soğut	Sil
Kural6	Aşırı Soğuk	Biraz Soğuk	Biraz Isıt	Sil
Kural7	Aşırı Soğuk	Soğuk	Isıt	Sil
Kural8	Aşırı Soğuk	Çok Soğuk	Aşırı Isıt	Sil
Kural9	Aşırı Soğuk	Aşırı Soğuk	Aşırı Isıt	Sil

Şekil 6.18 Bulanik kurallar

Bulanik kurallar sayfasında yeni kural ekle butonu seçildiğinde Şekil 6.19’da görülen ekran ile karşılaşılmaktadır. Bu ekranda tanımlanan kuralların sırası eklenme zamanına göre gerçekleşmektedir. Seçilen giriş ve çıkış değerleri ile bulanik kurallar eklenmektedir.

fuzzyVeriMerkeziKontrolu Kontrol & Takip Bulanik Mantik - Ayarlar	
Yeni Bulanik Kural	
Kural Adı	<input type="text"/>
Kabin Arka Sıcaklık	Sıcak <input type="button" value="v"/>
Kabin Ön Sıcaklık	Biraz Sıcak <input type="button" value="v"/>
Çıkış	Soğut <input type="button" value="v"/>
<input type="button" value="Ekle"/>	
Kural Listesine Geri Dön	

Şekil 6.19 Yeni bulanik kural ekleme ekranı

Bulanık kuralların eklenmesi tamamlandıktan sonra ister Şekil 6.10'da görülen bulanık mantık menüsü sekmelerinden bulanık test seçilerek ister Şekil 6.18'de görülen kuralları test et butonu sayesinde test ekranı Şekil 6.20'de görülmektedir.

fuzzyVeriMerkeziKontrolu
Kontrol & Takip
Bulanık Mantık ▾
Ayarlar

Kabin Arka Sıcaklık

Kabin Ön Sıcaklık

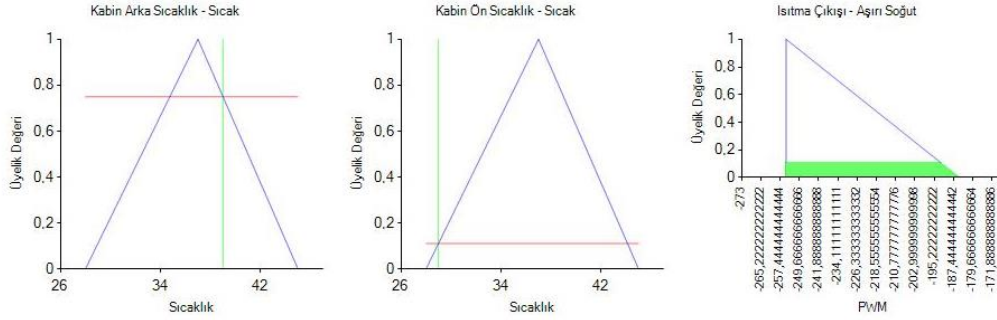
Test Et

© 2022 - fuzzyVeriMerkeziKontrolu

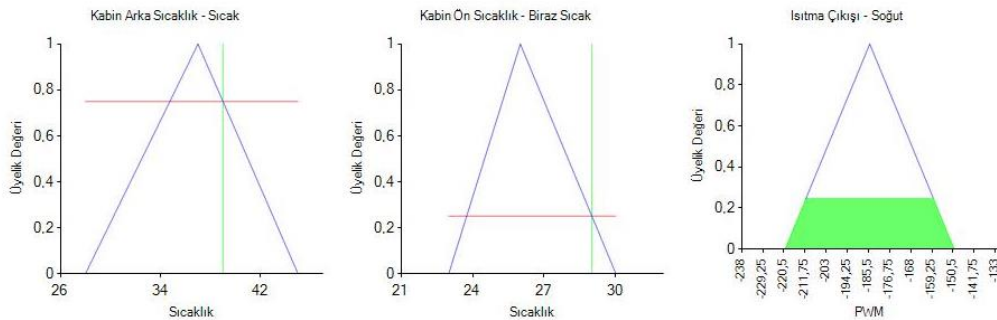
Şekil 6.20 Bulanık test ekranı

Kuralların eklenmesi sonrasında kullanıcı eklemiş olduğu bulanık kuralları test ederek oluşacak çıkış değerini ve hangi kurallar yardımcı ile bu çıkışın gerçekleştiğini gözlemleyebilecektir. Şekil 6.20'de görüldüğü gibi kabin arka sıcaklık değeri 39 ve kabin ön sıcaklık değeri 29 girilerek test edilmiştir. Girilen değerler hangi kurallar için anlamlı ise o kuralların üyelik değerlerinde bir çıkış üretecektir.

