



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK MANTIK KONTROLLÜ YANGIN HABER VERME SİSTEMİ TASARIMI VE UYGULAMASI

Vacip DENİZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

MAYIS-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BULANIK MANTIK KONTROLLÜ YANGIN HABER VERME SİSTEMİ TASARIMI VE UYGULAMASI

Vacip DENİZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

2019, 111 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ
Doç. Dr. Levent SEYFİ
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DOĞAN

Günümüzde birçok yangın alarm ve ikaz sistemleri geliştirilmiştir. Yangın algılama ve uyarı sistemlerinde daha çok konvansiyonel, dijital adreslenebilir ve analog adreslenebilir sistemler kullanılmaktadır. Fakat daha iyi algılama yapabilmek için akıllı, çoklu algılamalı, etkileşimli vb. sistemler giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu tez çalışmasında bulanık mantık kullanılarak ev ve ofis uygulamaları için ucuz etkili ve başarılı bir yangın haber verme sistemi gerçekleştirilmiştir. Sistemde kesin ve hatasız algılama yapabilmek için alev, duman, sıcaklık ve nem sensörleri kullanılmıştır. Sensörlerden toplanan alev yoğunluğu,duman yoğunluğu, nem ve sıcaklık verileri bulanık mantık denetleyicisinde hesaplanarak yangın durumu belirlenmiştir. Sistem yangın algıladığında, yangın durumunu ve yangın yeri adresini SMS göndererek haber vermektedir. Yanan nesnenin çeşidine göre ortalama 10 – 20 saniye yangın haber verme süresi elde edilmiştir. Sisteme ortamın durumunu uzaktan izleyebilmek için WiFi modülü eklenmiştir. Bu sayede sensör verileri akıllı telefona yüklenen bir uygulama ile internetten üzerinden izlenebilmektedir. Sisteme kısa mesaj göndererek yangın yeri adres bilgisi değiştirilebilmektedir. Bu ek özellik sistem kullanım kolaylığı sağlamıştır. Daha gerçekci yangın durumu değerlendirmesi yapabilmek için yangın test kabini tasarlanmıştır. Kabin sistem testleri, bulanık üyelik kümelerin belirlenmesi ve sensör hassasiyet ayarları için etkin şekilde kullanılmıştır. Gerçekleştirilen testlerde sistemin kısa sürede yangın durumunu haber verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yangın, bulanık mantık, bulanık mantık denetleyicileri, yangın tespit, yangın alarm sistemi

ABSTRACT

MS THESIS

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF FUZZY LOGIC CONTROLLED FIRE WARNING SYSTEM

Vacip DENİZ

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

Advisor: Prof. Dr. Mehmet CUNKAS

2019, 111 Pages

Jury
Prof. Dr. Mehmet CUNKAŞ
Assoc. Prof. Dr. Levent SEYFİ
Asst. Prof. Dr. Hüseyin DOĞAN

Today, many fire detection and warning systems have been developed. In fire detection and warning systems, conventional, digital addressable and analog addressable systems are more used. But for better detection, intelligent, multi-sensing, interactive, etc. systems are becoming increasingly popular.

In this thesis, using fuzzy logic, a cheap, effective and successful fire alarm system was carried out for home and office applications. Flame, smoke, temperature and humidity sensors are used in the system for accurate and impeccable detection. The flame density, smoke density, humidity and temperature data collected from the sensors were calculated on the fuzzy logic controller and the fire situation was determined. When the system detects the fire, it informs the fire status and the location of the fire by sending SMS. According to the type of object burned, an average of 20 - 30 seconds of fire warning time was obtained. WiFi module has been added to the system to remotely monitor the state of the environment. In this way, the sensor data can be monitored via the Internet with an application in smartphone. In addition, fire location address data can be changed by sending a text message to the system. This additional feature has made the system easy to use. A fire test cabinet has been designed to enable more realistic fire state assessment. The cabinet has been effectively used for system tests, fuzzy membership sets and sensor sensitivity settings. In the tests performed, it was seen that the system reported the fire situation in a short time.

Key Words: Fire, fuzzy logic, fuzzy logic controller, fire alarm system

ÖNSÖZ

Çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen ve gerek akademik tecrübeleri gerekse derin bilgi birikimi ile çalışmalarıma yön veren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet ÇUNKAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın birçok aşamasında bilgilerinden faydalandığım kadim dostum Osman KAYA'ya teşekkür ederim.

Ayrıca bu süreçte göstermiş oldukları sabır, fedakarlık ve hoşgörü ile beni her daim destekleyen aileme teşekkür ederim.

Vacip DENİZ

KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
ÖNSÖZ ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
1. GİRİŞ **1**
1.1. Tez Amaç ve Kapsamı 1
1.2. Kaynak Araştırması 2
2. YANMA ve YANGIN **6**
2.1. Yanmanın Koşulları 7
2.2. Yanıcı Maddeler 8
2.3. Yanma Çeşitleri 9
2.4. Yangın 9
2.5. Yangının Ürünleri 10
2.6. Yangının Oluşum Safhaları 11
2.7. Yangın Yerindeki Tehlikeler 13
2.8. Yangın Çeşitleri 13
3. YANGIN ALARM SİSTEMLERİ **15**
3.1. Yangın Alarm ve İhbar Sistemlerinin Gerekliliği 15
3.2. Yangın Alarm ve İhbar Sistemlerini Oluşturan Elemanlar 16
3.3. Yangın Algılama Sistemleri 16
4. MATERYAL VE YÖNTEM **22**
4.1. Yangın Algılamada Kullanılan Detektör ve Sensörler 22
4.2. Bulanık Mantık 29
4.2.1. Bulanık mantık kavramı ve gelişim süreci 29
4.2.2. Bulanık mantık denetleyicileri 36
5. BULANIK MANTIK KONTROLLÜ YANGIN HABER VERME SİSTEMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ **46**
5.1. Sistem Elemanları 46
5.2. Gerçekleştirme Aşamaları 53
5.2.1. Sistem devre tasarımı ve akış diyagramı 53
5.2.2. Bulanık mantığın sisteme uyarlanması 56
5.2.3. WiFi modülü ile sensör değerlerinin internetten izlenmesi 60
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR **63**
7. SONUÇ VE ÖNERİLER **68**
KAYNAKLAR **69**
ÖZGEÇMİŞ **73**
EKLER **74**

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μ(x) : X'in Üyelik Derecesi
∑ : Toplam Sembolü
C : Karbon
H : Hidrojen
O : Oksijen
H_2O : Su
CO_2 : Karbondioksit
^oC : Santigrat Derece
V : Volt
CO : Karbonmonoksit

Kısaltmalar

PTC : Sıcaklık ile Direnci Artan Termistör
NTC : Sıcaklık ile Direnci Azalan Termistör
R : Direnç
NFPA : Ulusal Yangından Korunma Kurumu
Nm : Nanometre
BM : Bulanık Mantık
BMD : Bulanık Mantık Denetleyicileri
TMB : Trimotoksinboroksin
FAR : False Alarm Reduction
YSA : Yapay Sinir Ağları
D-FLERA : Distributed Fuzzy Logic Engine for Rule-based Wireless Sensor Networks
ORYÖS : Orman Yangını Önleme ve Yönetim Sistemi
CCD : Charge Coupled Device
FFA : Fuzzy Finite Automata
TSK : Takagi-Sugeno-Kang
GSM : Global System for Mobile Communications
KB : Kilobyte
MIPS : Million Instructions Per Second
SRAM : Static Random Access Memory
UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter
SPI : Serial Peripheral Interface
MSSP : Master Synchronous Serial Port
ADC : Analog Digital Converter
LPG : Liquified Petroleum Gas
TTL : Transistor to Transistor Logic
PPM : Parts Per Million

1. GİRİŞ

1.1. Tez Amaç ve Kapsamı

Bulanık mantığın ortaya atılmasına kadar modern teknoloji Aristoteles'in varlık veya yokluk mantığına göre şekillenmiştir. Mantık kavramı matematiksel olarak 0-1 ile ifade edilerek günümüzde birçok mekanik ve elektronik sistemlerin temelini oluşturmaktadır. Fakat bulanık mantık hayatın değişkenlerinin sadece 0-1 ile ifade edilemeyeceğini, 0-1 arasında birçok değerin olduğunu göstermiştir. Örneğin bir aracın hızı 0-1 mantığına göre hızlı ya da yavaş olabilir. Bulanık mantıkta ise çok yavaş, yavaş, hızlı, çok hızlı olabilmektedir. Hızı bu şekilde derecelere ayırmak araç üzerinde hıza bağlı olarak çalışan tasarlanacak bir sistemin verimliliğini artıracaktır. Bu şekilde bulanık mantık kullanılarak mühendislik, tıp, psikoloji vb. alanlarda başarılı çalışmalar yapılmıştır. Lineer olmayan verileri kullanarak matematiksel modellemesi zor ve uzun olan problemlere getirdiği daha uygun çözümler sayesinde bulanık mantığın önemi ve uygulama alanları giderek artmaktadır.

İstatistiklere göre her yıl Dünya'nın her yerinde binlerce yangın meydana gelmektedir. Bu yangınlar birçok can kaybına, ciddi mal kayıplarına ve psikolojik çöküntülere sebep olmaktadır. Yangınlar dikkatsizlik, yıldırım düşmesi, elektrik kaçağı, soba kapağının tam kapatılmaması, çabuk alevlenebilecek maddelerin yakınında ateş yakılması vb. sebeplerle çıkmaktadır. Her ne kadar yangın çıkmadan önlem alınması gerekse de, doğal ve beşeri faktörlerden dolayı yangınlar çıkmaya devam edecektir. Yangın başladıktan sonra hızlı bir şekilde yayılmaya başlar. Yangını söndürmek için bilinen kural 1 dakika – 1 litre su, 2 dakika – 100 litre su, 10 dakika – 1000 litre su gerekli olduğudur. İşte bu zaman yarışında bir adım öne geçip olası felaketleri engelleyebilmek için birçok yangın alarm ve ikaz sistemleri geliştirilmiştir. Yangın algılama ve uyarı sistemlerinde daha çok konvansiyonel, dijital adreslenebilir ve analog adreslenebilir sistemler kullanılmaktadır. Fakat günümüzde daha iyi yangın algılama yapabilmek için akıllı, çoklu algılamalı, etkileşimli vb. sistemler giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu tez çalışmasında yangına erken müdahalenin gerekliliği göz önüne alınarak bulanık mantık kontrollü bir yangın haber verme sistemi tasarlanmıştır. Sistem gerçekleştirilmeden önce uygun sensörler seçebilmek için yanma ve yangın olgusu ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Kullanılan her sensör özellikleri ve çalışma prensipleri

incelenmiştir. Yapılan araştırmalardan sonra sistem de yangını tespit edebilmek için sıcaklık, duman, alev ve nem sensörleri kullanılmıştır. Mikrodenetleyici ile kontrol edilen sisteme yangın durumunu bildirmek için GSM modülü eklenmiştir. Bu sayede sistem yangın durumunu adresi ile birlikte kısa mesaj göndererek haber vermektedir. Ayrıca WiFi modülü ile internete bağlanarak, yerleştirildiği yerin sensör verileri cep telefonuna yüklenen bir uygulama üzerinden takip edilebilmektedir. Tüm bileşenleri bir araya getirilerek yangın durumunu daha gerçekçi test edebilmek için 60x60x80 cm boyutlarında bir yangın test kabini yapılmıştır.

Tez çalışması giriş bölümü dahil yedi bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, yanma olayı ve yangın ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yanıcı maddeler, yanma çeşitleri, yangın olgusu ve yangın ürünleri ayrıntılı ele alınmıştır. Ayrıca yangın safhaları ve çeşitlerine de yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, yangın alarm sistemleri tüm bileşenleri ile anlatılmış ve yangın haber verme sistemi çeşitleri avantaj ve dezavantajlarıyla irdelenmiştir. Dördüncü bölümde, yangın algılama için materyal olarak kullanılabilecek sensörler ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Sistem kontrol yöntemi olarak da bulanık mantık kavramı ve bulanık mantık denetleyici sistemlerinden bahsedilmiştir. Beşinci bölümde, ilk olarak yangın haber verme sisteminde kullanılan tüm elemanlar ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Daha sonra sistemin nasıl oluşturulduğu anlatılmıştır. Altıncı bölüm sistem denemelerinden oluşmaktadır. Son olarak yedinci bölümde, sistem değerlendirmesi yapılarak geliştirilebilecek kısımlardan bahsedilmiştir.

1.2. Kaynak Araştırması

Günümüzde yangın tespit ve uyarı sistemleri ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Aşağıda bulanık mantık ve değişik yöntemler kullanılarak yapılan yangın tespit ve ikaz sistemleri kısaca anlatılmıştır.

Çelik ve arkadaşları (2007), bir yangın görüntüsünü kullanarak piksel sınıflandırması yapmak için bulanık mantık ile geliştirilmiş genel renk modeli önermişlerdir. Model de renk alanlarını daha iyi ayırabilmek için YCbCr renk uzayı kullanılmıştır. Önerilen model, % 9.5 yanlış alarm oranı ile % 99'a kadar doğru yangın algılama oranına ulaşmışlardır (Celik ve ark., 2007).

Su ve arkadaşları (2012), kablosuz sensör ağlarında uyarlanabilir bulanık mantığa dayalı sıcaklık izleme ve hesaplama sistemi geliştirmişlerdir. Çalışma da izlenen bir alanda sıcaklığı hesaplamak için ortalama ve uyarlamalı bulanık mantık

algoritmaları önerilmiştir. Bu yöntem basitliği ve doğruluğu ile standart Mamdani bulanık çıkarım yönteminden daha iyi sonuçlar vermiştir (Su ve ark., 2012).

Angayarkkani ve Radhakrishnan (2009), ormanlık bir bölgeden topladıkları görüntü verilerini kullanarak etkili bir yangın tespit sistemi yapmışlardır. Yangın tespiti için uzamsal veri madenciliği, görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinden faydalanmışlardır. Sistem de YCbCr renk uzayının Cr değerini bulanık kümelerin oluşumunda kullanarak bulanık kurallar üretmişlerdir. Önerilen bu yaklaşım ile elde edilen bulanık kurallar, uzamsal verilerde ki orman yangınlarını başarılı şekilde tespit etmiştir (Angayarkkani ve Radhakrishnan, 2009).

Khanna ve Cheema (2013), orman yangınları için bulanık mantık kullanarak yangın tespit yöntemi geliştirmişlerdir. Yöntem de sıcaklık, ışık, nem, yangın yönü ve karbonmonoksit üyelik fonksiyonlarını kullanılmıştır. Yangın durumunu Matlab simülasyonunda test edilerek tespit etmişlerdir. Önerilen yöntem ile çok düşük yanlış alarm oranı ve daha doğru yangın tespiti gerçekleştirmişlerdir (Khanna ve Cheema, 2013).

Foo (2000), uçağın kuru bölmeleri ve motorunda meydana gelen hidrokarbon yangınlarını tespit etmek için bulanık mantık tabanlı bir sistem geliştirmiştir. Bulanık sisteme art arda gelen görüntü çerçevelerin istatiksel verilerinin ortalamaları kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Çalışmada bu veriler kullanılarak görüntü çıkarma analizi ile yanlış alarmların ayırt edilebileceği gösterilmiştir (Foo, 2000).

A.K. ve Harshit Singh (2012), tip-2 bulanık sistemi kullanarak kablosuz sensör ağları ile orman yangın tespit sistemi geliştirmişlerdir. Önerilen çalışma sayesinde bulanık sistem tip-2 ile bulanık sistem tip-1'den daha kesin yangın tespiti ve yanlış alarm olasılığı elde edilmiştir (Singh ve Singh, 2012).

Töreyin ve arkadaşları (2006), bir kameradan elde edilen video görüntülerini alarak gerçek zamanlı yangın ve/veya alev tespiti yapan özgün bir yöntem önermişlerdir. Yöntem ile yangın algılama da kullanılan sıradan renk ve hareket analizine ek olarak görüntüde ki alev ve yangın titremeleri analiz edilmiştir. Bu sayede yangın ve/veya alev tespitinde çok başarılı olmuşlardır. Ayrıca yalnızca hareket ve renk ipuçlarını kullanan yangın tespit sistemlerine göre yanlış alarm oranları önemli derecede azalmıştır (Töreyin ve ark., 2006).