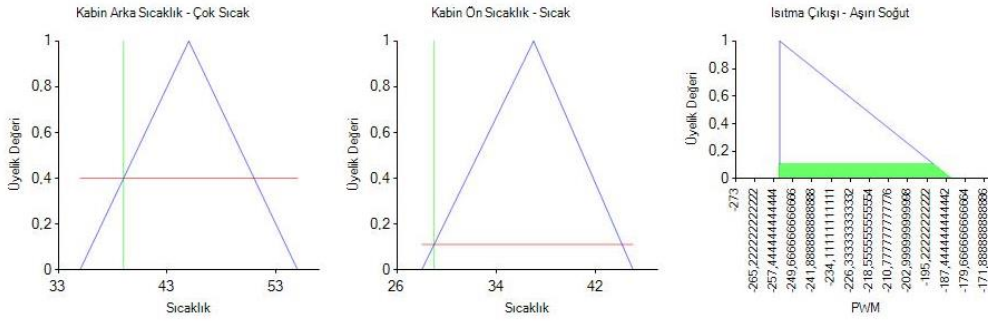
Kural 51



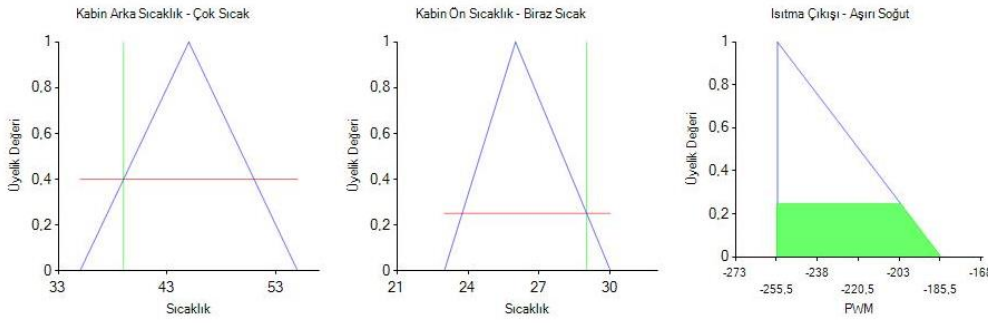
Kural 52



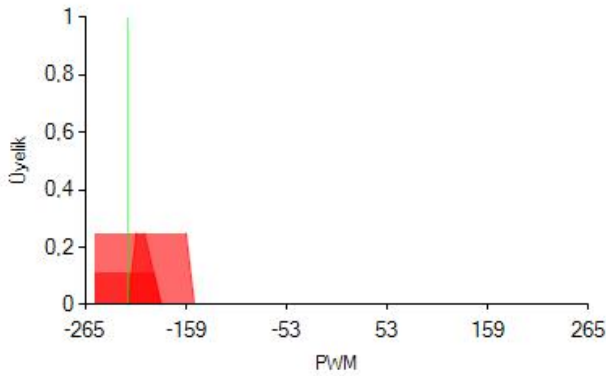
Kural 60



Kural 61



Kurallar Toplamı = -220 PWM



Şekil 6.21 Bulanık test ekranı

Şekil 6.21’de kabin arka sıcaklık için 39 ve kabin ön sıcaklık için 29 değerleri girildiğinde 4 farklı kural için kesme işleminin gerçekleştiği görülmektedir. Bu kuralların her biri için hesaplanan üyelik ve PWM değerleri de şekil üzerinde görülmektedir. Bu durumda bu dört durumun kurallar toplamı hesaplanarak -220 PWM değeri üretilerek aşırı soğutma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bulunulan bölgeye göre sıcaklık ve nem değerleri farklılık gösterecektir. Kullanıcı bulunduğu ortamın nem değerini veya istediği nem eşik değerini arayüz üzerinden yapabilmektedir. Şekil 6.10’da gösterilen bulanık mantık menüsü kurallar sekmesinden Şekil 6.22 klasik nem / fan kuralı ekranı getirilerek nem eşik değeri ayarlanabilmektedir. Sistem çalışması sırasında oluşan fan çıkış sinyali, nem değeri istenilen eşik değerinin altına ininceye kadar tam performans ile çalışacaktır. Ayrıca ayarlar menüsünden manuel yöntem seçilerek Şekil 6.9’da olduğu gibi belirli bir çalışma sinyali de üretilmektedir.

Klasik Nem / Fan Kuralı

Fan için Nem Eşik Değeri (%)

60

Güncelle

Şekil 6.22 Klasik nem / fan kuralı giriş ekranı

Sistem çalışır durumdayken sıcaklık için uygun değer olarak ifade edilen sıcaklık değeri yükseldiği, düştüğü ve nem için nem eşik değeri aşıldığı durumlarda bilgilendirme elektronik postası gönderilmektedir. Şekil 6.10’da gösterilen bulanık mantık menüsü kurallar sekmesinden Şekil 6.23 sıcaklık bildirim kuralı ekranı getirilerek sistemin belirlenen düşük ve yüksek sıcaklık eşik değerlerinde bilgilendirme elektronik postası gönderilmektedir. Sıcaklık bildirim kuralı eklenirken Ek-1 ve Ek-2’de belirtilen uzman görüşlerinden yararlanılmıştır.

Sıcaklık Bildirim Kuralı

Tür	Düşük	Yüksek
Kabin Arka Sıcaklık	<input style="width: 100%;" type="text" value="22"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="26"/>
Kabin Ön Sıcaklık	<input style="width: 100%;" type="text" value="23"/>	<input style="width: 100%;" type="text" value="32"/>

Güncelle

Şekil 6.23 Sıcaklık bildirim kuralı ekranı

☐ Sıcaklık Yükseldi



Kimden: "Veri Merkezi Kontrol Sistemi" <yilmazhasan@selcuk.edu.tr>

Kime: "yilmazhasan" <yilmazhasan@selcuk.edu.tr>

Kabin Arka Sıcaklık: 39

Kabin Ön Sıcaklık: 29

Nem: 60

Bu mesaj Veri Merkezi Kontrol Sistemi tarafından otomatik gönderilmiştir.

26.06.2022 12:56:12

Şekil 6.24 Optimum değerler aşıldığında 1. kullanıcıya gönderilen elektronik posta

Sıcaklığın yüksek olduğu durumda “Sıcaklık Yükseldi”, düştüğü durumda “Sıcaklık Düştü”, nem eşik değerini aştığı zamanda ise “Nem Optimum Aralıkta Değil” konu metni kullanılarak mail adresleri sistemde daha önceden kayıtlı olan kullanıcılara kabin arka sıcaklığı, kabin ön sıcaklığı, nem değeri ve bu değerlerin okunduğu zamanı gönderen bir kod bloğu çalıştırılmaktadır. Şekil 6.24 ve Şekil 6.25’te görüldüğü gibi birden fazla kullanıcıya sistem tarafından sıcaklığın yüksek olduğu bilgisi aynı zamanda elektronik posta olarak gönderilmiştir. Ayrıca sıcaklık haricinde ölçülen nem ve alev değerleri de uygun değeri aşması durumunda elektronik posta yardımıyla bilgi verilmiştir.

• Sıcaklık Yükseldi



• **Veri Merkezi Kontrol Sistemi** <yilmazhasan@selcuk.edu.tr>

To: hasanyilmaz_85@yahoo.com

Kabin Arka Sıcaklık: 39

Kabin Ön Sıcaklık: 29

Nem: 60

Bu mesaj Veri Merkezi Kontrol Sistemi tarafından otomatik gönderilmiştir.

26.06.2022 12:56:13

Şekil 6.25 Optimum değerler aşıldığında 2. kullanıcıya gönderilen elektronik posta

Şekil 6.6’da görüldüğü gibi ayarlar menüsünden mail yönetim sayfası açılmaktadır. Açılan mail yönetim sayfası ile yönetici elektronik postası, şifresi ve bilgilendirme yapılacak kişilerin listesi eklenmektedir. Sıcaklık ve nem eşik değerleri aşıldığı zaman bilgilendirme işlemi için gönderilen elektronik postanın göndereni yönetici maili olarak tanımlanmaktadır. Mail yönetim sayfası Ek-1’de belirtilen uzman yönlendirmesi sayesinde Şekil 6.26’da görülmektedir.

fuzzyVeriMerkeziKontrolu
Kontrol & Takip
Bulanık Mantık ▾
Ayarlar

Mail Yönetim

Yeni Mail Adresi Oluştur

Mail Adresi	Ad Soyad	
yilmazhasan@selcuk.edu.tr	Hasan Yılmaz	Sil
hasanyilmaz_85@yahoo.com	Yılmaz Hasan	Sil

Yönetici Ayarları

Yönetici Mail

Şifre

[Güncelle](#)

© 2022 - fuzzyVeriMerkeziKontrolu

Şekil 6.26 Mail yönetim sayfası ekranı

Oluşturulan elektronik posta listesine yeni adresler tanımlanmakta ve istenmeyen adresler de silinmektedir. Şekil 6.26’da görünen yeni mail adresi oluştur seçeneği ile yeni bilgilendirme yapılacak kişi ve adresleri eklenebilirken, sil seçeneği ile bilgilendirme alması istenmeyen kişilerin silinebilmektedir.

Yeni Mail

Mail Adresi

Ad Soyad

Ekle

[Mail Listesine Geri Dön](#)

© 2022 - fuzzyVeriMerkeziKontrolu

Şekil 6.27 Yeni mail ekleme ekranı

Mail yönetim sayfasında yeni mail adresi oluştur seçildiğinde Şekil 6.27'de görülen ekran ile karşılaşılmaktadır. Bu ekranda tanımlanan adres ve kişilerin sırası eklenme zamanına göre gerçekleşmektedir. Ayrıca Şekil 6.26'da görülen sil seçimi ile Şekil 6.28 ekranı karşımıza gelmektedir. Bu ekran ile yanlış bir şekilde bilgilendirme yapılacak kişilerin bilinçsiz silinmesi engellenmektedir.

Sil

Silmek İstediyinizden emin misiniz?

Mail Adresi yilmazhasan@selcuk.edu.tr
Ad Soyad Hasan Yılmaz

Sil

[Mail Listesine Geri Dön](#)

© 2022 - fuzzyVeriMerkeziKontrolu

Şekil 6.28 İstenmeyen mailleri silme ekranı

6.2. Diğer Bulgular

Web arayüzünde yazılan kodların ölçümleri, CPU kullanımları ve düşünülen olası senaryolara karşılık sistemin vermiş olduğu tepkileri bu başlık altında verilmiştir.

6.2.1. Kod Ölçümleri

Yazılım uygulamalarının güvenli ve sürdürülebilir bir yapı ile karmaşıklığın önüne geçilmesini sağlayabilecek nitelikte araçları bulunmaktadır. Bu araçlar ile geliştiriciler, oluşabilecek problemleri ve üzerinde çalışılan yazılımın gelişimini izlemektedirler (Jones ve ark., 2022).

Web arayüzünün geliştirilmesinde Visual Studio 2019 uygulaması kullanılmıştır. Uygulama içinde bulunan kod ölçümlerini hesapla (Code Metrics) aracı sayesinde bakım dizini, döngüsel karmaşıklık, devralma derinliği, sınıf bağlantısı, kaynak kodu satırları ve yürütülebilir kod satırları hesaplanmıştır. Hesaplanan durumlar Çizelge 6.3’de görülmektedir.

Çizelge 6.3 Kod ölçüm sonuçları

Bakım Dizini	Döngüsel Karmaşıklık	Devralma Derinliği	Sınıf Bağlantısı	Kaynak Kodu Satırları	Yürütülebilir Kod Satırları
90	280	3	75	1284	402

Bakım dizini; kod bakımının kolaylığını temsil etmektedir. 0 - 100 aralığında bir değer hesaplanmaktadır. Hesaplanan değer 20 ve üzerinde ise yeşil renk ile daha iyi bir bakım kolaylığının olduğu belirtilmektedir (Jones ve Hogenson, 2022a). Çizelge 6.3’de görülen bakım dizininin 90 değerini göstermesi yüksek bakım kolaylığına sahip olduğunu göstermiştir.

Döngüsel karmaşıklık; program içerisindeki akış kontrol mekanizmalarının sayısını belirtir. 1-10 aralığında düşük bir risk durumu verirken, 11-20 arasında orta, 21-50 arasında yüksek ve 50 üzerinde ise çok yüksek risk durumu belirtmektedir (Karagedik, 2010). Çizelge 6.3’de döngüsel karmaşıklığın 280 olduğu görülse de bu sayı bütün form ve sayfaların toplamını ifade etmektedir. Sayfalar bireysel olarak değerlendirildiğinde 307 değerinin içerisinde sadece bir tanesi orta riskte bulunurken diğer bütün değerler düşük riskte görünmektedir.

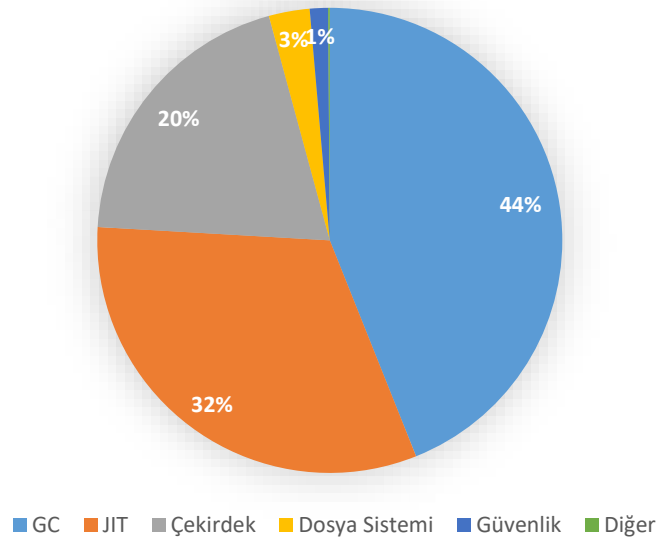
Devralma derinliği; nesne devralma hiyerarşisini ölçer. Derinlik sayısının düşük çıkması daha az karmaşıklık belirtmektedir (Jones ve Hogenson, 2022b). Çizelge 6.3’de görüldüğü üzere daha az karmaşık bir yapıdadır.

Sınıf bağlantısı; bir sınıf içinde kaç tane sınıfın kullanıldığını göstermektedir. Değerin yüksek olması sınıfların birbiri ile etkileşiminin fazla olduğunu göstermektedir (Bilen, 2014). Çizelge 6.3’de sınıf bağlantısının 75 olduğu görülmektedir. Bu sayı toplam kullanılan sınıf öğelerini göstermekte olup, bireysel bakıldığında kritik değeri aşmadığı gözlenmiştir.

Kaynak kodu satırları, kaynak kodundaki satırların tam sayılarını belirtirken yürütülebilir kod satırları ise yürütülebilir işlemlerin veya satırların yaklaşık sayısını verir.

6.2.2. CPU Kullanımı

Visual Studio 2019 uygulamasının tanılama aracı ile olaylar, bellek kullanımı ve CPU kullanımı ölçümleri yapılmaktadır. Bu araç sayesinde tasarlanan arayüzün performansı ölçülebilmektedir. Arayüz performansları incelendiğinde %44 ile en yüksek kategori GÇ (Giriş/Çıkış) olurken %32 ile JIT (Just In Time) derleyicisi takip etmektedir. CPU kullanımına ilişkin veriler Şekil 6.29’da görülmektedir.