Arrue ve arkadaşları (2000), orman yangınlarının tespitinde yanlış alarm oranını düşürmek için akıllı FAR sistemini geliştirmişlerdir. Sistem kızılötesi ve optik kameradan elde edilen görüntüleri karşılaştırarak yangın tespiti yapmaktadır. Görüntü

işleme de YSA, karar mekanizmasında meteoroloji veri tabanı bilgileri kullanılmıştır. Bu veriler bulanık uzman karar tabanı ile karşılaştırılarak yangın tespit edilmiştir. Önerdikleri sistem ile aynı günde farklı zamanlarda yapılan deneylerde yanlış alarm oranlarını önemli ölçüde düşürmüşlerdir (Arrue ve ark., 2000).

Perianu ve Havinga (2007), bir kablosuz sensör ağında kullanılan sensörün yanlış veya hatalı çalışması halinde, bunu tolere edebilecek dağıtılmış bulanık mantık çıkarım motorunu (D-FLER) önermişlerdir. D-FLER'i test etmek için yangın uygulama örneği yapılmıştır. Gerçekleştirilen testler de D-FLER'in eşik, ortalama ve bulanık yöntemlerinden daha kısa yangın tespit süresi ile daha düşük hata oranı yakaladığı görülmüştür (Marin-Perianu ve Havinga, 2007).

Arslan ve arkadaşları (2017), kütüphaneler için kablosuz sensör ağı tabanlı bir yangın tespit sistemi geliştirmişlerdir. Sensör ağı düğümlerinde sıcaklık sensörleri kullanılmıştır. Geleneksel duman algılayıcı sistemler 30 saniyede yangın tespiti yapmasına rağmen, bu sistem ile gerçek kütüphane ortamında yapılan denemeler de 3 saniye civarında yangın tespiti yapmışlardır (Arslan ve ark., 2017).

Elmas ve Sönmez (2008), orman yangınları tespiti, tahmini ve yönetimi için bir ORYÖS'ü geliştirmişlerdir. ORYÖS ile meteoroloji istasyonundan aldığı verileri birleştirerek yangın tehlike derecesi ve yayılma hızı gibi tahminler yapmışlardır. Buna ek olarak yangın tespiti için CCD kamera kullanılmıştır. Verilerin birleştirmesi ve karar verme mekanizmaları için YSA, karşılaştırma ve görüntü işleme algoritmaları kullanılmıştır (Elmas ve Sönmez, 2008).

Taşdemir ve arkadaşları (2009), karanlıkta yangın tespiti konusunu ele almışlardır. Geliştirdikleri algoritmalar ile geceleri daha iyi yangın tespiti yapmaya çalışmışlardır (Tasdemir ve ark., 2009).

Gottuk ve arkadaşları (2002), iyonize ve fotoelektrik duman sensörlerini birlikte kullanarak bir algoritma geliştirmişlerdir. Algoritma birçok gerçek yangın durumunun kapsamlı test ve analizi yapıldıktan sonra bunlardan elde edilen sonuçlara göre geliştirilmiştir. Önerilen alarm algoritmalı çoklu duman detektörü gerçek yangınlara geleneksel duman detektörlerinden daha hızlı yanıt vermiş, ayrıca birçok yanlış alarm durumunu ortadan kaldırmıştır (Gottuk ve ark., 2002).

Pfister (1999), çok sensörlü/çok kriterli yangın algılama sistemlerin performansının tek sensörlü sistemlerle karşılaştırıldığı bir çalışma yapmıştır. Çalışma çoklu sensör, yapay sinir ağları, bulanık mantık vb. teknolojiler kullanan sistemlerin yanlış alarm oranlarını önemli derecede azalttığını göstermiştir (Pfister, 1997).

Çeltek ve arkadaşları (2017), nesnelerin interneti tabanlı yangın alarm sistemi tasarlamışlardır. İnternete bağlı olan sistem istenilen her yerde sensör değerlerinin izlenmesine olanak sağlayacak şekilde geliştirilmiştir (Çeltek ve ark., 2017).

Ham ve arkadaşları (2010), görsel özelliklerin olasılıksal üyelik fonksiyonları ve FFA'yı kullanarak yeni bir alev algılama yöntemi önermişlerdir. Çalışmalarını Töreyin (Töreyin ve ark., 2006) ve Ko'nun (Ko ve ark., 2009) algoritmaları ile karşılaştırarak denemişlerdir. Önerilen yöntem ile daha iyi yangın algılama ve düşük yanlış alarm oranı elde edilmiştir (Ham ve ark., 2010).

Sowah ve arkadaşları (2017), otomobillerde meydana gelebilecek yangınları tespit etmek ve söndürmek için bulanık mantık kontrollü yangın tespit ve kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Akülü bir arabada test edilen sistem ile 30 saniye içinde yangın tespit edilip söndürülmüştür (Sowah ve ark., 2016).

Merino ve arkadaşları (2012), orman yangınlarını otomatik olarak gözlemek ve tespit etmek için bir insansız hava aracı geliştirmişlerdir. Çıkarılan kontrollü yangınlar görüntü işleme yöntemleri ile otonom bir insansız hava aracı tarafından tespit edilmiştir (Merino ve ark., 2012).

Yapılmış çalışmalar incelendiğinde daha çok ormanlık alanlarda yangın tespiti üzerine yoğunlaşıldığı görülmektedir. Bunun içinde görüntü işleme yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu nedenle özellikle ev, ofis vb. kapalı bir ortamda kullanılabilecek, kablosuz sensör ağı sistemlerine benzer şekilde birçok sensörden alınan verileri bulanık mantık gibi daha modern yöntemlerle denetleyerek karar veren yangın haber verme sistemlerinin eksikliği görülmektedir.

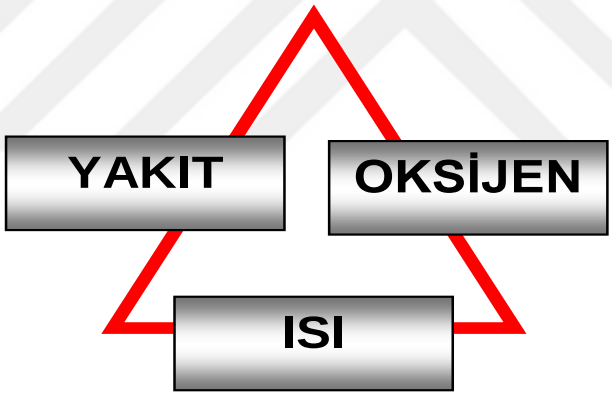
2. YANMA ve YANGIN

Yanıcı özelliği olan bir maddenin ısı ve oksijenle birleşmesi sonucunda meydana gelen kimyasal olaya yanma denir. Ayrıca yanma yüz binlerce buhar molekülünün hızlı bir şekilde oksidasyonu olarak da tanımlanabilir. Moleküllerin okside olması demek atomlarının birbirinden ayrılarak oksijenle karşılaştıklarında yeni bir molekül oluşturması demektir. Atomlar birbirlerinden ayrıldığı ve yeni bir molekül oluşturduğu sırada ortama ısı ve ışık olarak enerji açığa çıkarırlar.

Genel olarak yanma reaksiyonları $C_xH_yO_z + O_2 \rightarrow H_2O + CO_2$ olarak gösterilebilir (Anonim, 2006).

Yanma anında, ortam sıcaklığı çok yüksek derecelere çıkabilir. Yanma olayının meydana gelmesi için üç unsurun belirli miktarlarda bir araya gelmesi gerekmektedir.

Bunlar: Oksijen, ısı(sıcaklık) ve yanıcı maddedir (MEB, 2012b). Şekil 2.1'de 3 maddenin bir arada bulunduğu yangın üçgeni verilmiştir.



Şekil 2.1. Yangın üçgeni (Anonim, 2003)

Normal şartlarda temiz bir ortamda ki havanın içinde % 20.9 oranında oksijen (O_2) bulunur. Yanma olayının meydana gelmesi için oksijen oranının % 16'nın altında olmaması gerekir. Oksijen oranı % 16'nın altına indiğinde yanma reaksiyonu yavaş yavaş sönmeye başlar. Oksijen oranı % 14'ün altına düştüğünde ise yanma reaksiyonu gerçekleşmez (MEB, 2012b).

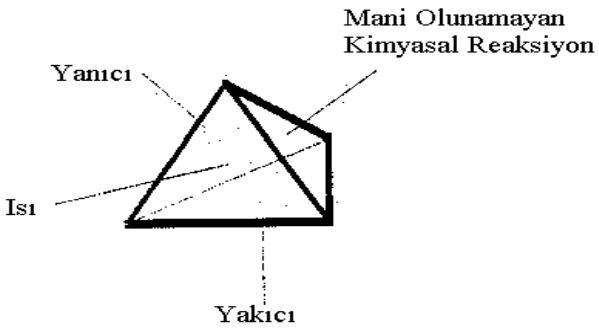
Maddelerin moleküllerini hızlandıran herhangi bir etmen o maddenin içerisinde ısı üretilmesini sağlar. Maddenin molekülleri ısındıkça oksijen ile tepkimeye girmesi kolaylaşır. Isınan moleküllerin oksijenle birleşmesi olayı yanmadır.

Yanmanın sacayaklarından biri de yanıcı maddedir. Yanma olayının şiddeti ve hızı yanıcı maddenin tutuşma özelliği ve ısı yayma miktarı ile doğru orantılıdır. Örnek

olarak, yün ve mazot zor tutuşan bir madde iken, kağıt ve tiner kolayca tutuşup alev alabilmektedir.

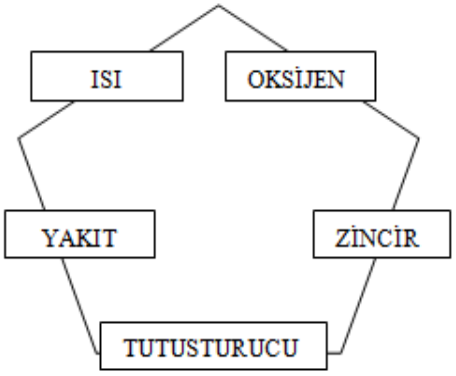
2.1. Yanmanın Koşulları

Yangın üçgenine baktığımızda yanma olayının ısı, yanıcı madde ve oksijenin birleşmesi neticesinde meydana gelerek ısı veren (ekzotermik) bir reaksiyon olduğunu görüyoruz. Bu yüzden yanma üçgeninin bir kenarı kaldırılırsa yanma başlayamaz. Yanma esnasında bir kenarı kaldırılırsa da yangın sönecektir (Anonim, 2006). Yanmanın devam etmesi için gerekli etmen olan kimyasal reaksiyonun etkisi Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Yangın dörtgeni (Anonim, 2003)

Yanmanın devamı için gerekli unsurları Yanma Üçgeni ve Yanma Dörtgeni açıklasada yanmanın başlaması için gerekli unsurları açıklamada yetersizdir. Bu yüzden tutuşturucunun önemini vurgulayan "**Yanma Beşgeni**" kullanılmaktadır (Eken, 2003). Yanma beşgeni Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.3. Yangın beşgeni (Eken, 2003)

Maddenin yanmasıyla birlikte ortaya çıkan gaz, sıvı ve katı taneciklerden duman oluşur. Tam yanmanın olması için gerekli oksijen miktarı olmadığında odun, plastik, petrol gibi katı ya da sıvı hidrokarbonların, yanmamış karbon taneciklerinin salınmasıyla veya ısıl bozunmaları sonucu duman meydana gelir.

Duman içindeki taneciklerin yüzeye ve yoğunluğa göre katı yüzeylerde birikmesiyle kurum (is) oluşur.

2.2. Yanıcı Maddeler

Yanma derecesine ulaşabilecek kadar ısı kazandıktan sonra, moleküllerinin uygun hale geldiği anda oksijenle birleşip yanan ve yandığı süre boyunca etrafa ısı yayan maddelere yanıcı maddeler denir.

Yanıcı maddeler katı, sıvı ve gaz olmak üzere doğada üç halde bulunurlar.

Katı yanıcı maddeler

Molekülleri arası büyük bir çekim kuvveti olan belli bir hacim ve şekle sahip maddelere katı maddeler denir. Katı yanıcı maddeler örnek olarak kağıt, ağaç, plastik, deri, naftalin vb. maddeleri verilebilir.

Sıvı yanıcı maddeler

Sıcaklığın etkisi ile yanan kısmı gaz haline geçip sıvı buharı oluşturan maddelere sıvı yanıcı maddeler denir. Sıvı maddelerde yanma yüzeyde gerçekleşir, korlaşma ve yüzey altında yanma olmaz. Yüzeyde gerçekleşen yanma sonucunda ısı artar, bu sayede yanmanın devamı için uygun ortam oluşur. Parlama noktası düşük olan sıvı yanıcı maddelerin tehlike riskleri daha fazladır. Sıvı yanıcı maddelere örnek olarak motorin, tiner, benzin, alkol, cilalar vb. verilebilir.

Gaz yanıcı maddeler

Gaz yanıcı maddelerin moleküller arası çekim kuvveti çok zayıftır. Bu yüzden diğer yanıcı maddelere göre daha kolay ve hızlı yanarlar. Bu maddeler hidrokarbon bileşiklerine yakın petrol ve türevlerinden ve bu bileşiklerin karışımlarından oluşurlar. Uygun basınç uygulanarak içinde bulundukları kabın dayanıklılığına göre sıkıştırılıp

sıvı hale getirilebilirler. Tersi biçimde basınç kaldırıldığında gaz haline dönerler. Gaz yanıcı maddelere örnek olarak bütan, asetilen, doğalgaz vb. verilebilir.

2.3. Yanma Çeşitleri

Yanma olayını incelediğimizde temelindeki ana unsur sadece gazın yanmasıdır. Bazı metal ve kimyasallar istisna olmak üzere bir yanıcı maddeyi yeterince ısıttığımızda gaz üretecektir. İşte esas yanan madde bu gaz kısmıdır. Tepkime özelliklerine göre 5 çeşit yanma olayı vardır.

Yavaş yanma: Yeterli oksijen ile ısının olmaması sebebiyle yanıcı buhar ya da gaz meydana gelmeden oluşan yanmadır. Demirin paslanması buna örnektir.

Kendi kendine yanma: Yavaş yanmanın zamanla hızlı yanmaya dönüşmesidir. Bazı bitkisel kökenli yağlı maddelerde gözlenir (Öztop ve ark.).

İçin için yanma: Alev görünmemesine rağmen yanan maddenin sıcaklığının yükselmesi olayıdır. 350 °C – 450 °C'den fazla olmayan sıcaklıklar ile yanan katı cisimlerin yanma evresidir. Örnek olarak döşemelerde kullanılan poliüretan köpük dolgu, pamuk ve sigara için için yanar. Kereste talaşları bazen günlerce için için yanabilir (Öztop ve ark.).

Hızlı yanma: Yanmanın tüm belirtilerinin olduğu korlaşma, alev ve ısının görülebildiği yanma şeklidir.

Patlama: Yanma esnasında ortaya çıkan buhar ve yanıcı gazların aniden yanarak büyük bir hacim genişlemesine sebep oldukları yanma şeklidir.

2.4. Yangın

Katı, sıvı ya da gaz halinde bulunan bir madde yeterli ısı aldığında gaz ortaya çıkararak yanar. Sıvı yanıcı bir madde ısıtılıp gaz salmaya başladıktan sonra alevli bir kaynakla ateşlenebildiği noktaya "parlama noktası" denir. Katı, sıvı ya da gaz halindeki bir maddenin herhangi bir alev olmadan kendiliğinden yanmaya başladığı en düşük

sıcaklığa "tutuşma noktası" denir. Bir sıvı yanıcı madde parlama noktasında iken yanma devam etmez, sadece parlama gerçekleşir (Anonim, 2003).

2.5. Yangının Ürünleri

Bir yangın sonucunda ortaya çıkan ilk ürün ısıdır. Yangın hızı ilk beş dakikada artarak gelişir. Bir katı madde yangını başladıktan sonra bir bardak su ile söndürülebilecek iken ikinci dakika da bir kova su, üçüncü dakika da ise bir fıçı su gerekebilir. Sıvı yanıcı maddelerde bu hız daha yüksek gazlarda ise ışık hızına yakındır. Sıcaklık katı yanıcı madde yangınında 5. dakika 555 ºC, 10. dakika 660 ºC, 15. Dakika 720 ºC, 30. dakika 820 ºC'ye ulaşabilir. Sıcaklık artışı en yüksek ilk beş dakikada olmaktadır. İnsan 65 ºC sıcaklığa sınırlı bir süre, 120 ºC sıcaklığa 15 dakika, 143 ºC sıcaklığa 5 dakika, 177 °C sıcaklığa ise sadece 1 dakika dayanabilir. Bu yüzden yangın başladıktan sonra ilk dakikalar hatta saniyeler çok önemlidir (MEB, 2012b). Şekil 2.4'de devam etmekte olan bir yangında alev ve ısının etkisi gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Yangında ısı ve alev (MEB, 2012b)

Yangının ortaya çıkardığı bir diğer ürün ışık yani alevdir. Bazı gaz ve partiküllerin yanması esnasında ışık görülmektedir. Alev üç bölgeden oluşur ve örnek olarak bir çakmak alevinde bu üç bölgeyi gözlemlemek mümkündür. Bu alevin ışıksız olan kısmı iç bölge veya çekirdek bölgede yer alır. Bu çekirdek bölge yanan maddeden çıkan gaz ve buhar ile kaplıdır ve sıcaklık derecesi en düşük olan bölgedir. Alevin orta kısmında tam bir yanma olmaz. Yanma anında ortaya çıkan yüksek sıcaklık ile yanan maddenin yaydığı gazlardan karbon parçacıkları açığa çıkar ve bu parçacıklar

korlaşarak ışık saçar. Alevin en dışında oksijen ile fazla temas olduğundan tam bir yanma gerçekleşir. Sıcaklığın en yüksek olduğu bölge de yine burasıdır.

Yanmakta olan bir maddenin ortaya çıkardığı siyah ya da gri tonlarda rengi olan partiküllere duman denir. Dumanın içerisinde katı, sıvı ya da gaz halinde karışımlar bulunmaktadır. Bu karışımların yapı ve özellik bakımından farklılık gösterir. Bacalardan ya da trenlerden çıkan dumanın içinde yanmamış kömür veya yakıt parçacıkları, kül, is(karbon), yoğunlaşmamış su buharı ve katran partikülleri bulunur (MEB, 2012b).

Yangının sebep olduğu can kayıplarının önemli bir kısmı duman zehirlenmelerinden olmaktadır. Dumanın ne kadar etkili olabileceği Şekil 2.5'de görülmektedir.



Şekil 2.5. Yangında duman ve zehirli gazlar (MEB, 2012b)

Yanma sırasında dumanın dışında ortaya yoğun zehirli gaz çıkabilmektedir. Yangın sonucunda meydana gelen can ve mal kayıplarının önemli bir kısmına zehirli gazlar sebep olmaktadır.

2.6. Yangının Oluşum Safhaları

Başlangıç safhası: Bu safhada yeterli oksijen olmasına rağmen ısı az olduğundan tam yanma gerçekleşmez. Yarım yanmış gazlar, kendi sıcaklıklarının etkisi ile havada dolaşırken uygun sıcaklık + oksijen oranını bulduklarında kısa süreli alev dili şeklinde yanarlar (MEB, 2012b). Yeni başlayan bir yangının görüntüsü Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Yangın başlangıç safhası (MEB, 2012b)

Denge safhası: Bu safhada yeterli oksijen ve ısı olmasına rağmen duman azdır ve hemen hemen tam yanma gerçekleşmektedir. Yükselen sıcak hava sürüklenerek ve yayılarak odada bulunan tüm yanıcı maddeleri tutuşma sıcaklığına yükseltir ve aniden maddeler tutuşur.

Sıcak tütme safhası: Bu safha korlaşma safhası olarak da bilinir ve adeta gece sobanın uyutulmasına benzemektedir. Bu safhada yüksek ısı ve yetersiz oksijen olduğu için sıcak tütme yani yarım yanma devam etmektedir. Yangın yeri yarım yanmış ve basınçlı gazlarla doludur. Bu ortama aniden oksijen girişi olursa patlama meydana gelmektedir. Bu yüzden patlama ve yangın tehlikesi bulguları tespit edilmeden ortama girilmemelidir. Sıcak tütme denilen bu safha Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Yangın sıcak tütme safhası (MEB, 2012b)

2.7. Yangın Yerindeki Tehlikeler

Yüksek sıcaklık: Yangının meydana geldiği yerlerde sıcaklığın çok yüksek değerlere çıkması sonucu , can ve mal güvenliğini tehdit eden ciddi tehlikeler olabilmektedir. Yangın başlamasından itibaren sıcaklık yanan maddenin ulaşabileceği sıcaklık kalori değerine doğru artar.

Ortamdaki oksijen miktarının azalması: Yangının olduğu bölgede oksijen oranı yanmayı tetiklediği için hızlı bir şekilde azalır. Bu da canlılar için hayati tehlike oluşturmaktadır. Yanan nesneler oksijeni tüketerek yanmaya devam ederler.

Duman ve zehirli gazlar: Yanma esnasında yanan nesneler türüne göre ortama zehirli gaz yayarlar. Özellikle plastikten yapılmış eşya, sentetik boya gibi maddeler yanarken ortama canlı hayatını tehdit eden zehirli gaz bırakırlar. Bu gazlar boğulmaya, kanın zehirlenmesine, beyin ve sinir sistemi hasarlarına neden olabilmektedir.

2.8. Yangın Çeşitleri

A sınıfı yangınlar (adi yangınlar): Kömür, ahşap, kumaş, kağıt, ot vb. maddelerin yanmasıyla ortaya çıkan yangınlardır. Bu tür maddeler yandığında tutuşarak 200 ^{o}C gibi yüksek sıcaklıklara birkaç saniye içinde ulaşabilmektedir. Bu yangınlar alevlenme ve korlaşma şeklinde gerçekleşir. Bu tür yangınları söndürebilmek için soğutma etkisi fazla olan yüksek basınçlı su gereklidir (Anonim, 2003). A sınıfı denilen bu yangınların bir örneği Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8. A sınıfı yangın (Öztop ve ark.)

B sınıfı yangınlar:Genellikle akaryakıt ve akışkan madde yangınları olarak bilinen bu yangınlara boya, motorin, tiner, mazot, vernik, yağlama yağı, benzin, gaz yağı vb. ürünler sebep olmaktadır. Bu tür yanıcı maddelerde yanma olayı yüzeyde meydana gelmektedir. Bu yangınlarda kor meydana gelmez ve söndürüldükten sonra tutuşma olmaz. B sınıfı bir yangını söndürmek için en etkili yöntem yanıcının hava ile temasını kesmektir. Bu işlem en iyi "foam köpüğü" ile yapılır. B sınıfı yangın örneği Şekil 2.9'da verilmiştir.



Şekil 2.9. B sınıfı yangın (Öztop ve ark.)

C sınıfı yangınlar: LPG, doğal gaz, metan, propan, hidrojen, havagazı vb. gaz türü yanıcı maddelerin oluşturduğu yangınlar bu sınıfa girmektedir. Bu tür yangınları söndürmek için kullanılabilecek en etkili madde kuru kimyevi tozlardır.

D sınıfı yangınlar: Genellikle sanayinin olduğu yerlerde görülen fosfor, sodyum, lityum, alüminyum, zirkonyum, magnezyum, potasyum, titanyum vb. hafif metallerin yanması sonucu meydana gelen yangınlardır. Bazı yanıcı metaller su ile etkileşime girerek ortama hidrojen gazı bırakabilirler. Bu da yangının artmasına sebep olur. Bu tür yangınları söndürebilmek için en etkili madde TMB'dir. TMB'nin bulunmadığı yerlerde kum kullanılarak yangın söndürülebilir (Anonim, 2003).

F sınıfı yangınlar: Bitkisel ya da hayvansal yağların yanması ile oluşan yangınlardır. Tutuşma sıcaklıkları çok yüksek olduğu için söndürülmesi en zor yangın sınıfıdır. Uluslararası standartlara göre yemeklik yağın tutuşma sıcaklığı 360 (+/- 10) ^{o}C olarak verilmektedir. Bu tür yangınlara su dökülürse parlama ya da patlama meydana geleceğinden asla su dökülmemelidir. Bu tür yangınları söndürmek için en etkili madde

Potasyum Karbonat içerikli sıvılardır. Bu madde yağı soğutarak sabunlaşma etkisi gösterir ve yangını söndürür (Vikipedi).

3. YANGIN ALARM SİSTEMLERİ

Belli bir yapı ya da bölgede meydana gelen veya gelebilecek yangıları başlar başlamaz algılayıp, o bölgede bulunanlara can ve mal güvenliğini sağlayabilmeleri ve gerekli tedbirleri alabilmeleri için zaman kazandıran, elektrik-elektronik donanımına sahip erken uyarı sistemlerine yangın alarm ve ihbar sistemleri denir.

Teknik olarak sistemde bulunan duman, ısı, alev vb. sensör ve dedektörler ile algılama yapıp, bilgileri elektriksel sinyallere çeviren ve daha sonra uyarı lambaları, siren, telefon arayıcı gibi ihbar cihazlarını çalıştıran sistemlerdir.

3.1. Yangın Alarm ve İhbar Sistemlerinin Gerekliliği

Yangının tanımı, aşamaları, çeşitleri ve sebep olduğu tehlikeler hakkında bilgilere baktığımızda yangın olayı gerçekleşmeye başladığı ya da gerçekleştiği andan itibaren saniyelerin önem kazandığını görmekteyiz. Özellikle bir yangın anında en önemli değere sahip insan hayatı büyük risk altındadır. Yangında can kaybı olmasa bile yıllarca emek verilerek yapılan konutların, fabrikaların, okulların, hastanelerin vb. bir kıvılcım ile yok olması oldukça acı verici bir olaydır.

Yangın çıktığı anda hızlı bir şekilde müdahale etmek ve yangın bulunan ortamdan uzaklaşmak için saniyelerin önem kazandığı anlarda "Yangın Algılama ve İhbar Sistemleri " devreye girmektedir. Yangın anında panik yaşanma ihtimalinin daha fazla olduğu alışveriş ve eğlence merkezi, hastane, okul gibi binalarda yangın ve dumandan olmasa bile çıkan kargaşa ve panik ile ciddi yaralanmalar yaşayanlar hatta hayatını kaybedenler olabilmektedir. Bu yüzden yangın anında devreye girecek olan haber verme sistemi oluşabilecek can ve mal kayıplarının önüne geçilmesinde çok önemli bir görev yapacaktır.

3.2. Yangın Alarm ve İhbar Sistemlerini Oluşturan Elemanlar

Yangın alarm kontrol paneli: Yangın haber verme sisteminin kontrol merkezidir. Sensör ve algılayıcılardan alınan bilgiler ile elektriksel sinyaller burada işlenerek röle, telefon arayıcı, siren, ikaz lambaları vb. çıkış elemanlarına aktarılır.

Dedektörler: Alev, duman, ısı ve nem gibi yangından etkilenen unsurları algılayarak elektriksel sinyallere dönüştüren ve bu bilgileri panele aktaran algılayıcı ya da sensörlerdir.

Yangın butonları: Yangın çıktığı anda ya da yangının patlama gibi bir duruma yol açacağı tespit edildiğinde yangın alarm sistemlerinin çalıştırılabildiği butonlardır.

Sirenler ve uyarıcılar: Yangın haber verme sistemine yangın olduğu bilgisi geldiğinde siren, lamba, led, telefon vb. sistemlerin çalışmasıdır.

Yukarıdaki elemanlara ilaveten yangın anında otomatik çalışabilen yangın söndürme sistemleri ile çıkışı gösteren ikaz, uyarı levhaları ve aydınlatma sistemleri yardımcı elemanlar olarak görev yapmaktadır.

Yangın alarm ve ihbar sistemlerini oluşturan elemanların en çok kullanılanları yukarıda yapılan sınıflandırmadaki gibidir. Ancak günümüzde yangın algılama sistemlerinin birçok çeşidi ve modeli bulunmaktadır. Bunun için seçilecek sistemin hızı, kararlılığı, ortama uygunluğu vb. gibi etmenlerinden dolayı daha ayrıntılı incelenmesi gerekmektedir (MEB, 2012b).

3.3. Yangın Algılama Sistemleri

Yangın Algılama ve Haber Verme Sistemleri'nin hızlı ve doğru algılama yapılabilmesi amacıyla geliştirilen yeni teknoloji uygulamalarını anlayabilmek için öncelikle yaygın olarak kullanılan sistemleri anlamak gerekir. Geçmişten günümüze yaygın biçimde kullanılan sistemler ile ilgili tanımlar ve sistemleri daha iyi anlayabilmemiz için bazı temel özellikleri aşağıda sınıflandırılmıştır.

Konvensiyonel sistemler

Bu sistemler detektörler vasıtası ile algıladıkları değerleri daha önceden üretici tarafından ayarlanmış değerler ile karşılaştırarak yangın durumunu bildiren yangın uyarı sistemleridir. Sistem zone (bölge) adı verilen yerlere belli bir hat oluşturacak şekilde bağlanarak kurulur. Bu hat üzerinden birçok dedektör bulunmaktadır. Alarm, detektörün bağlı olduğu bölgeye göre verilir. Hangi dedektörün alarm verdiği kullanıcılar tarafından anlaşılmaz.

Konvansiyonel sistemlerde yangının yerini ayrı ayrı belirleyebilmek için her bölgeye bir devre kurulur. Ayrı ayrı bölgelerdeki dedektörler ve butonlar birbirlerine peş peşe olacak biçimde dallanma yapılmadan bağlanırlar ve kontrol paneline tek bir devre olarak yerleştirilirler. Her bir devreye 20-30 dedektör ve/veya buton bağlanabilmektedir. Eğer haber verme zamanını azaltmak isteniyorsa, yangın ve arıza uyarıları bölge bazında görüldüğü için bölgeler küçültülmeli ve dolayısıyla daha fazla bölge kullanmak gereklidir.

Ucuz olmaları ve programlama gerektirmeden kurulabilmeleri konvansiyonel sistemlerin en önemli avantajlarıdır. Fakat gelişmiş sistemlerden daha fazla kablo gerektirmeleri maliyet açısından dezavantaj olarak düşünülebilir.

Konvansiyonel sistemler kirlenme, tozlanma, drift (alarm eşiğinin kayması) gibi olumsuz etkileri dikkate almadıklarından zamanla hatalı alarmlar verme olasılıkları yüksektir (Ataylar, 2008). Yorumlama yetenekleri olmadığından yangının yerini noktasal olarak tespit edemezler.

Dijital adreslenebilir sistemler

Dijital adreslenebilir sistemlerinin algılama ve alarma karar verme özellikleri konvansiyonel sistemler ile aynıdır. Bu sistemlerin konvansiyonel sistemlerden farkı alarm bilgisi kaynağının adresini de vermesidir. Bu sayede yangının çıktığı yer noktasal olarak tespit edilmiş olur.

Dijital adreslenebilir sistemler noktasal veya yazılım ile oluşturulmuş bölge bazlı çıktı sinyali oluşturabilirler. Ayrıca konvansiyonel sistemlere göre bir avantajları da daha sade bir kablolama ihtiyaç duymalarıdır. Fakat kirlilik, hassasiyet vb. bakım uyarıları verememeleri dezavantajları olarak görülebilir.

Analog adreslenebilir sistemler

Uç elemanı olarak sensör kullanmaları ve sensörlerin ölçtükleri değerleri panele analog veri olarak göndermesi analog adreslenebilir sistemlerinin en önemli özelliğidir. Bu sistemlerde uç elemanlar karar verici durumunda değildir. Karar verici konumundaki panel toplanan verilerin zamanla değişimlerini dikkate alarak yangın olamayacak ani değişiklikleri yorumlayarak ya da gerçek algılama değeri olamayacak değerleri tespit ederek hata uyarısı üretir veya kirlenme kararını verir. Bu sistemlerde yangın durumu ve arıza mesajları sensör adresleri ile birlikte tespit edilebilir.

Analog adreslenebilir sistemlerin duyarlılıkları kirlenme durumunu kompanze edecek şekilde ayarlanabilirler. Kirlenme değerine gelindiğinde sensörün temizlenmesi uyarısı verebilirler. Sensörlerin duyarlılıkları kullanıcı tarafından ya da otomatik olarak zamana göre ayarlanabilir. Analog adreslenebilir sistem panelinden sistemin her noktasının çalışıp çalışmadığı görülebildiğinden yangın durumunda algılama elemanlarının çalışıp çalışmayacağı anlaşılabilir.

Bu sistemler de sahaya yerleştirilmiş elemanlar bir sensör gibi çalıştığından ve sahadan toplanan bilgilerin analog değerler taşıdığı için bilginin türetilmesi ve işlenmesi konusunda büyük esneklik sağlamaktadır. Zamana bağlı fonksiyonlar kullanılabildiği için farklı bölgelere yerleştirilmiş dedektörlerin farklı eşik değerlerinde aktif olması gibi birçok algılamayı hızlandırıcı ya da hatalı algılamayı azaltıcı fonksiyon elde edilebilir. Alarm uyarısı gelen bilgi ya da bilgilere göre panel karar verme algoritmaları veya doğrulama özellikleri ile doğru algılama bilgisinin sağlanması amaçlanmaktadır.