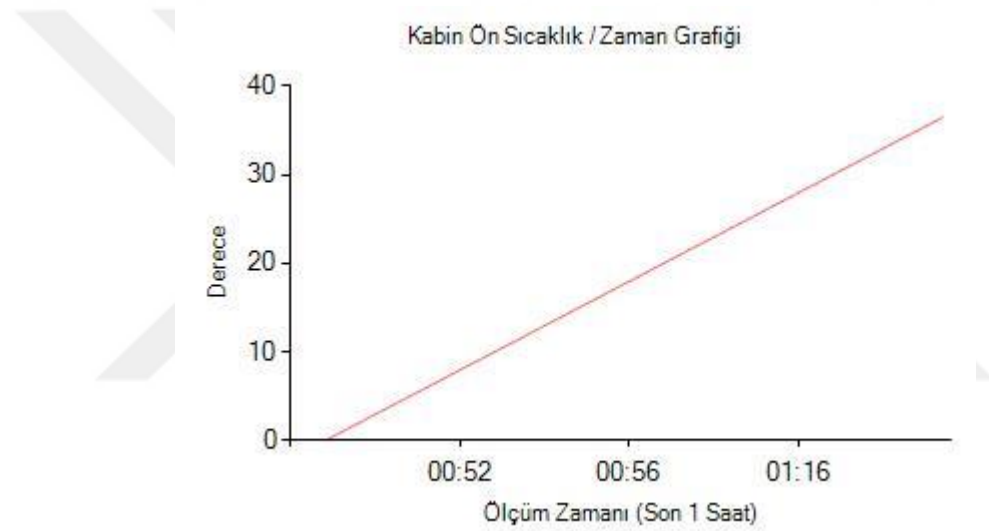


Şekil 6.29 CPU kullanım analizi ilk beş kategori

6.2.3. Senaryolar

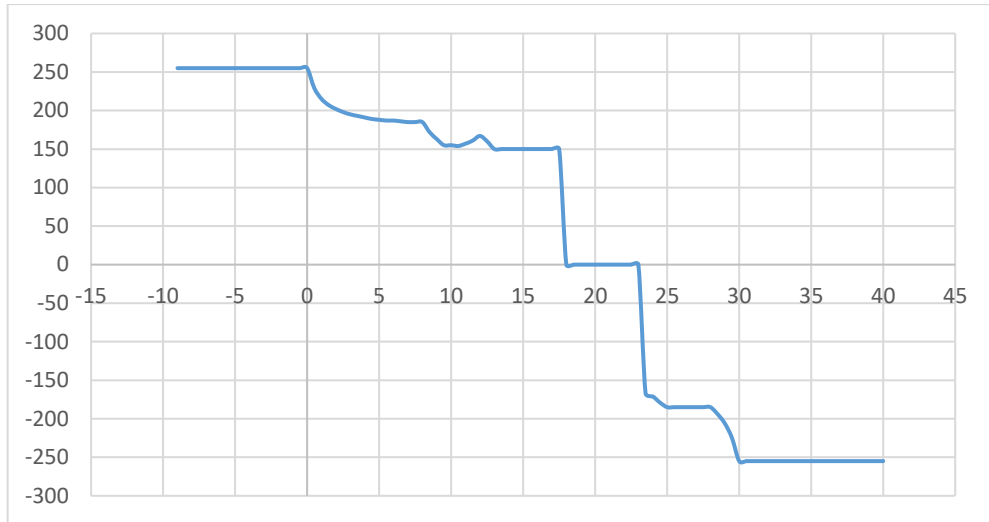
Tasarlanan sistemin çalışma düzenini gözlemleyebilmek için iki farklı senaryo düşünülmüştür. VS.NET C# kullanılarak yazılan senaryolar ile sistemin yöntem tarafından verilecek çıkışları gözlemlenmiştir.

Senaryo 1: Ortam sıcaklığını temsil eden kabin ön sıcaklık değeri kademeli bir şekilde doğrusal olarak artırılmıştır. Web arayüzünde sıcaklıkların 1, 5 ve 24 saatlik grafikleri görüntülenebilmektedir. Sıcaklık değerinin (-9) – 40 aralığında 0.5 aralıklarla doğrusal artırılması sonucu oluşan 1 saatlik sıcaklık-zaman grafiği Şekil 6.30'da görülmektedir.



Şekil 6.30 Ortam sıcaklık grafiği

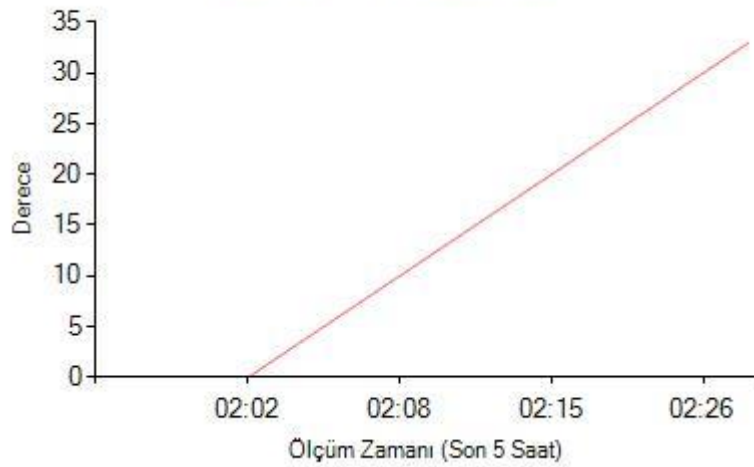
Ortam sıcaklık verilerinin bulanık mantık yöntemi ile verilen çıkış değeri PWM sinyalleri ile gösterilmektedir. Senaryo gereği verilen sıcaklıklara karşılık çıkış değerleri Şekil 6.31'de görülen PWM-sıcaklık grafiği ile gösterilmiştir. Çıkış sinyalleri (-255) – 255 aralığında bir çıkış vermektedir. Verilen çıkış değeri negatif değerlere sahip ise soğutma işlemi gerçekleşmesi gerekmektedir. Sistemin ısıtma veya soğutma yapmadığı ve ortam sıcaklığının 18-23 arasında olduğu değerler bulanık yöntemin çıkış vermediği aralığı göstermektedir.



Şekil 6.31 PWM-sıcaklık grafiği

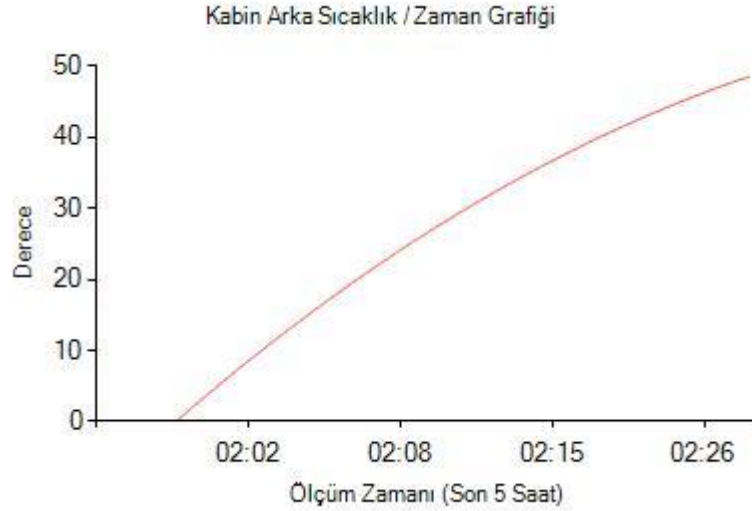
Senaryo 2: Ortam sıcaklığı olan kabin ön sıcaklığı doğrusal olarak arttığı durumda kabin arka sıcaklık değeri parabolik bir şekilde artırılmıştır.