Analog adresli sistemlerde panel ve dedektörler arasında yoğun bir haberleşme trafiği vardır. Haberleşme trafiğinin yoğunluğu, aynı döngü (loop) üzerine bağlanabilen cihaz sayısını etkileyebilir. Ayrıca aynı kablo ile haberleşilebilir en uzun mesafenin kısalmasına sebep olabilir (Ataylar, 2008).

Diğer sistemler

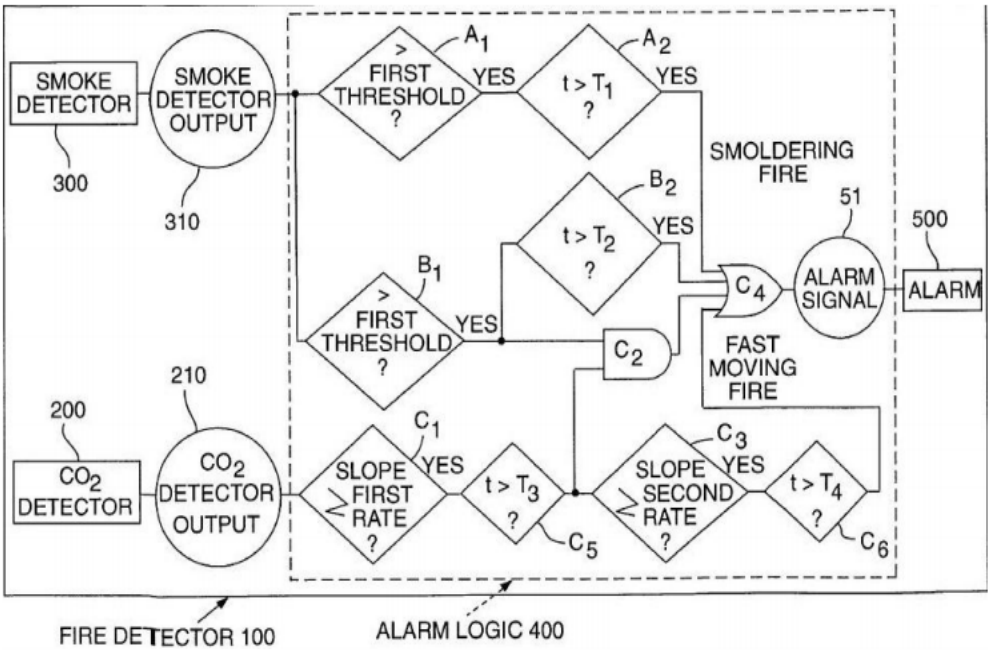
Burada ele alınan sistemler yukarıda anlatılan sistemlerin alt grubu olarak sayılabilirler. Bunlar sistem türü olarak anılmayan fakat yapılarından dolayı yenilik ve farklılık getiren, ayrıca ticari yönden yoğun olarak tanıtımı yapılan sistemler olduklarından bunların özelliklerinden bahsedilecektir.

Dağıtılmış zekalı / akıllı adreslenebilir sistemler: Piyasada bir standartları veya sertifikaları olmamasına rağmen algoritma tabanlı, akıllı, bulanık mantık (fuzzy logic) ile çalışan, çok akıllı, etkileşimli (interaktif) vb. isimler adı altında satılan birçok sistem bulunmaktadır. Bunun isimler yerine bazı kuruluşların bu sistemleri "distributed intelligence (dağıtılmış zeka)", "distributed processing (dağıtılmış denetim)" gibi isimler altında sınıflandırdıkları görülmektedir.

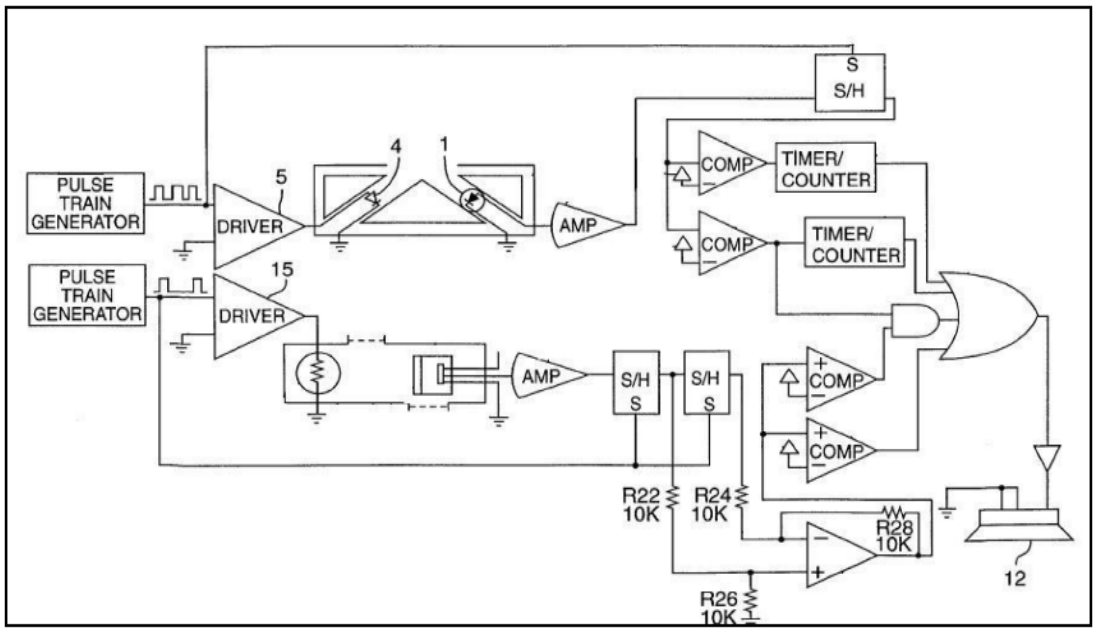
Analog adreslenebilir sistemlerde panelin yaptığı işlemler dağıtılmış zekalı adreslenebilir sistemlerde doğrudan dedektör içerisinde yapılmaktadır. Dedektörler içinde bulunan bir mikroişlemci, kendi hafızasına programlanmış yangın algoritmaları ile algıladığı değişikliklerin bir yangın durumuna uyup uymadığını karşılaştırarak kendisi karar vermektedir.

Yangın kararının her bir dedektör tarafından verilmesi panel ile dedektör arasındaki veri trafiğini büyük oranda azaltmaktadır. Bu sayede daha basit kablolama işlemleri ile daha uzun mesafelerde haberleşme mümkün olmaktadır. Ayrıca bir hat üzerine daha fazla dedektör bağlanabilmektedir. Bu da yangın uyarısını daha kısa sürede algılayıp işlemeyi sağlamaktadır. Karşılaştıracak olursak bu süre analog adreslenebilir sistemlerde 2 saniye seviyesinde iken dağıtılmış zekalı sistemlerde 0.75 saniye seviyesindedir (Ataylar, 2008). Dağıtılmış zekalı adreslenebilir sistemlerde yangın kararının dedektör tarafından verilmesi sistem hiyerarşik yapısının düzeni ile ilgilidir. Kullanıcıyı ilgilendiren ayrıca sistemin asıl görevi olan alarm verme ve kontrol işlemlerinin gerçekleşebilmesi için panelin devrede olması zorunludur.

Çoklu algılama (multi sensing) sistemler: Aynı ortamdaki birden fazla sensör değerlerine bakarak panelin karar vermesi prensibine göre çalışan sistemlerdir. Sistemin panel merkezi herhangi bir sensörden gelen değerleri okuyarak değişiklik (yukarı veya aşağı doğru bir değer değişikliği) algıladığında aynı ortamda ki diğer sensör değerlerine de bakar. Ortamda bulunan diğer sensörler, aynı algılama elemanının içinde bulunan farklı bir tür algılama elemanı olabilirken, farklı bir dedektör de olabilir. Bu tür algılama da en çok kullanılan dedektörlere örnek olarak; Fotoelektrik + Sıcaklık + İyonize, Fotoelektrik + Sıcaklık, Fotoelektrik + CO2 + Sıcaklık vb. dedektörleri örnek verilebilir. Çoklu sensörlü yangın algılama sistemi örnek mantık ve blok şemaları Şekil 3.1 ve 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Çoklu sensörlü yangın algılama sistemi mantık şeması (Ataylar, 2008)



Şekil 3.2. Çoklu sensörlü yangın algılama sistemi elektronik blok şeması (Ataylar, 2008)

Blok şemaya bakıldığında dikkat edilmesi gereken nokta, her iki sensörden gelip birbirini doğrulayan bilginin algılamayı nasıl hızlandırıp "Alarm" bilgisi ürettiği, aksi yönde tek sensörden gelen bir algılama seviye yükselmesinin ise alarm verme değerini (threshold) nasıl yükselterek hatalı alarm oranını azalttığıdır. Zaman zaman bu tür algılayıcılarda her iki sensörden gelen bilginin zaman içindeki değişimini anlatmak amacıyla üç boyutlu (3D) algılama olarak tanımlanmaktadır ve değişimin zaman içindeki değerlendirilmesi de algılama kararı içinde kullanılmaktadır (Ataylar, 2008).

Yangınla ilgili daha fazla bilgi toplanması hatalı algılamanın azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Gerçek bir yangındaki veri değerlerinin değişimine uygun şekilde önceden toplanmış bilgiler, yangın durumunda ki veriler ile uyuştuğunda normalden daha hızlı algılama sağlayacak ve alarm verecektir. Dezavantaj olarak çoklu sensörlerle donatılmış dedektörler daha pahalı olduğu için yaygın kullanımı güçleşmektedir.

Algoritma tabanlı algılama (algoritm based system): Algoritmanın ne olduğundan ziyade "Algoritma Tabanlı Sistem" ile belirtilmek istenen aslında alarm kararının dedektör tarafından verilirken uygulanan sürecin tanımından kaynaklanmaktadır. "Akıllı" ya da "çok akıllı" denilen dedektör tanımındaki akıl aslında dedektör içindeki mikroişlemcinin takip ettiği algoritma ile bilginin işlenmesidir.

Herhangi bir sensörden gelen bilgi zamana bağlı olarak temiz bir grafik çizmez. Genellikle oldukça değişken inişli-çıkışlı bir grafik olduğundan ancak belirli zaman dilimi içinde integral alınarak daha temiz değerlere ulaşılabilir. Aslında sensörlerden gelen anlık bilgilerin belirli dilimlerde taranması ve alınan değerlerin değişimine bakılarak ayrıca bir veri olarak işlenmesi algoritmaların ortak yanını oluşturur. Gerçek yangın verileri ile karşılaştırma ve bu verilere göre dedektörün bulunduğu alana ait bazı özellikleri tanımak farklı bir uygulama alanı olarak karşımıza çıkar.

Bu özelliklere göre tasarlanacak bir yangın haber verme sisteminde doğru ve kararlı tepkiler veren algoritmalar geliştirilmelidir. Sistem kurulacağı yere, iklim ve hava şartlarına göre tasarlanmalıdır. Alarm eşik değerleri her değişiklikte önceden taranarak farklı durumlara göre alarm kararı verilmelidir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Yangın Algılamada Kullanılan Detektör ve Sensörler

Yanma, yangının başlaması ve devam etmesi süreci incelendiğinde, yangın olayı üç tane ürün ortaya çıkarmaktadır. Bunlar ısı, duman ve alevdir. Yangın tespit sistemlerinde ağırlıklı olarak duman ve sıcaklık sensörleri kullanılmaktadır. Fakat daha iyi algoritmalar geliştirip daha iyi sonuçlar elde edebilmek için alev ve nem faktörleri de işin içine girmektedir. Bu yüzden bu uygulamada sıcaklık, nem, alev ve duman sensörleri kullanılmıştır. Ayrıca gerçekleştirilen sistemi daha detaylı kavramak için kullanılan materyallerin temel mantığı bazı örnekler verilerek ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Isı veya sıcaklık sensörü

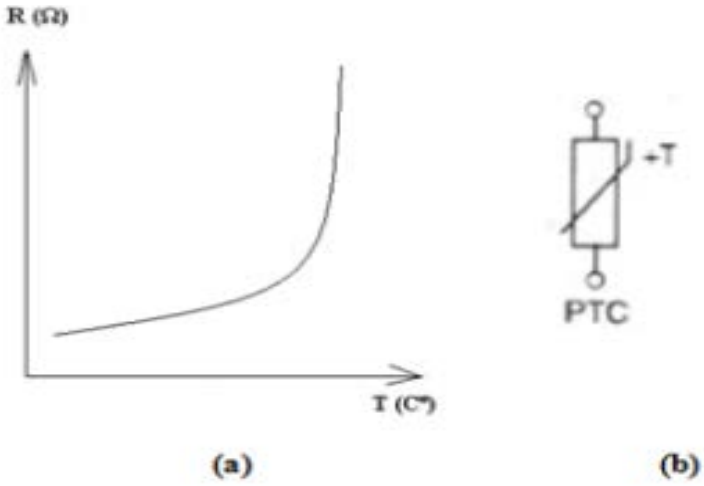
Ortamdaki ısı değişimini algılamaya yarayan cihazlara ısı veya sıcaklık sensörleri denir. Bazı maddelerin elektriksel direncinin sıcaklığa göre değişim gösterdiği için, bu özelliğe sahip maddeler kullanılarak sıcaklık ölçümü ve sıcaklık kontrolü yapılabilir.

Sıcaklık ile direnci değişen elektronik malzemelere, term (sıcaklık) ve rezistör (direnç) kelimeleri birleştirilerek termistör denmiştir. Termistörler çoğunlukla yarı iletken malzemelerden imal edilirler. Termistör yapımında genellikle oksitlenmiş manganez, bakır, nikel veya kobaltın karışımı kullanılmaktadır. Termistörler PTC (Sıcaklık ile Direnci Artan Termistör) ve NTC (Sıcaklık ile Direnci Azalan Termistör) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Sıcaklığın artmasıyla direnci artan termistörlere PTC denir (MEB, 2012a). Şekil 4.1'de PTC ile çalışan bazı sensör örnekleri görülmektedir.



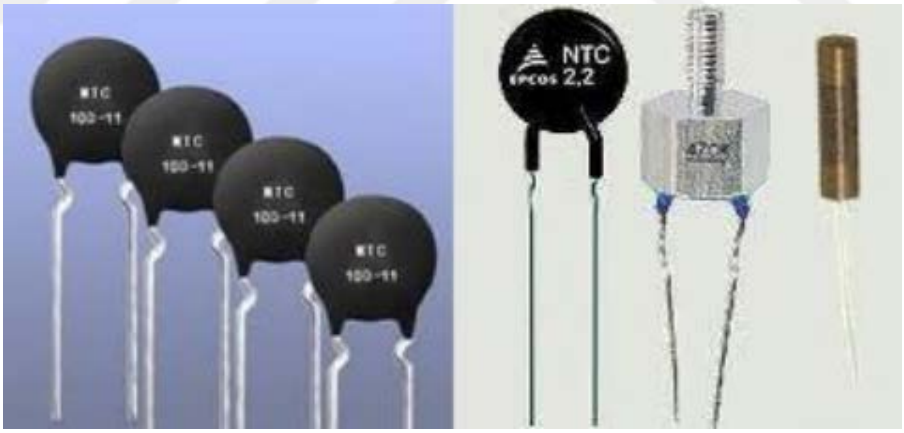
Şekil 4.1. Çeşitli PTC'ler (MEB, 2012a)

Şekil 4.2'deki karakteristik eğride görüldüğü gibi PTC'nin sıcaklığı arttıkça PTC'nin uçlarındaki direnç değeri artmaktadır.



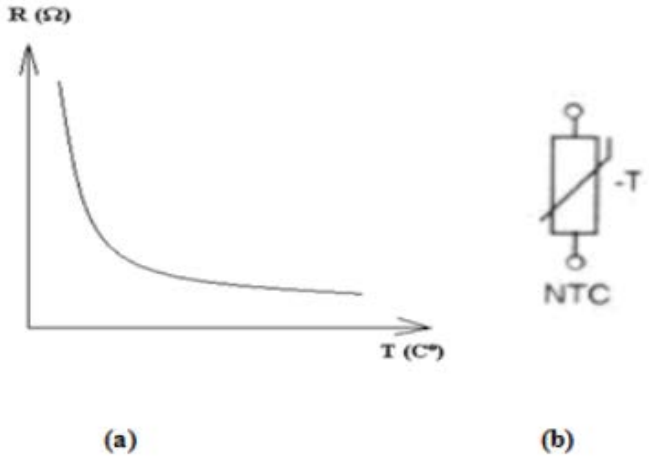
Şekil 4.2. a:Karakteristiği b:Sembolü (MEB, 2012a)

Sıcaklığın artmasıyla direnci azalan termistörlere NTC denir. Şekil 4.3'de NTC ile çalışan bazı sensör örnekleri görülmektedir.



Şekil 4.3. Çeşitli NTC'ler (MEB, 2012a)

Şekil 4.4'deki karakteristik eğride görüldüğü gibi NTC'nin sıcaklığı arttıkça NTC'nin uçlarındaki direnç değeri azalmaktadır.

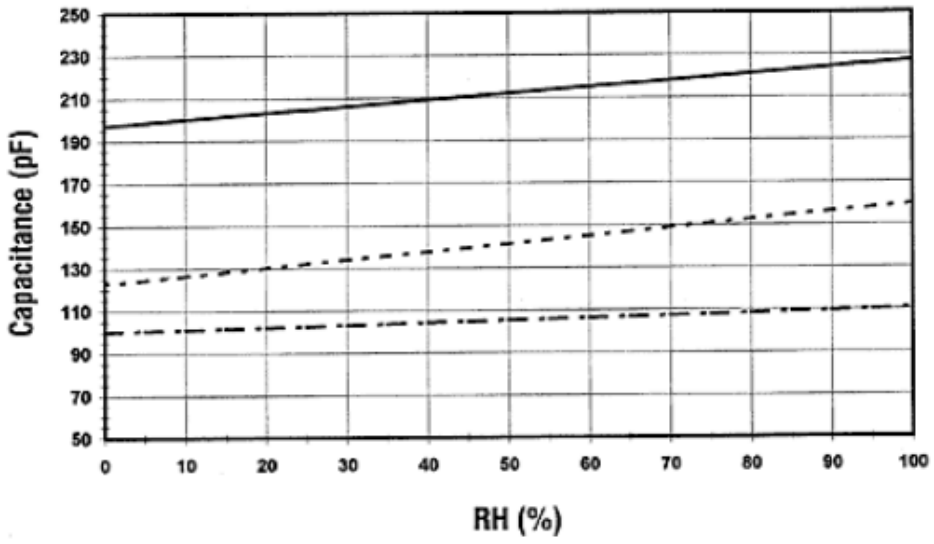


Şekil 4.4. a:Karakteristiği b:Sembolü (MEB, 2012a)

Nem sensörleri

Günümüzde bulunduğu ortamdaki nem miktarının değişmesiyle ölçülebilir elektriksel değişimler gösteren nem sensörleri vardır. Bu sensörler farklı malzemelerden kullanılarak yapıldıkları için farklı algılama yapısına sahiptirler. Bu yüzden nem algılanacak ortama göre uygun nem sensörü seçilmelidir.

Nem algılamada en çok kullanılan sensör çeşidi kapasitif sensörlerdir. Çalışma prensipleri kapasitör plakalar ile aynıdır. Kapasitif sensörlerde iki ince metal elektrot arasına dielektrik geçirgenliği olan polimer bir film tabaka bulunur. Atmosfer içindeki nem dielektrik geçirgenliği değiştirdikçe sensörün kapasitansı değişmektedir. Kapasitif nem sensörlerinde bağıl nem-sığa değişimi Şekil 4.5'de görülmektedir.



Şekil 4.5. Kapasitif sensörlerde bağıl nem-sığa değişimi (Yakut, 2006)

Kapasitif nem sensörlerinin nem-sığa karakteristikleri sıcaklığa bağlı olarak değişir. Bunun için bazı nem sensörü çeşitlerine NTC ya da PTC tipi sıcaklık sensörü entegre edilerek üretilmektedir. Bu şekilde ortam bağıl nemi ölçülürken, aynı noktadan sıcaklık verisi de alınarak bağıl nem değerlerinin okunmasında sıcaklığa bağımlı kompanzasyon yapılmaktadır.

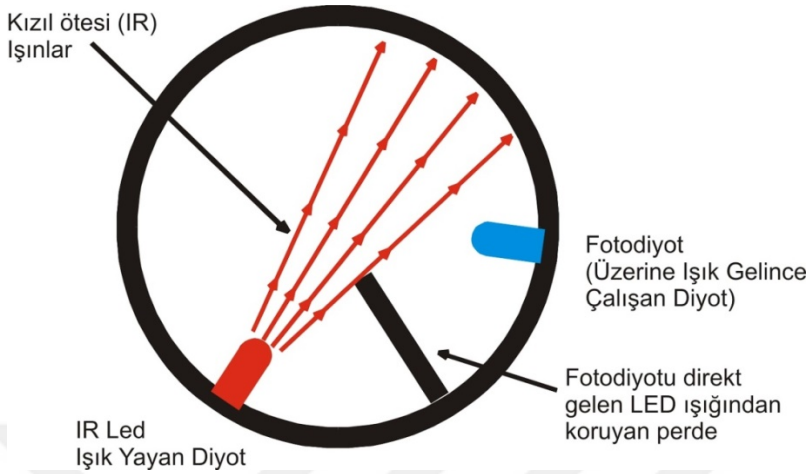
Duman detektörleri

Tipik bir yangın göstergesi olan dumanı algılamaya yarayan cihazlara duman detektörü denir.

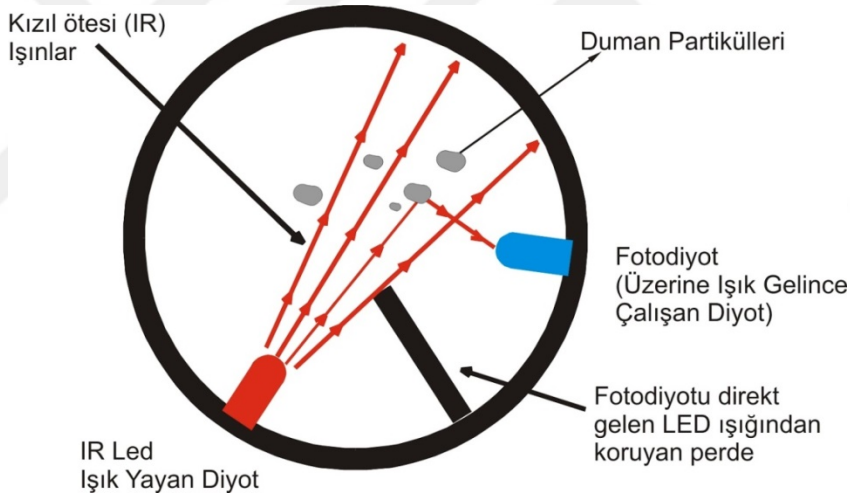
Konut, fabrika, ticari binalar gibi yerlerde kullanılan detektörler bir merkeze bağlı olarak çalışırken, daha basit ev gibi küçük yerlerde kullanılanlar sesli veya görsel alarm uyarısı verirler. Duman dedektörleri boyutları genellikle 150 milimetre (6 inç) çapında ve 25 milimetre (1 inç) kalınlığında bir disk şeklindeki plastik bir muhafaza içine yerleştirilmiştir. Ancak şekli, üreticiye ya da ürün hattının kullanıldığı yere göre değişebilir. Duman detektörleri genellikle optik algılamaya (fotoelektrik) ya da fiziksel sürece (iyonizasyon) göre çalışırlar. Fakat daha hassas algılamanın istendiği yerlerde duman duyarlılığını arttırmak için her iki algılama yöntemi de kullanılmalıdır. Aynı zamanda duman dedektörleri hastane, okul, tuvalet gibi sigara içmenin yasak olduğu bölgelerde caydırma amacıyla kullanılabilir. Toplu konut, ticaret merkezi, endüstriyel alan gibi büyük yerlerde kullanılan duman dedektörleri yedek pil ünitesine sahip olup bina gücü tarafından desteklenmekte iken, tek bir ailenin yaşadığı müstakil ya da küçük evlerde kullanılanlar tek pil ile çalışmaktadır (Vikipedi).

Optik duman dedektörü: Optik duman dedektörü aslında bir ışık sensörüdür. Duman dedektörünün içerisinde kızılötesi LED veya akkor ampül ile yapılmış bir ışık kaynağı, ışığı ışına dönüştürmek için bir lens ve ışık dedektörü olarak kullanılan foto diyot ya da fotoelektrik sensör bulunur. Duman olmadığında ışık düz bir çizgi şeklinde dedektörün önünden geçer. Duman, ışın demeti yolundaki optik çemberden geçtiğinde, bazı ışınlar duman partikülleri tarafından kırılarak sensöre ulaşırlar ve böylece alarm tetiklenmiş olur. Ayrıca amfi ve kapalı spor salonu gibi bazı büyük mekanlarda yansıtılan ışınları algılayabilen cihazlar kullanılmaktadır. Duvara monte edilmiş olan bir ünite, başka bir izleme cihazı tarafından alınan veya bir ayna tarafından geri yansıtılan bir ışın yollar. Işın sensörün "gözüne" daha az gözüktüğü zaman cihaz yangın alarm

kontrol paneline bir alarm sinyali göndererek çalışmaktadır. Optik duman detektörlerinin normal ve alarm durumu görselleri Şekil 4.6 ve 4.7'de verilmiştir.



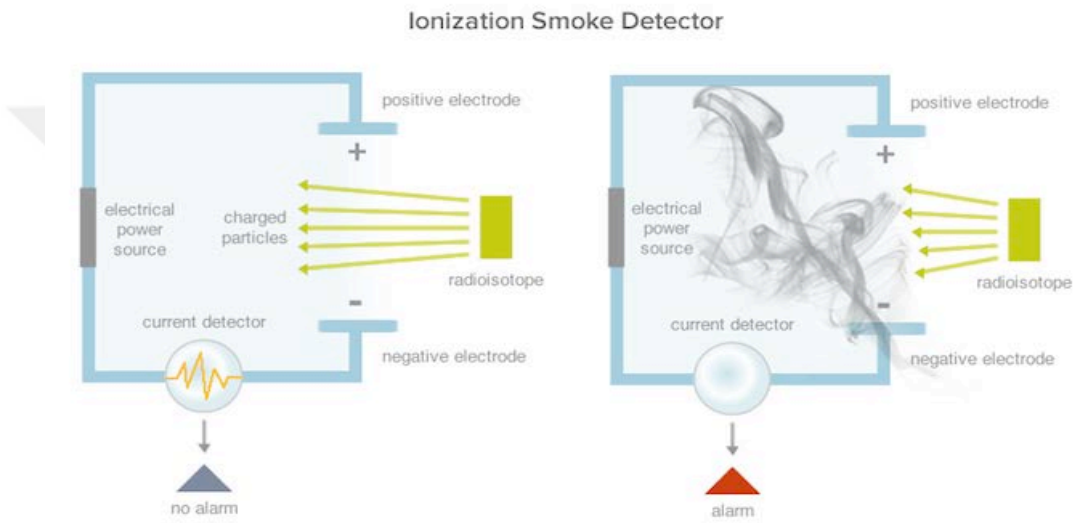
Şekil 4.6. Optik duman dedektörü normal durum (Academy, 2012)



Şekil 4.7. Optik duman dedektörü alarm durumu (Academy, 2012)

Optik dedektörler uzun süreli yanma sonucunda başlayan yangınlara daha duyarlı olmalarına rağmen düzgün ve hızlı bir algılama için hem iyonizasyon hem de fotoelektrik/optik algılama özelliklerine sahip dedektörler kullanılmalıdır. Bazı kombine dedektörlerin karbon monoksit algılama özelliği de vardır. Optik veya fotoelektrik algılama metodları farklı olabildiği gibi, foto diyot veya optik sensörlerinin tipi ve duyarlılığı ile içindeki duman çemberinin tipi üreticilere göre farklılık gösterebilmektedir.

İyonizasyon duman dedektörü: İyonizasyon tipi duman dedektörlerinin içinde ayrılmış iki kablo arasında bir bölüm bulunmaktadır. Elektriğin bir telden diğerine akabilmesi için bu bölümü atlaması gerekmektedir. Buraya yerleştirilmiş radyoaktif bir madde bölüm içinde iyonizasyon çemberi oluşturur. Detektör çalıştırıldığında iyonizasyon çemberi üzerinden belli bir akım geçişi olur. Bir yangın esnasında duman partikülleri dedektörün bu bölümene girer ve iyonizasyon çemberini engeller. Bunun sonucunda akım değeri değişir ve alarm tetiklenmiş olur. İyonizasyon duman dedektörlerinin normal ve alarm durumu görselleri Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8. İyonizasyon duman dedektörü (Giaimo, 2013)

Hava örneklemeli duman dedektörleri: Hava örneklemeli duman dedektörleri mikroskobik duman partiküllerini algılama yeteneğine sahiptir. Birçok hava örneklemeli dedektör, korunacak alanı saran, tavanda paralel olarak yayılmış ve küçük deliklere sahip boru ağı ile aktif olarak içine hava çekerek algılama yapar. Her boruda yer alan küçük delikler matris bir yapı oluşturarak boru ağında yayılım sağlarlar. Hava örnekleri dumanı oluşturan çok küçük partikülleri algılayan ve içinde lazer bulunan hassas optik bir aygıta çekilir (Vikipedi).

Arşiv veya sunucu odaları gibi çok önemli ve kritik görevleri bulunan bölgelerde gazlı söndürme sistemleri gibi otomatik yangın müdahale sistemlerini tetiklemek için hava örneklemeli detektörler kullanılmaktadır. Hava örneklemeli duman dedektörleri noktasal duman dedektörlerinden farklı olarak çoklu alarm eşik değeri sağlayabilir ve daha hassas algılama yapabilirler. Eşik değerleri isteğe göre çeşitli duman seviyelerine ayarlanabilir. Bu özellikler sayesinde, hava örneklemeli dedektörler bir yangın

durumunda daha erken uyarı verir. Böylece yangının verebileceği zararların en aza indirilmesini ve tahliye için gerekli zamanın kısalmasını sağlarlar.

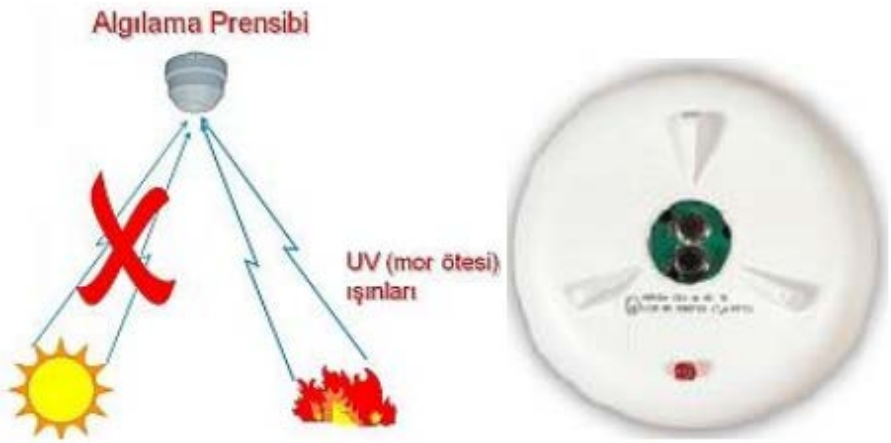
Alev sensörü veya dedektörü

İnsan gözü 380 ile 760 nm gibi dar bir kuşak arasındaki elektromanyetik dalgalara duyarlıdır. Bu kuşak görülür alan olarak adlandırılmaktadır. Görülür alanın altında mor ötesi ultraviyole ışınlar yer alır (Era, 2016). Işığın dalga boyları Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Işığın Dalga Boyları (Era, 2016)

Alevden çıkan eletromanyetik dalgayı algılayıp kontrol edebilmek için alev sensörlerine ihtiyaç vardır. Bu yüzden birçok yangın ihbar ve haber sisteminde alev sensörleri kullanılmaktadır. Büyük hangarlar, rafineriler, metro tünelleri, ahşap depolar, kimyasal madde bulunan tesisler tipik uygulama alanlarıdır. Şekil 4.10'da yaygın olarak kullanılan bir alev dedektör örneği verilmiştir.