Kabin Ön Sıcaklık / Zaman Grafiği



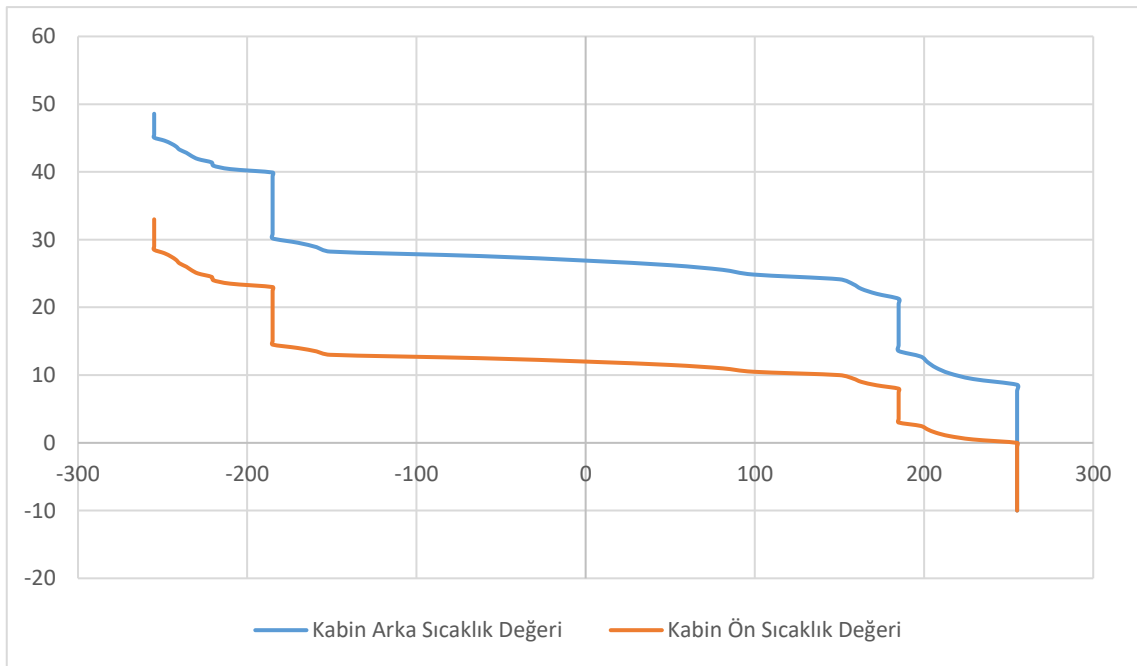
Şekil 6.32 Kabin ön sıcaklığı-zaman grafiği

Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait Konya ili verileri incelendiğinde en düşük ve en yüksek ortalama değerleri baz alınarak (-10) – 40 aralığı web arayüzü için kullanılmıştır (Anonim, 2022c). Senaryo gereği kabin ön sıcaklık değerine 0.5 artış değeri ile sıcaklık artırılmıştır. Kabin ön sıcaklık değerinin zaman grafiği Şekil 6.32’de gösterilmiştir. Kabin arka sıcaklığı için ise artış miktarı azalan bir değerle eklenmektedir. Kabin arka sıcaklık için verilen 1.0 artış değeri her okumada 0.0075 değerlik azalış ile artış değeri belirlenmektedir. Kabin arka sıcaklık ve zaman grafiği Şekil 6.33’de görülmektedir.



Şekil 6.33 Kabin arka sıcaklığı-zaman grafiği

Senaryo gereği simülasyonda incelenen kabin arka ve kabin ön sıcaklıklarının bulanık mantık işlemi sonrasında sistemin ürettiği PWM çıkışı gözlemlenmiştir. Kabin arka ve ön sıcaklıkları için üretilen çıkış değerleri Şekil 6.34’de görülmektedir. Gözlem verileri incelendiğinde kabin ön sıcaklığının 12, kabin arka sıcaklığının ise 26,905 olduğu derecede PWM çıkış sinyali üretilmediği görülmüştür. Diğer sıcaklık değerlerinde az da olsa soğutma ve ısıtma işlemleri için sinyal değerleri çıkış olarak verilmiştir.



Şekil 6.34 Kabin arka ve ön sıcaklıkları için üretilen PWM çıkışları

6.3. Tartışma

Kontrol işlemleri gerçekleştirilen endüstriyel ortamlardan, veri merkezi kontrolü gerçekleştiren birçok çalışma bulunmaktadır. Çalışmalarda kullanılan materyal ve yöntem incelendiğinde mikrodenetleyici, kullanılan programlama dili ve yöntem seçiminde farklılıklar görülmektedir.

Kaynak araştırması sonucunda veri merkezinde karşılaşılan kontrol denetleyicilerin genel olarak Arduino (Purwanto ve ark., 2018; Başcı, 2019; Baz ve Uludağ, 2021) ve Raspberry Pi (Balcı, 2019; Kurniawan ve ark., 2019; Utomo ve ark., 2019; Baz ve Uludağ, 2021) olduğu görülmüştür. Sistemde programlama dili olarak çoğunlukla Python (Balcı, 2019; Kurniawan ve ark., 2019; Baz ve Uludağ, 2021) ve MATLAB (Abbas ve ark., 2011; Purwanto ve ark., 2018) seçilmiştir. Yöntem olarak seçilen bulanık mantık literatüründe (Purwanto ve ark., 2018; Başcı, 2019; Ko ve ark., 2019; Tosun ve ark., 2019) veri merkezlerinde klasik yöntemlere göre daha az uygulanmıştır.

Literatür incelemesinde karşılaşılan bazı durumlar ile sistem yeterlilikleri ve eksiklikleri karşılaştırılmıştır. Tasarlanan kontrol sisteminde literatür incelemesinde veri merkezlerinde daha fazla kullanılan materyaller seçilmiştir. Sistemin daha modern programlama dilleri ve malzemeler ile bulanık yöntem seçimini kullanan başka bir çalışma bulunmadığı için özgün bir çalışma olarak değerlendirilebilir.

Kontrol yöntemi olarak seçilen bulanık mantık sayesinde ortamı optimum sıcakta tutabilmek için birden yüksek derece ısıtmak veya soğutmak yerine ne kadar ısıtılması veya soğutulması gerektiği, yazılan bulanık kurallar ve değişken sıcaklık şartlarına göre otomatik hesaplanmaktadır. Sistemin klasik mantık yerine bulanık mantık seçimi ortamı optimum sıcaklıkta tutabilmek adına daha nitelikli bir kontrol oluşturmaktadır.