Şekil 4.10. Alev Dedektörü ve Çalışma Prensibi

4.2. Bulanık Mantık

4.2.1. Bulanık mantık kavramı ve gelişim süreci

Bulanık mantık ortaya çıkmadan önce hayatın birçok alanında Aristo mantığı diğer bir ifadeyle düz mantık hakimdi. Bu mantığa göre bir olayı gözlemlediğimizde, gerçekleşme ihtimali lojik olarak ya sıfır (0) ya da bir (1)'dir. Bir başka deyişle "varlık" ya da "yokluk" tur. Ama gerçek hayata baktığımız zaman olaylar bu kadar net olarak ifade edilememektedir. Günlük hayatta kimi zaman tam net olmayan karmaşık olaylarla karşılaşmakta ve değişik durumlara göre karar vermek zorunda kalabiliriz. Bu tür durumlar sayısal öngörü ve çözümlemeler ile yapılmaya çalışılmaktadır.

Bu perspektiften bakıldığında, geleneksel sistem analizi teknikleri insancıl sistemlerle uğraşmak için uygun değildir. Çünkü insan davranış ve düşüncesinin bulanıklığı gerçeğiyle başa çıkamazlar. Bu nedenle, bu tür sistemlerle gerçekçi bir şekilde başa çıkmak için, kesinlik, titizlik ve matematiksel formalizm saplantısına kapılmayan, bunun yerine hassasiyete ve kısmi gerçeklere tolerans gösteren metodolojik bir çerçeve kullanan yaklaşımlara ihtiyaç vardır (Zadeh, 1973).

İnsan karşılaştığı sorunları analiz etme ve düşünme becerisini kullanarak çeşitli çözümler üretebilme özelliğine sahiptir. Bunu yaparken farklı durumlara göre düşünce ve hareketlerinde esneklik göstererek karar verir. Aynı zamanda her insan aynı olaya aynı şekil ve derecede tepki göstermez. İşte bu insanın bulanıklığıdır. Bu yeteneğin teknolojiye uyarlanmış haline "Bulanık Mantık" denilir.

Gerçek yaşamda meydana gelen olayları her zaman kesin ifadelerle anlatamayabiliriz. Aslında kesin olarak gerçekleşen bir olay vardır. Fakat biz bu olayı daha iyi anlatabilmek için bir tür derecelendirme yaparız. Örneğin; koşarak giden bir tavşan için, "hızlı" ifadesinden başka "çok hızlı", "çok mu çok hızlı", "epey hızlı", "aşırı hızlı" veya bir ilkbahar mevsiminde hava durumunu ifade etmek için "soğuk", "epeyce soğuk", "birazcık soğuk", "çok soğuk" veya "acayip soğuk" şeklinde derecelendirmeler yaparak değişik dilsel ifadeler kullanılabilir. İşte bu ifadeler kesinlikten ziyade derecelendirilmiş belirsizliklerdir. Kesin bir ifade olan hızlı, soğuk, sıcak, tatlı, acı gibi ifadeler derecelendirilerek belirsiz hale gelmiştir.

Bu duruma şu şekilde bir örnek verilebilir. Günlük hayatta insanları yaşlarına göre genç ve yaşlı olarak sınıflandıralım. Bu sınıflandırma da, 45 yaşın üzerindeki kişileri yaşlı olarak belirleyelim. Bu durumda; klasik mantığa göre, 45 yaşın altındaki

veya 45 yaşındaki kişiler genç; 45 yaşın üzerindeki kişiler ise yaşlı olacaktır.39 yaşındaki bir kişi genç olmasına rağmen, 41 yaşındaki bir kişi yaşlı olacaktır ki bu aslında doğru bir tanımlama değildir. Zaten insan mantığında bu durumu böyle kesin bir çizgiyle ayırmak mantıklı değildir. 39 yaşındaki bir kişi genellikle "genç sayılır" şeklinde, bazen de "biraz yaşlı" olarak ifade edilir (Yılmaz, 2007).

Bulanık mantığın yapısı insan düşünce yapısına daha yakındır. Yukarıda bahsi geçen örneği bulanık mantıkla ele alırsak, 39 yaşındaki bir kişi % 75 gençken, % 25 yaşlı olabilir. 41 yaşındaki bir kişi de % 20 gençken, % 80 yaşlı olabilir. Görüldüğü gibi bulanık mantıkta % 100 genç veya % 100 yaşlı gibi kesin ifadeler yerine derecelendirilmiş ara ifadeler de vardır.

BM yaklaşımı ilk kez 1965 yılında Lütfü. A. Zade tarafından ortaya atılmıştır. Bu tarihten günümüze kadar başta kontrol sistemleri olmak üzere birçok alanda BM uygulamaları yapılmıştır. Bulanık mantık kontrol sistemlerinde uzman kişilerin gözlem, bilgi ve tecrübelerine başvurulur. Daha sonra EĞER "Durum Bu" ise O HALDE "Sonuç Budur" şeklinde kural tabanları oluşturulur. Oluşturulan kural tabanı kesin ifadelerden ziyade bulanık ifadeler içerir.

Örnek olarak; EĞER Giriş "Var" ise O HALDE Çıkış "Yok" klasik bir yaklaşımdır. "Var" ve "Yok", kesin ifadelerdir. Oysa bulanık yaklaşımda kurallar;

- EĞER Giriş "Az nemli" ise O HALDE Çıkış "Düşük Derece"
- EĞER Giriş "Nemli" ise O HALDE Çıkış "Orta Derece"
- EĞER Giriş "Çok Nemli" ise O HALDE Çıkış "Yüksek Derece"

şeklinde olmaktadır. Böylece "Az", "Çok", "Orta" vb. kesin olmayan dilsel bilgilerin kullanılması, kontrol sisteminin bir insan mantığı gibi düşündüğünü göstermektedir (Baykal ve Beyan, 2004). Bulanık mantık kontrolün insan düşünce yapısına benzer bir yapıda olması ve bu paralellikte sistemleri tanıyıp karar verebilmesi de onun sosyal bilimlerden mühendislik uygulamalarına kadar hemen her alanda geniş uygulama sahaları bulmasını sağlamıştır (Aslan, 2010).

Ortaya atılmasından bu yana BM kavramının en önemli kontrol uygulamaları, 1974 yılında Mamdani tarafından gerçekleştirilen bir buhar makinesi kontrolü, 1980 yılında Danimarka'da Smith&Co. tarafından oluşturulan bir çimento fırını kontrolü ve 1987 yılında Japonya'da Hitachi şirketi tarafından tasarlanan Sendai metrosunun kontrolüdür (Alkan, 2011).

Ayrıca 1989 yılında Canon, Fujitsu, Hitachi, Honda, IBM, Mazda, Mitsubishi, Nissan, Sharp, Sony, Toshiba, Toyota, Volkswagen gibi dünya devlerinin bulunduğu endüstriyel sponsorlarla oluşturulmuş, bir Japon hükümeti-endüstri ortak faaliyeti olan, yaklaşık 50 üyeli bir konsorsiyum olarak düzenlenen LIFE (Laboratory for Industrial Fuzzy Engineering – Endüstriyel Bulanık Mühendislik Laboratuvarı) adıyla bir araştırma laboratuvarı kurulmuştur (Chaturvedi, 2008).

Bulanık mantık kümeleri

Klasik mantığa göre, bir eleman, bir kümeye ait ve o kümenin elemanı, ya da o kümeye ait değil yani kümenin elemanı değildir. Buna göre; o elemanın üyelik derecesi eğer 1 ise, eleman kümenin elemanıdır ve kümeye aittir; eğer 0 ise, eleman kümenin elemanı değildir yani kümeye ait değildir. Bu yüzden klasik mantıkta üyelik dereceleri Denklem (4.1)'deki gibi sadece 0 ve 1 değerini alır.

$$A=\{0,1\} \tag{4.1}$$

Bulanık mantıkta ise, bir eleman, bir kümeye ait olabilir, ait olmayabilir, bunun yanında kümeye belirli bir derecede ait olabilir veya olmayabilir. Şöyle ki bir elemanın kümeye ait olma derecesi 0 ise, elemanın kümeye ait değildir, eğer 1 ise, elemanın kümeye ait olduğunu gösterir. Bunlara ilaveten eleman kümeye belli derecede ait olup 0-1 arasında ara değerler alabilir, bu elemanın kümeye hangi derecede ait olduğunu veya olmadığını gösterir. Bu yüzden bulanık mantık üyelik dereceleri Denklem (4.2)'de gösterildiği gibi 0 ve 1 aralığında tüm değerleri alabilir (Soylu, 2013).

$$B=[0,1] \tag{4.2}$$

Klasik ve bulanık mantıkta üyelik derecelerinin gösterimi Şekil 4.11'de görülmektedir.



Şekil 4.11. Klasik ve bulanık küme farkı (Uçuk, 2009)

BM sistemlerinde bir x elemanının A kümesine hangi miktarda ait olduğunun üyelik derecesi μA(x) ile ifade edilir ve [0,1] aralığında değere sahiptir.

Bulanık kümelerde temel farklılıklar

BM'ta bütün giriş ve çıkış değişkenlerinin üyelik fonksiyonları belirlenmelidir. Belirlenen üyelik fonksiyonunda değişkenler belli derecede kümenin elamanıdır. Klasik Boolean mantık tabanlı küme kuramında, belli bir nesne veya değişken, verilen kümenin ya üyesidir (mantık 1) ya da değildir (mantık 0). Tek bir eleman sadece bir kümenin elemanıdır. BM'de ise, bir ifade tümüyle yanlış ise sıfır değerini alır, tümüyle doğru ise bir değerini alır. Eğer ifadenin BM üyelik derecesi değeri 0,5 ise o ifade %50 doğru ve %50 yanlıştır. Yâni BM'ta değişken, üyelik derecesine göre iki kümeye de aittir. Bu üyelik dereceleri ger iki küme için sıfır ile bir aralığında herhangi bir değerde olabilir. Geleneksel mantıkla BM arasındaki temel farklılık Şekil 4.12'de gösterilmiştir (Uyar, 2006).

Klasik Mantık	**Bulanık Mantık**
A veya A Değil	A ve A değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
Sıfır veya bir	Sıfır ve bir Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler

Şekil 4.12. Klasik mantık ve bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar (Namlı, 2016)

Üyelik fonksiyonu

Evrendeki her eleman belli bir miktarda dereceye sahiptir ve bir bulanık kümenin üyesidir. Bulanık kümelerde, her elemanın belli bir derecede üyeliği vardır. Üyelikleri sıfırdan farklı olan elemanlar kümesine bulanık kümenin dayanağı denir. Evrendeki her x elemanının bir bulanık kümeye aitlik derecesini veren fonksiyona,

üyelik fonksiyonu μA(x) denir. Üyelik fonksiyonlarının tanımlanmasında iki yöntem vardır.

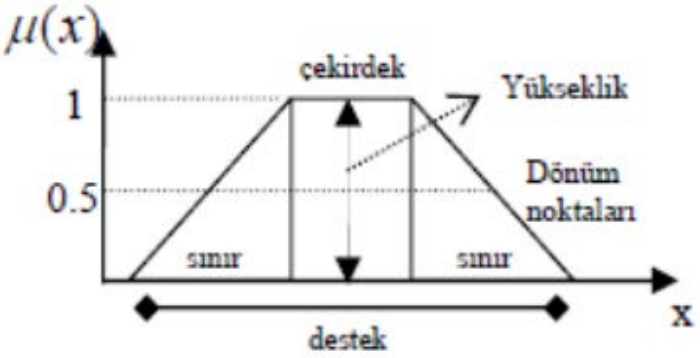
Sayısal tanımlama: Bu durumda, bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonunun değeri, boyutu ayrıklaştırma derecesine bağlı sayılardan oluşan bir vektör olarak temsil edilir (Uçuk, 2009). Bu fonksiyonun değeri Denklem (4.3)'deki formül ile hesaplanır.

$$\mu_f = \sum_{i=1}^{n} \frac{a_i}{u_i} \tag{4.3}$$

Fonksiyonel tanımlama: Burada üyelik fonksiyonları bir fonksiyonla tanımlanır. Genellikle gaussian, üçgen, yamuk gibi üyelik fonksiyonları kullanılır. Bu fonksiyonlar BM denetiminde kullanılabilir. Çünkü bu fonksiyonların normalizasyonu (arındırma) ve değişimlere uyarlanabilme aritmetiği daha kolaydır. Genellikle üyelik fonksiyonu beş kısımdan oluşur. Bunlar, üyelik fonksiyonunun desteği, çekirdeği, dönüm noktası, sınırları ve yüksekliğidir. Bulanık kümenin tam üyeliğe sahip elemanlarının oluşturduğu topluluğa üyelik fonksiyonunun çekirdeği denir ve μA(x) = 1 şeklinde gösterilir. Üyelik derecesi sıfırdan büyük olan elemanların oluşturduğu topluluk üyelik fonksiyonunun desteği olarak adlandırılır. Matematiksel olarak

$$DESTEK_A = \left\{ x \in E \, \mu_A \mid (x) > 0 \right\} \tag{4.4}$$

şeklinde gösterilir. Bir üyelik fonksiyonunun sınırları, 0 ile 1 arasında belli bir üyelik derecesine sahip elemanların oluşturdukları bölgedir. Genellikle tüm üyelik fonksiyonlarında biri çekirdeğin sağında ve biri de solunda olmak üzere iki sınır bölgesi bulunur. Bulanık kümelerde 0.5 üyelik derecesine sahip elemanların oluşturdukları bölge üyelik fonksiyonunun dönüm noktası olarak tanımlanır. Bir bulanık kümenin yüksekliği üyelik derecesi en yüksek olan elemanın aldığı değere karşılık gelir. Elemanlardan en az birinin üyelik derecesi "1" ise bu bulanık küme normal bulanık küme olarak tanımlanır. Tüm bu kısım ve sınırlar Şekil 4.13'de görülmektedir. Normal olmayan bir bulanık küme, tüm elemanların üyelik derecelerinin en büyük üyelik derecesine bölünmesi ile normal hale dönüştürülebilir (Baykal ve Beyan, 2004).



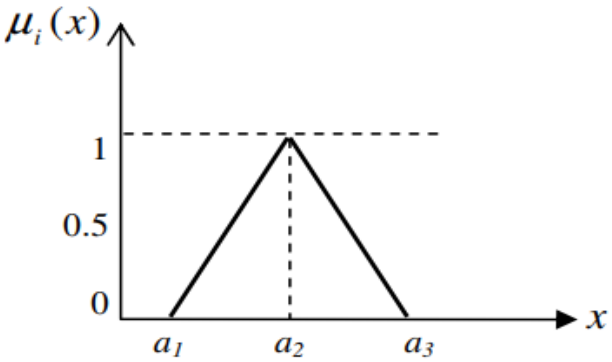
Şekil 4.13. Üyelik fonksiyonunun kısımları (Uçuk, 2009)

Üyelik fonksiyonları için standart bir şekil yoktur. Kullanıcının ihtiyacına göre farklı şekillerde üyelik fonksiyonları belirlenebilir. Örneğin bir sistemde hassasiyet önemli ise üçgen üyelik fonksiyonu tercih edilirken, değişimin çok hızlı olması istenilen durumda yamuk üyelik fonksiyonu tercih edilebilir (Teker, 2008).

Üyelik fonksiyonu olarak kullanılabilecek üçgen, yamuk, gaussian, çan eğrisi, s, z, pi, sigmoid, cauchy, trapez gibi birçok şekil vardır. Bunların arasında üçgen, yamuk ve gaussian en çok kullanılan üyelik fonksiyonlarıdır (Passino ve ark., 1998).

Üçgen üyelik fonksiyonu: Üçgen üyelik fonksiyonunda a_1, a_2 ve a_3 olmak üzere üç parametre tanımlanmış olsun. a_2 parametresi bu üyelik fonksiyonunun çekirdeği, a_1-a_3 parametrelerinin arasında kalan değerler ise desteğini oluşturmaktadır. Yani çekirdekte 1 (bir) tane elemanı olan üyelik fonksiyonlarına üçgen üyelik fonksiyonu denilmektedir. Bir x elemanın üyelik derecesinin hesaplanması için gerekli üçgen üyelik fonksiyonu (4.5)'de, grafiği ise Şekil 4.14'de gösterilmiştir.

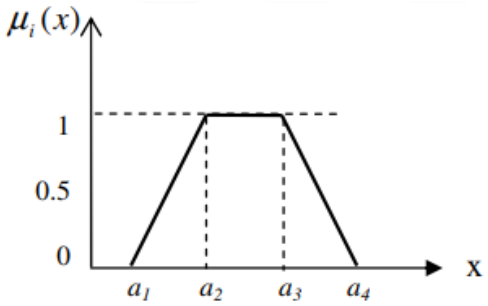
$$\mu_i(x; a_1 a_2 a_3) = \begin{cases} a_1 \le x \le a_2 \Longrightarrow (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \le x \le a_3 \Longrightarrow (a_3 - x)/(a_3 - a_2) \\ x > a_3 \; ve \; x < a_1 \Longrightarrow 0 \end{cases} \tag{4.5}$$



Şekil 4.14. Üçgen üyelik fonksiyonu (Karakaşoğlu, 2008)

Yamuk üyelik fonksiyonu: Yamuk üyelik fonksiyonunda şeklinden dolayı dört parametre bulunmaktadır. Bu parametreler a_1 , a_2 , a_3 ve a_4 olsun. Bu fonksiyonda a_1 - a_2 ve a_3 – a_4 arasında kalan değerler fonksiyonun sınırlarını oluştururken, fonksiyonun çekirdeği ise a_2 - a_3 parametreleri arasında kalan noktalar olacaktır. Buna göre bir x elemanının üyelik derecesinin hesaplanması için gerekli yamuk üyelik fonksiyonu (4.6)'da, grafiği Şekil 4.15'de verilmiştir.

$$\mu_i(x; a_1 a_2 a_3 a_4) = \begin{cases} a_1 \le x \le a_2 \Longrightarrow (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \le x \le a_3 \Longrightarrow 1 \\ a_3 \le x \le a_4 \Longrightarrow (a_4 - x)/(a_4 - a_3) \\ x > a_4 \; ve \; x < a_1 \Longrightarrow 0 \end{cases} \tag{4.6}$$

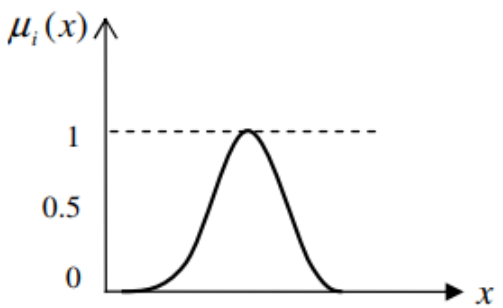


Şekil 4.15. Yamuk üyelik fonksiyonu (Karakaşoğlu, 2008)

Üçgen üyelik fonksiyonu yamuk üyelik fonksiyonunun özel bir durumudur. Bilgi işlemedeki etkinlikleri ve formüllerin basit oluşu açısından hem üçgen hem de yamuk üyelik fonksiyonları çok sık kullanılmaktadır (Yen ve Langari, 1999).

Gaussian üyelik fonksiyonu: m ve σ parametreleri ile tanımlanan bir Gaussian üyelik fonksiyonu (4.7)'de, grafiği ise Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

$$\mu_i(x; m, \sigma) = exp\left\{\frac{(x-m)^2}{\sigma^2}\right\} \tag{4.7}$$



Şekil 4.16. Gaussian üyelik fonksiyonu (Karakaşoğlu, 2008)

Bu fonksiyonda m fonksiyon merkezini ve σ genişliği ifade eder. σ değerini değiştirerek, fonksiyon biçimi değiştirilebilir. Eğer σ , küçük olursa üyelik fonksiyonu daha ince olurken, bu değer büyüdükçe üyelik fonksiyonu gittikçe yayvanlaşacaktır (Baykal ve Beyan, 2004).

4.2.2. Bulanık mantık denetleyicileri

Klasik kontrol sistemleri tasarlanırken ilk olarak kontrol edilecek sistemin transfer fonksiyonunun tam olarak elde edilmesi gerekir. Bunun için matematiksel modeli oluşturulur. Etkin ve uygun bir kontrol sağlamak için sistem parametrelerinin zamanla değişmemesi gereklidir. Fakat uygulamada ki sistemlerin pek çoğu çeşitli sebeplerle değişen parametrelere ya da karmaşık ve doğrusal olmayan karakteristiklere sahip olabilmektedir. Sistem parametreleri değişen ya da sistem doğrusal değerlerinde sapma olduğu durumlarda adaptif kontrol yöntemleri kullanılmaktadır. Böyle uygulamalarda, uygulama alanındaki uzman kişilerin bilgi, gözlem ve tecrübeleri klasik kontrol sistemlerine göre daha faydalı ve etkili olabilmektedir. Bunun için insan düşünme yeteneğini ve insan bilgi birikimini kontrol sisteminin içinde daha etkili kullanabilmek için bir kontrol yöntemi olan Bulanık Mantık Denetleyicilere (BMD) ihtiyaç vardır.

Bulanık mantık ile çalışan BMD sistemleri geleneksel ve matematiksel sistemlere göre insan düşüncesinin ruhuna, ifade etme şekline yani diline daha yakındır (Ömür, 2009).

BMD sistemleri bir uzmanın bilgi, beceri ve tecrübeleri numerik hesaplamalar için kullanarak, bunları bir otomatik kontrol sistem stratejisine çevirebilir. Temel olarak BMD sistemleri bulanıklaştırma, bilgi tabanı, karar mekanizması ve durulaştırmadan meydana gelir. BMD'nin temel yapısı Şekil 4.17'de görülmektedir.

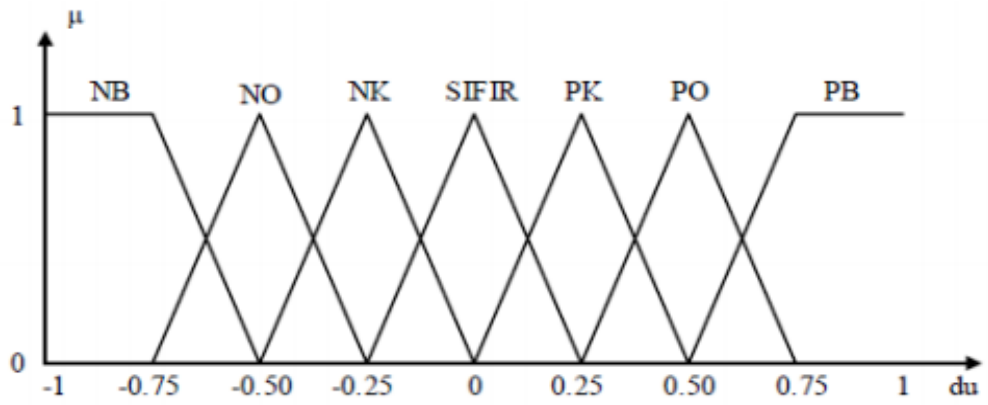


Şekil 4.17. Bulanık mantık denetleyici (BMD) temel yapısı (Ömür, 2009)

Bulanıklaştırma

Bulanıklaştırmanın iki anlamı vardır. Bunlardan birincisi, kesin bir değerin üyelik derecesi ile ifade edilen bulanık bir değere dönüştürülmesidir. İkincisi ise, sayısal bir girdi değerinin, uygun üyelik fonksiyonu kullanılarak belli bir üyelik derecesi ile sözel bir değişkene dönüştürülmesi işlemidir. Bu amaçla bu aşamada kullanılacak üyelik fonksiyonları, bu fonksiyonların x eksenindeki konumu ve sayısı (alt küme sayısı) belirlenir.

Bulanıklaştırma yaparken üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Pratikte üyelik fonksiyonları denetlenecek sistemin durumuna göre uygulayıcı tarafından yamuk, üçgen, çan eğrisi gibi çok değişik şekillerde seçilebilir. Üyelik fonksiyonları genelde küçük, orta, büyük olarak 3; küçük, orta küçük, orta, orta büyük, büyük olarak 5; veya çok küçük, küçük, az küçük, sıfır, az büyük, büyük, çok büyük olarak 7 etiketle tek sayı olarak tanımlanmaktadır. Aşağıda Şekil 4.18'de 7 etiketli bir üçgen üyelik fonksiyonu görülmektedir (Uçuk, 2009).



Şekil 4.18. Yedi etiketli üçgen üyelik fonksiyonu (Uçuk, 2009)

Özetle bulandırıcı arabirimi şu fonksiyonları sağlar;

• Giriş değişkenlerinin ölçüsünü belirlemek,

• Sözü edilen uzaya karşı gelen giriş değişkenlerinin oranını dönüştüren performans ölçeklemesi yapmak,

• Bulandırıcının fonksiyonları bulanık kümelerin etiketleri olabilecek uygun dilsel değişkenlere, giriş verilerini dönüştürmeyi sağlamak (Bolat, 2006).

Bilgi tabanı

Bilgi tabanını, üyelik fonksiyonlarıyla ilgili bilgileri barındıran bir "veri tabanı" ve değişik giriş değerlerine göre belirlenmiş kontrol çıkış bilgilerini barındıran "kural tabanı" oluşturur.

Veri tabanı BMD'de bulunan veri manipülasyonlarını ve tanımlanmış dilsel denetim kurallarını kullanarak gerekli tanımlamaları sağlar (Başbuğ, 1995). Denetimi yapılan sistemle ilgili, bulandırma, bulanık çıkarım, durulama işlemleri sırasında gerek duyulan üyelik fonksiyonu ve kural tablosu bilgileri veri tabanından kullanıma sunulmaktadır (Elmas, 2003).

Kural tabanında EĞER "Durum" ise O HALDE "Sonuç" şeklinde cümleler yer alır. Kurallar olarak adlandırılacak bu cümleler uzman bilgileri ile elde edilir. Kural tabanına diğer kurallardan bağımsız olarak yeni kurallar eklenebildiği gibi ve eski kurallar da diğer kurallardan bağımsız olarak değiştirilebilir.

Örnek bir kural tabanı kuralları şu şekildedir;

1. EĞER Giriş "Soğuk" ise O HALDE Çıkış "Yangın Yok"
2. EĞER Giriş "Az sıcak" ise O HALDE Çıkış "Yangın İhtimali Var"
3. EĞER Giriş "Sıcak" ise O HALDE Çıkış "Yangın Var"

Yukarıda verilen kurallar tek girişli ve tek çıkışlı bir sistem için kullanılabilir. Çok girişli sistemlerde, kurallar oluşturulurken durumlar birbirleri ile "ve" ya da "veya" işlemi kullanılarak belirlenir. İki girişli ve tek çıkışlı bir sistemin kural tabanında kurallar aşağıdaki gibi olacaktır;

1. EĞER Giriş1 "Soğuk" VE Giriş2 "Az" ise O HALDE Çıkış "Yangın Yok"
2. EĞER Giriş1 "Soğuk" VE Giriş2 "Normal" ise O HALDE Çıkış "Yangın İhtimali"
3. EĞER Giriş1 "Soğuk" VE Giriş2 "Çok" ise O HALDE Çıkış "Yangın Var"
4. EĞER Giriş1 "Az Sıcak" VE Giriş2 "Az" ise O HALDE Çıkış "Yangın Yok"
5. EĞER Giriş1 "Az Sıcak" VE Giriş2 "Normal" ise O HALDE Çıkış "Yangın İhtimali"
6. EĞER Giriş1 "Az Sıcak" VE Giriş2 "Çok" ise O HALDE Çıkış "Yangın Var"
7. EĞER Giriş1 "Sıcak" VE Giriş2 "Az" ise O HALDE Çıkış "Yangın İhtimali"

8. EĞER Giriş1 “Sıcak” VE Giriş2 “Normal” ise O HALDE Çıkış “Yangın Var”
9. EĞER Giriş1 “Sıcak” VE Giriş2 “Çok” ise O HALDE Çıkış “Yangın Var”

Karar mekanizması

Bilgi tabanında tanımlanan bulanık kavram ve kurallar kullanılarak giriş değişkenlerinin durumuna göre uzmanların belirlediği kontrol verileri dilsel ifade olarak üretilir. Çıkışta dilsel değişkeni ve üyelik fonksiyonu belirlenmiş bulanık sayılar elde edilir. Çıkış değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarını bulmak için kullanılan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Mamdani’nin minimum ve maksimum, Larsen’in ürün işlemi (çarpım kuralı), Tagagi-Sugeno-Kang, Tsukamoto yöntemi en çok kullanılan çıkarım mekanizmalarıdır.

Bu yöntemler kullanılırken ilk olarak, dilsel çıkış değişkenlerinin üretilmesini sağlayan giriş değişkenlerine ait üyelik dereceleri isteğe bağlı olarak kullanılan yönteme göre işleme tabi tutulurlar. Daha sonra çıkış üyelik fonksiyonlarının etkinlik derecesi olan tek bir üyelik derecesi elde edilir.

Genelde etkinlik derecesini elde etmede literatürde minimum işlemi kullanılmıştır. Bu işlem üretilen her bir çıkış için tekrarlanır ve elde edilen bu etkinlik dereceleri yukarıda geçen metotlardan birinde kullanılarak çıkış dilsel değişkenleri ve üyelik fonksiyonları oluşturulur. Bu işlemler sonucu tek bir bulanık sayının elde edilmesi gerekmez ve genelde de birden fazladır. Bu BMD'nin en belirgin özelliğidir (Ömür, 2009).

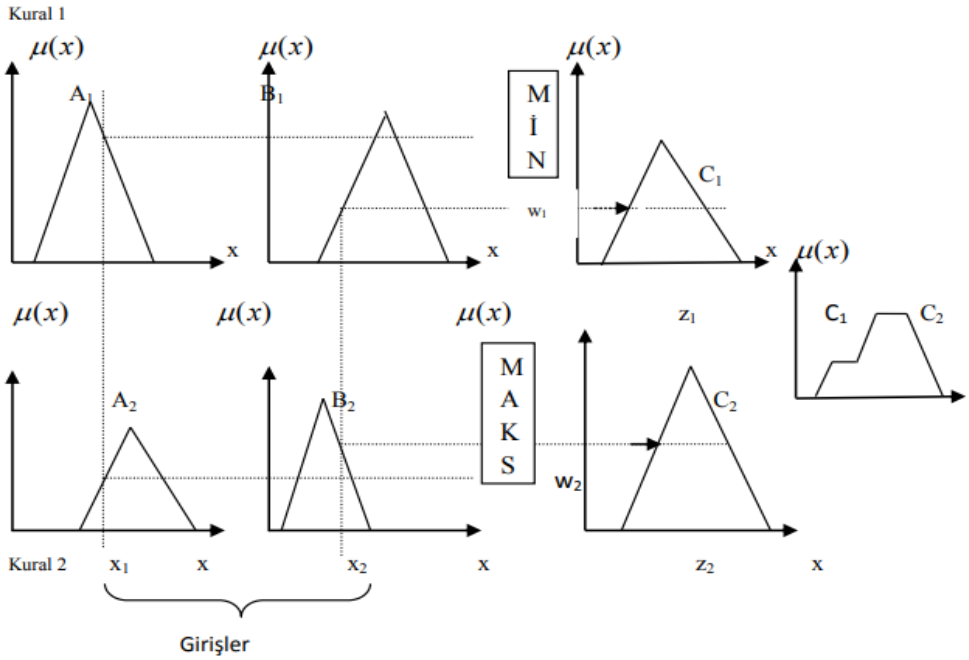
Mamdani çıkarım yöntemi: Lütfi A. Zadeh’in bulanık mantık ile ilgili görüşlerinin ilk uygulaması Mamdani tarafından 1974 yılında gerçekleştirilmiştir. Mamdani çıkarım yöntemi ilk defa bu uygulamada kullanılmıştır. Mamdani bu uygulamada bir buhar makinesinin işleyiş mekanizmasını modellemiş ve böylece bulanık mantığın kullanılabilirliği başarılı bir şekilde kanıtlanmıştır. Bu çalışmanın gerçekleşmesini takip eden süreçte bulanık mantık teknolojisi kullanılarak pek çok tüketici ürünü ve endüstri uygulamaları geliştirilmiştir. Batı toplumlarının klasik mantığa olan bağlılığından dolayı, önceleri bulanık mantık düşüncesi batı ülkelerinde kabul görmemiş, Japonya gibi doğu ülkelerinde daha fazla gelişme imkanı bulmuştur (Zilouchian ve ark., 2000).

Mamdani yönteminin kural yapısı,

Eğer $x_1=A_1$ ve $x_2=B_1$ ise o halde $z_1=C_1$ (4.8)

Eğer $x_1=A_2$ veya $x_2=B_2$ ise o halde $z_2=C_2$ (4.9)

şeklinde gösterilmektedir. Burada x_1 ve x_2 girdi değişkenlerini z ise çıktı değişkenini temsil etmektedir. A_1, B_1, A_2 ve B_2 üyelik fonksiyonları, C ise her kuralın sonucunda çıkan bulanık sonuç kümesidir. w_1 ve w_2 eşik değerleri "ve" ve " veya" bulanık işlemcilerine göre belirlenmektedir. Eğer " ve " işlemcisi kullanıyor ise bulanık kümelerde kesişim özelliği esasına göre eşik değeri üyelik derecesi en küçük olana eşit olmaktadır, eğer "veya" işlemcisi kullanılıyor ise eşik değeri bulanık kümelerde birleşim işlemi esasına göre en büyük üyelik derecesine eşit olmaktadır. Mamdani çıkarım yönteminde ilk kural "ve" işlemcisi kullanılarak belirlenmiştir ve w_1 eşik değeri bulanık kümelerin en küçük üyelik derecesine eşittir. İkinci kural ise "veya" işlemcisine göre belirlenmiştir ve w_2 eşik değeri en büyük üyelik derecesine eşit olmaktadır. Bu kuralların uygulanması sonucunda sonuç kümesi bulanık kümelerde birleşim işlemi esasına göre oluşturulmaktadır (Elmas, 2003; Ross, 2005; Görgülü, 2007). Mamdani yönteminin grafikle gösterimi Şekil 4.19'da verilmiştir.