Dünya genelinde sıcaklık değerleri değişkendir. Bazı coğrafi bölgelere göre 40 derece sıcak kabul edilirken, bazı bölgelere göre ise bu değer mevsim normallerinde bulunmaktadır. Bu sebeple veri merkezi kurulumu ihtiyaçlarının ortama göre optimum seviyeleri değişkenlik gösterebilir. Tasarlanan arayüz ile veri merkezi coğrafi şartları incelenerek sistem değerleri yeniden dizayn edilebilir. Merkezin bulunduğu yerin mevsim normallerine göre yeniden şekillenmesi aynı zamanda sistemin daha az seviyede zarar görmesi ve enerji kullanmasını sağlamaktadır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Bu çalışmada veri merkezinin bulanık mantık ile otonom bir şekilde kontrol edilebilmesi için gerekli olan yapılar oluşturulmuştur. Çalışma içerisinde kullanılan Raspberry Pi, Python ile kodlanmıştır. Veri merkezinde bulunan sensörler aracılığıyla on saniyelik zaman dilimleri ile sıcaklık, nem ve alev durumu değerleri çekilmiştir. Sistemde bir adet alev, bir adet nem ve iki adet sıcaklık sensörü kullanılmıştır. Çekilen sıcaklık değeri bulanık mantık kümesi sayesinde C# ile yazılan web arayüzünde yorumlanarak sistemin olası durumları hesaplanmıştır. Hesaplanan durum sonrasında HVAC sistemine komut vererek sistemi ısıtma ve soğutma yaparak optimum seviyede tutmaya odaklanmıştır. Çekilen nem değeri kullanıcı tarafından web arayüzünden girilen eşik değerinin aşılması durumunda sisteme dahil olan fan PWM sinyali gönderilerek optimum seviyeye ulaşmak istenmektedir. Sistemin çalışma zamanındaki gözlemi yapıldığında daha önceden manuel olarak gerçekleştirilen yangın durumu gibi özel durum kontrolü geliştirilen uygulama tarafından otomatik olarak yönetildiği görülmektedir. Bütün sensörlerden alınan değerler MSSQL veri tabanı üzerinde tutulmaktadır.

Veri merkezi sıcaklık ve nem değerlerinin optimum seviyelerde tutulması istenen bu çalışmada bulanık mantık yöntemi seçilmiştir. Çalışmada tasarlanan web arayüzü ASP.NET MVC ile karmaşıklıktan uzak, sade bir görünüme sahiptir. Kullanıcı hem manuel yöntem hem de bulanık mantık yöntemi ile sensörlerden alınan değerlere karşılık bir çıkış vermektedir. Sistemden alınan sensör verilerinin senkron ve belirlenen kısa aralıklarla gelmesi sistemi minimum gecikme ile takip etmiştir. Sistemde oluşan herhangi bir sorun veri tabanında kaydedildiği gibi kullanıcılara anlık bildirimler de yapılmıştır. Sistemin çalışması sırasında yapılacak bildirimlerin gönderimi için yönetici postası ve gönderilecek mail listesi web arayüzünden kaydedilmektedir. Böylece sıcaklık artışı ve azalışı, nem eşik değerinin aşılması gibi olası durumlar mail iletişimi ile bildirilmesi gereken kişilere bilgi verilmiştir.

Bu çalışmada kontrol mekanizmasının otomatik olarak yönetilmesi ve herhangi bir hasara sebebiyet vermeden kontrolünün gerçekleştirilmesi sebepleri ile sistemin daha uzun ömürlü olması öngörülmektedir.

7.2. Öneriler

Veri merkezi yönetimi ile ilgili yapılacak çalışmalarda veri merkezinin bulunduğu coğrafi konuma göre yıl içerisindeki ortalama sıcaklık ve nem değerlerinin göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

Gelecekte yapılması planlanan çalışmalarda daha başarılı sonuçları elde etmek için sistemin daha fazla sayıda kabin ve cihaza sahip daha büyük veri merkezlerinde yapılması planlanmaktadır.



KAYNAKLAR

- Abbas, M., Khan, M. S. ve Zafar, F., 2011, Autonomous room air cooler using fuzzy logic control system, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2 (5), 1-8.
- Adhitya, R., Ramadhan, M., Kautsar, S., Rinanto, N., Sarena, S., Munadhif, I., Syai'in, M., Soelistijono, R. ve Soeprijanto, A., 2016, Comparison methods of Fuzzy Logic Control and Feed Forward Neural Network in automatic operating temperature and humidity control system (Oyster Mushroom Farm House) using microcontroller, *2016 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD)*, 168-173.
- Akıllı, A. ve Atıl, H., 2014, Süt sığırcılığında yapay zeka teknolojisi: Bulanık mantık ve yapay sinir ağları, *Hayvansal Üretim*, 55 (1), 39-45.
- Akın, G. ve Ketenci, S., 2010, Sistem Odaları İklimlendirme Sistemleri [online], https://web.itu.edu.tr/akingok/doktora/iklimlendirme/Sistem_odasi_iklimlendirme_sistemleri.pdf [Ziyaret Tarihi: 3 Şubat 2021].
- Albertos, P., Sala, A. ve Olivares, M., 2000, Fuzzy logic controllers. Methodology. Advantages and drawbacks, *Proc. Congreso Español sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy*, 1-11.
- Altaş, İ. H., 1999, Bulanık Mantık: Bulanıklılık Kavramı, *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 62, 80-85.
- Altun, A. A., 2012, Remote control of the temperature-humidity and climate in the beehives with solar-powered thermoelectric system, *Journal of Control Engineering and Applied Informatics*, 14 (1), 93-99.
- Anonim, 2021a, Peltier Termoelektrik Soğutucu Nedir Nasıl Çalışır [online], 320volt, <https://320volt.com/peltier-termoelektrik-sogutucu-nedir-nasil-calisir/> [Ziyaret Tarihi: 20 Nisan 2022].
- Anonim, 2021b, Peltier Nedir? Nasıl Çalışır [online], Elektronikhobi, <http://elektronikhobi.net/peltier-nedir-nasil-calisir/>: [Ziyaret Tarihi: 20 Nisan 2022].
- Anonim, 2022a, İllere Ait Mevsim Normalleri [online], Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx> [Ziyaret Tarihi: 10 Nisan 2022].
- Anonim, 2022b, Aşırı sıcaklıklara göre ülke ve bölgelerin listesi [online], Stringfixer, https://stringfixer.com/tr/List_of_countries_by_lowest_recorded_temperature [Ziyaret Tarihi: 10 Nisan 2022].
- Anonim, 2022c, İllerimize Ait Genel İstatistik Verileri [online], Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KONYA>: [Ziyaret Tarihi: 10 Nisan 2022].
- Anonymous, 2015, "Internet of Things" [online], FTC Staff Report, <https://www.ftc.gov/system/files/documents/reports/federal-trade-commission-staff-report-november-2013-workshop-entitled-internet-things-privacy/150127iotrpt.pdf> [Ziyaret Tarihi: 01 Ocak 2021].
- Anonymous, 2016, Strong room for Data Center [online], Site Preparation Management Co.,Ltd, <http://sitem.co.th/strong-room-for-data-center/#.YCPbD3mhmUI> [Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2021].
- Anonymous, 2019, Understanding different types of data centers [online], Cloudwalks Hosting Inc., <https://www.cloudwalks.com/blog/understanding-different-types-of-data-centers> [Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2021].

- Anonymous, 2020, RaspberryPI models comparison [online], SocialCompare, <https://socialcompare.com/en/comparison/raspberrypi-models-comparison> [Ziyaret Tarihi: 04 Ocak 2021].
- Anonymous, 2021a, Data center [online], Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Data_center: [Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2021].
- Anonymous, 2021b, ASHRAE [online], Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/ASHRAE>: [Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2021].
- Anonymous, 2021c, Raspberry Pi 4 [online], Raspberrypi, <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>: [Ziyaret Tarihi: 04 Ocak 2021].
- Anonymous, 2022a, Fuzzy Logic [online], Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic: [Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2022].
- Anonymous, 2022b, Set (mathematics) [online], Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Set_\(mathematics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Set_(mathematics)): [Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2022].
- Anonymous, 2022c, Fan (machine) [online], Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Fan_\(machine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Fan_(machine)) [Ziyaret Tarihi: 10 Nisan 2022].
- ASHRAE, A. S. o. H., Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Technical Committee (TC) 9.9, 2011, 2011 Thermal Guidelines for Data Processing Environments - Expanded Data Center Classes and Usage Guidance.
- ASHRAE, A. S. o. H., Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) Technical Committee (TC) 9.9, 2016, Data Center Power Equipment Thermal Guidelines and Best Practices.
- Balcı, M., 2019, Raspberry Pi Mini Bilgisayarı ile Ortam İzleme Sistemi Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilecik.
- Başcı, Mehmet B., 2019, Otonom Robotlar Aracılığıyla Veri Merkezlerindeki Kabinet İçi Sıcaklık Dağılımının Bulanık Mantık İle Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Baz, F. Ç. ve Uludağ, K., 2021, Veri Merkezi Güvenliğinin Sağlanmasında IoT Sensörlerinin Kullanımı Üzerine Bir Uygulama, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (27), 392-397.
- Bilen, M., 2014, Yapay Sinir Ağları İçin Web Tabanlı Bir Eğitim Yazılımı Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- Choochaisri, S., Niennattrakul, V., Jenjaturong, S., Intanagonwivat, C. ve Ratanamahatana, C. A., 2010, SENVM: Server environment monitoring and controlling system for a small data center using wireless sensor network, *The 1st International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC 2010)*.
- Crosby, C. ve Curtis, C., 2015, Hosting or Colocation Data Centers, In: Data center handbook, Eds: Geng, H.: John Wiley & Sons, p. 47-57.
- Dai, J., Das, D. ve Pecht, M., 2010, Prognostics-based health management for free air cooling of data centers, *2010 Prognostics and System Health Management Conference*, 1-6.
- Dai, J., Ohadi, M. M., Das, D. ve Pecht, M. G., 2014, Optimum cooling of data centers, Springer, p. 9-46.
- Das, T. K. ve Das, Y., 2013, Design of a room temperature and humidity controller using fuzzy logic, *American Journal of Engineering Research*, 2 (11), 86-97.
- Donohue, S. S., 2015, Fire Protection and Life Safety Design in Data Centers, In: Data center handbook, Eds: Geng, H.: John Wiley & Sons, p. 229-243.
- Douligeris, C., 1993, Intelligent Home Systems, *IEEE Communications Magazine*, 31 (10), 52-61.

- Erişik, Y., 2010, Ortam İzleme Kontrol Sistemleri [online], Çözüm Park, <https://www.cozumpark.com/ortam-zleme-kontrol-sistemleri>: [Ziyaret Tarihi: 4 Ocak 2021].
- Fahmi, N., Huda, S., Sudarsono, A. ve Al Rasyid, M. U. H., 2017, Fuzzy logic for an implementation environment health monitoring system based on wireless sensor network, *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 9 (2-4), 119-122.
- Gabriel, C., 2015, Data Center Disaster Recovery and High Availability, In: Data center handbook, Eds: Geng, H.: John Wiley & Sons, p. 641-657.
- Gao, Z., Trautzsch, T. A. ve Dawson, J. G., 2002, A stable self-tuning fuzzy logic control system for industrial temperature regulation, *IEEE Transactions on Industry Applications*, 38 (2), 414-424.
- Geng, H., 2015, Data Centers - Strategic Planning, Design, Construction, And Operations, In: Data center handbook, Eds: Geng, H.: John Wiley & Sons, p. 3-14.
- Gillan, P. A., 2002, Fresh air-natural asset [telecommunication equipment cooling], *24th Annual International Telecommunications Energy Conference*, 470-477.
- Gökmen, H. T. ve Küçüksille, E. U., 2013, Veri Merkezi Tasarımı, XV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri Akdeniz Üniversitesi, 93-97.
- Gökrem, L. ve Bozuklu, M., 2016, Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 13, 47-68.
- Güğü, G. N., 2008, Akıllı Ev Sistemleri ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Günel, A., 2014, Üniversitelere Yönelik Yeni Bir Veri Merkezi Tasarımı ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Şeyh Edebalı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilecik.
- Jones, M. ve Hogenson, G., 2022a, Kod ölçümleri - Bakım dizini aralığı ve anlamı [online], <https://docs.microsoft.com/tr-tr/visualstudio/code-quality/code-metrics-maintainability-index-range-and-meaning?view=vs-2019>: [Ziyaret Tarihi: 21 Temmuz 2022].
- Jones, M. ve Hogenson, G., 2022b, Kod ölçümleri - Devralma derinliği (DIT) [online], <https://docs.microsoft.com/tr-tr/visualstudio/code-quality/code-metrics-depth-of-inheritance?view=vs-2022>: [Ziyaret Tarihi: 21 Temmuz 2022].
- Jones, M., Hogenson, G., Kirsch, J., Coulter, D., Van den Bosch, R., Seemann, M., Jacobs, M., Warren, G., Robertson, C. ve Cai, S., 2022, Kod ölçümleri değerleri [online], <https://docs.microsoft.com/tr-tr/visualstudio/code-quality/code-metrics-values?view=vs-2022>: [Ziyaret Tarihi: 21 Temmuz 2022].
- Karadavut, U. ve Akkaptan, A., 2012, Bitkisel üretimde bulanık mantık uygulamaları, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5 (2), 77-82.
- Karagedik, Ö., 2010, Visual Studio 2008'de Kod Metrikleri ve Kod Analizi (Static and Dynamic Code Analyze) – Bölüm 1 [online], <http://univera-ng.blogspot.com/2010/03/visual-studio-2008de-kod-metrikleri-ve.html>: [Ziyaret Tarihi: 21 Temmuz 2022].
- Kaur, A. ve Kaur, A., 2012, Comparison of mamdani fuzzy model and neuro fuzzy model for air conditioning system, *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 3 (2), 3593-3596.
- Kim, D. ve Kim, D., 2006, An intelligent smart home control using body gestures, *2006 International Conference on Hybrid Information Technology*, 439-446.

- Klir, G. J. ve Yuan, B., 1995, Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications, Prentice Hall P T R, p.
- Ko, J.-S., Huh, J.-H. ve Kim, J.-C., 2019, Improvement of energy efficiency and control performance of cooling system fan applied to Industry 4.0 data center, *Electronics*, 8 (5), 582.
- Koçak, Ç., 2018, Bulanık Mantık ile Arı Kovanlarının Uzaktan Takip ve Kontrol Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Burdur.
- Kurniawan, D. E., Iqbal, M., Friadi, J., Borman, R. I. ve Rinaldi, R., 2019, Smart monitoring temperature and humidity of the room server using raspberry pi and whatsapp notifications, *Journal of Physics: Conference Series*, 012006.
- Nhivekar, G., Nirmale, S. ve Mudholker, R., 2011, Implementation of fuzzy logic control algorithm in embedded microcomputers for dedicated application, *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 3 (4).
- Novák, V., Perfilieva, I. ve Mockor, J., 1999, Mathematical principles of fuzzy logic, Springer Science & Business Media, p.
- Özdemir, B., 2019, Akıllı Ev Sistemlerinde Güvenlik Zafiyetleri ve Önlemleri, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Şehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Özkan, A. O. ve Allahverdi, N., 2010, BULANIK MANTIKLA SICAKLIK VE NEMİN KONTROLÜ VE SİSTEMİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 9 (1), 52-66.
- Pricop, E. ve Mihalache, S. F., 2015, Fuzzy approach on modelling cyber attacks patterns on data transfer in industrial control systems, *2015 7th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*.
- Purwanto, F. H., Utami, E. ve Pramono, E., 2018, Design of server room temperature and humidity control system using fuzzy logic based on microcontroller, *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 390-395.
- QuESTForum, 2001, TL 9000 Quality Management System Measurements Handbook Release 3.0.
- Ross, T. J., 2010, Fuzzy Logic with Engineering Applications Third Edition, A John Wiley and Sons, p.
- Saha, A. K., Sircar, S., Chatterjee, P., Dutta, S., Mitra, A., Chatterjee, A., Chattopadhyay, S. P. ve Saha, H. N., 2018, A Raspberry Pi Controlled Cloud Based Air and Sound Pollution Monitoring System with Temperature and Humidity Sensing, *8th A. Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, 607 - 611.
- Sarıtaş, İ., 2008, Elektromanyetik Filtre Tasarımı ve Yapay Zeka Yöntemleriyle Adaptif Kontrolü, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Shete, R. ve Agrawal, S., 2016, IoT Based Urban Climate Monitoring using Raspberry Pi, *2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, 2008-2012.
- Singhala, P., Shah, D. ve Patel, B., 2014, Temperature control using fuzzy logic, *IJICS - International Journal of Instrumentation and Control Systems*, 4 (1).
- Stansberry, M., 2014, Explaining the Uptime Institute's Tier Classification System [online], Uptime Institute, <https://journal.uptimeinstitute.com/explaining-uptime-institutes-tier-classification-system/> [Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2021].
- Stefanov, D. H., Bien, Z. ve Bang, W. C., 2004, The smart house for older persons and persons with physical disabilities: structure, technology arrangements, and perspectives, *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 12 (2), 228-250.

- Şen, Z., 2001, Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, *İstanbul*, Bilge Kültür Sanat, p.
- Tosun, M. F., Gençkal, A. A. ve Şenol, R., 2019, Modern Kontrol Yöntemleri ile Bulanık Mantık Temelli Oda Sıcaklık Kontrolü, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23 (3), 992-999.
- Uptime, 2013a, Data Center Certification [online], Uptime Institute, <https://uptimeinstitute.com/tier-certification> [Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2021].
- Uptime, 2013b, Tier Classification System [online], Uptime Institute, <https://uptimeinstitute.com/tiers> [Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2021].
- Uptime, 2013c, Uptime Institute Issued Awards [online], Uptime Institute, <https://uptimeinstitute.com/uptime-institute-awards/list> [Ziyaret Tarihi: 30 Mart 2021].
- Utomo, M. A. P., Aziz, A., Winarno ve Harjito, B., 2019, Server Room Temperature & Humidity Monitoring Based on Internet of Thing (IoT), *ICMETA 2018 - Journal of Physics: Conference Series*, 1306.
- Xia, F., Yang, L. T., Wang, L. ve Vinel, A., 2012, Internet of Things, *International Journal of Communication Systems*, 25 (9), 1101-1102.
- Yılmaz, A., 2019, Yapay Zeka, *Kodlab*, p.
- Zadeh, L. A., 1965, Fuzzy Sets, *Information And Control*, 8 (3), 338-353.
- Zadeh, L. A., 1988, Fuzzy logic, *Computer*, 21 (4), 83-93.

EKLER**EK-1** Uzman Görüş Formu - 1**Uzman 1****Uzman Bilgisi:** Ağ ve Sistem (2002 - 2017)**Soru 1 :** Veri merkezleri için en önemli faktör nedir?**Cevap :** Veri merkezinin sağlıklı çalışması için en önemli fiziksel ortam değerleri sıcaklık, nem ve yangın kontrolü yapmaktır.**Soru 2 :** Yapılacak veri merkezi kontrol uygulamasında hangi özellikler eklenebilir?**Cevap :** Veri merkezinde anormal bir durum olursa yetkililer bilgilendirilebilir ve kullanıcıya istediği değer aralığını tanıtabileceği bir arayüz imkânı tanımlanabilir.

EK-2 Uzman Görüş Formu - 2**Uzman 2****Uzman Bilgisi:** Ağ ve Sistem (2010 –)**Soru 1 :** Veri merkezleri için en önemli faktör nedir?**Cevap :** Veri merkezinde bulunan cihazların korunabilmesi için optimum değerler bulunmaktadır. Örneğin kendi merkezimizde sistem odası sıcaklığı 20-22°C, nem için 50-60 %RH değerleri arasında tutulmaktadır.**Soru 2 :** Yapılacak veri merkezi kontrol uygulamasında hangi özellikler eklenebilir?**Cevap :** Veri merkezinde bulunan kabinlerin maruz kaldıkları sıcaklıkların grafiklerinin belirli periyotlar için görüntülenmesi sağlanabilir.