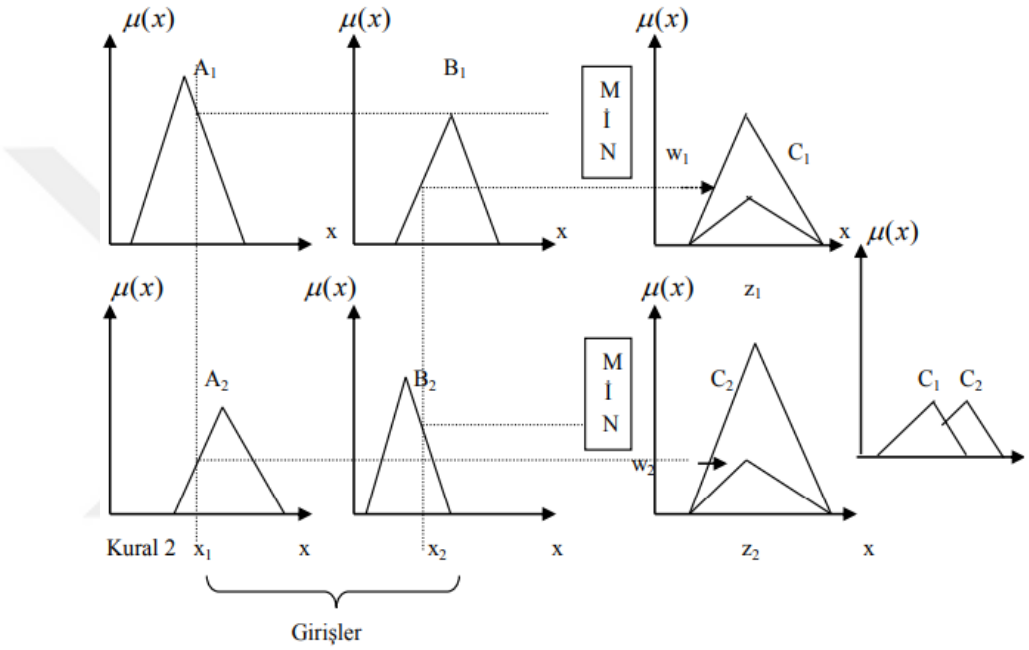
Şekil 4.19. Mamdani çıkarım yönteminin grafikle gösterimi (Baykal ve Beyan, 2004; Ross, 2005)

Larsen çıkarım yöntemi: Larsen çıkarım yöntemi çarpım işlemi ile çalışır. Kural yapısı,

Eğer $x_1=A_1$ ve $x_2=B_1$ ise o halde $z_1=C_1$ (4.10)

Eğer $x_1=A_2$ ve $x_2=B_2$ ise o halde $z_2=C_2$ (4.11)

şeklinde gösterilmektedir. x_1 ve x_2 girdi değişkenlerini, A ve B ifadeleri bulanık kümeleri ve C bulanık sonuç kümesini göstermektedir. Larsen yönteminin grafikle gösterimi Şekil 4.20'da gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Larsen çıkarım yönteminin grafikle gösterimi (Baykal ve Beyan, 2004; Görgülü, 2007)

Takagi-Sugeno-Kang (TSK) çıkarım yöntemi: Mamdani çıkarım yönteminde çıkış değişkenleri bulanık bir küme iken, Takagi-Sugeno-Kang yönteminde kesin bir değer veya doğrusal bir fonksiyon olabilir. Kural yapısı,

Eğer $x_1=A_1$ ve $x_2=B_1$ ise o halde $z_1=f(x_1,x_2)$ (4.12)

Eğer $x_1=A_2$ ve $x_2=B_2$ ise o halde $z_2=f(x_1,x_2)$ (4.13)

şeklindedir. A ve B ifadeleri bulanık kümelerdir. Son kısımda ise fonksiyon yer almaktadır. Girdi değişkenleri x_1 ve x_2, eşik değerleri w_1 ve w_2 olan bir sistemin çıktı değerleri,

$$z_1=f_1(x_1,x_2) \tag{4.14}$$

$$z_2= f_2(x_1,x_2) \tag{4.15}$$

şeklinde ifade edilir. Eşik değerleri ise,

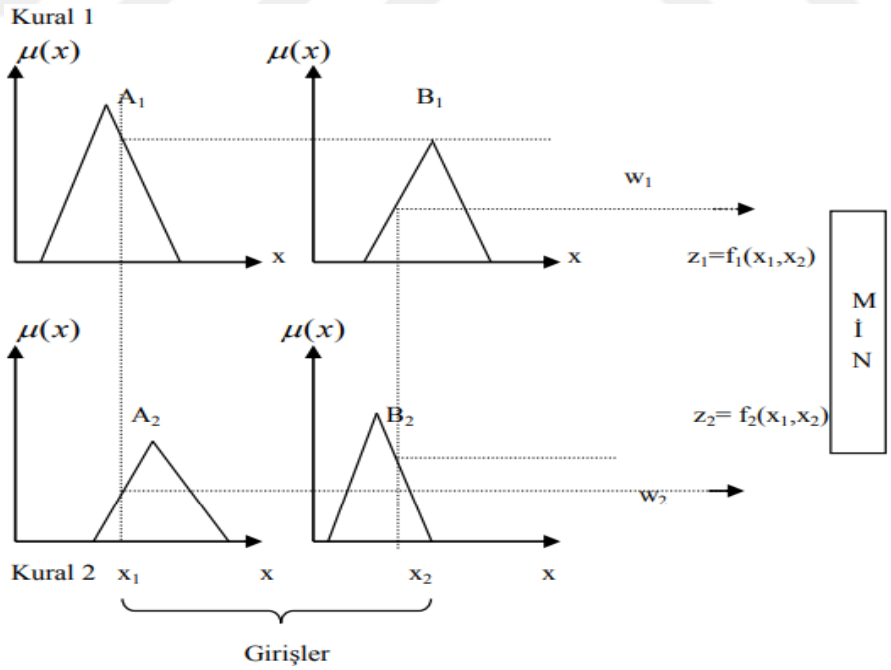
$$w_1 = \mu_{A_1}(x_1) \wedge \mu_{B_1}(x_2) \tag{4.16}$$

$$w_2 = \mu_{A_2}(x_1) \wedge \mu_{B_2}(x_2) \tag{4.17}$$

olarak gösterilir. Sonuç değeri ağırlıklı ortalama yöntemi formülü (4.18) ile hesaplanır.

$$\text{Sonuç değeri} = \frac{w_1.z_1+w_2.z_2}{z_1+z_2} \tag{4.18}$$

Elde edilen sonuç kesin bir değer olduğu için tekrar durulaştırmaya gerek yoktur. Bu yöntemin grafikle gösterimi Şekil 4.21'de görülmektedir.



Şekil 4.21. Tagaki-Sugeno-Kang çıkarım yönteminin grafikle gösterimi (Baykal ve Beyan, 2004; Ross, 2005)

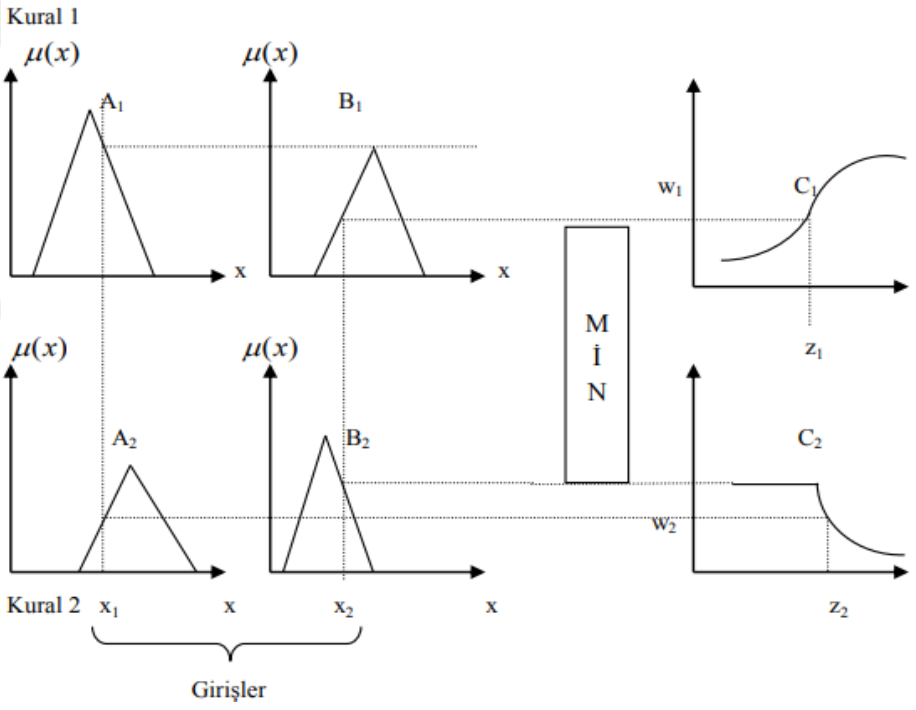
Tsukamoto çıkarım yöntemi: Bu yöntem TSK yönteminin biraz değiştirilmesi ile elde edilmiştir. TSK yönteminden farkı, her bulanık kuralın çıktı değeri ($Z_{1,2}$) eşik

değerinin sistem içerisinde tanımlanan bir monotonik üyelik fonksiyonunu kestiği noktadaki değerdir. Bu durumda bu yöntemde çıktı değeri monotonik üyelik fonksiyonu tarafından temsil edilen bir bulanık küme elemanı olur (Topaloğlu, 2018). Kural yapısı,

$$\text{Eğer } x_1=A_1 \text{ ve } x_2=B_1 \text{ ise o halde } z_1=C_1 \tag{4.19}$$

$$\text{Eğer } x_1=A_2 \text{ ve } x_2=B_2 \text{ ise o halde } z_2=C_2 \tag{4.20}$$

şeklinde ifade edilir. Kesin sonuç TSK yönteminde olduğu gibi ağırlıklı ortalama yöntemi ile hesaplandığı için sonuçları durulaştırmaya işlemine gerek yoktur. Grafiksel gösterimi Şekil 4.22'de verilmiştir.

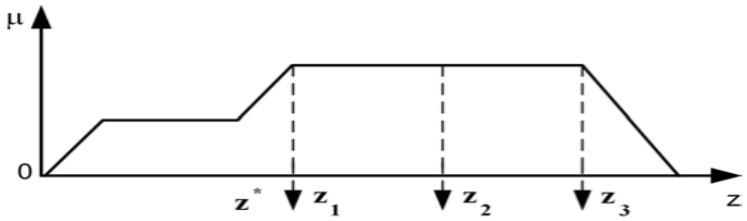


Şekil 4.22. Tsukamoto çıkarım yönteminin grafiksel gösterimi (Baykal ve Beyan, 2004; Ross, 2005)

Durulaştırma

Bu birim çıkarım biriminden bulanık değer olarak gelen bilgileri gerçek uygulamalarda kullanılabilecek kesin değerlere dönüştürme işlemini gerçekleştirir. Günümüzde kullanılan birçok durulaştırma yöntemi bulunmaktadır. Burada literatürde yaygın olarak kullanılan bazı yöntemler incelenmiştir.

Maksimum üyelik yöntemi: Bu yöntem en yüksek üyelik derecesi belirlenerek yapılır. Üyelik dereceleri belirlenen alan içerisinde ilk, orta ve son değeri alınarak tespit edilir. Tespit edilen değer ile durulaştırılmış kesin sonuç elde edilir. Maksimum üyelik durulaştırma yöntem grafiği Şekil 4.23'de verilmiştir.

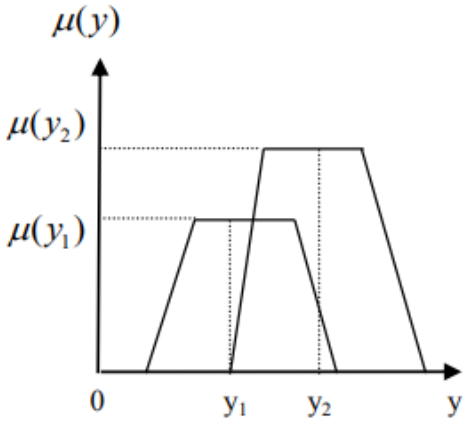


Şekil 4.23. Maksimum durulaştırma yöntemi (Karasakal, 2012)

Ağırlıklı ortalama yöntemi: Ağırlıklı ortalama yönteminin kullanılabilmesi için üyelik fonksiyonun simetriklik özelliğini taşıması gerekmektedir. Durulaştırma değeri,

$$y^* = \frac{y_1\mu(y_1)+y_2\mu(y_2)}{\mu(y_1)+\mu(y_2)} \tag{4.21}$$

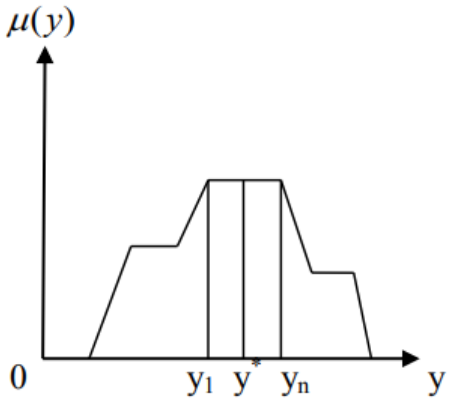
ile hesaplanmaktadır. Grafikle gösterimi Şekil 4.24'te yer almaktadır. Burada, y_1 ve y_2 değerleri üyelik fonksiyonlarının en büyük derecesini yani üyelik fonksiyonunun merkezini temsil etmektedir (Şen, 2001).



Şekil 4.24. Ağırlıklı ortalama yöntemi (Akkaptan, 2012)

Maksimumların ortalaması yöntemi: Bu yöntem ile maksimum üyelik derecesine sahip elemanların ortalaması alınarak kesin değer elde edilmektedir. Aynı en büyük üyelik derecesine sahip birden çok eleman olduğunda, maksimumların en büyüğü yöntemi yerine bu yöntemi tercih etmek daha uygundur. Bu yöntemin formülü (4.22)'de, grafiği Şekil 4.25'de görülmektedir.

$$y^* = \frac{y_1+y_2+\ldots+y_n}{n} \tag{4.22}$$

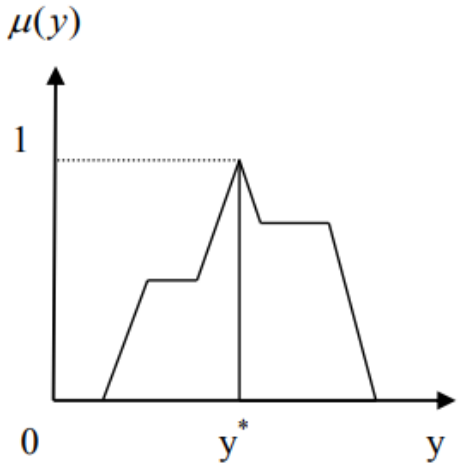


Şekil 4.25. Maksimumların ortalaması yöntemi (Akkaptan, 2012)

Ağırlık merkezi yöntemi: Ağırlık merkezi yönteminin diğer adı Centroid yöntemi olarak adlandırılmaktadır. En fazla kullanılan durulaştırma yöntemidir. Durulaştırma değeri,

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i \mu_c(y_i)}{\sum_{i=1}^{n} \mu_c(y_i)} \tag{4.23}$$

olarak ifade edilmektedir. Grafikle gösterimi Şekil 4.26'da verilmiştir (Elmas, 2003).



Şekil 4.26. Ağırlık merkezi yöntemi (Akkaptan, 2012)

5. BULANIK MANTIK KONTROLLÜ YANGIN HABER VERME SİSTEMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

5.1. Sistem Elemanları

Yangın haber verme sistemleri incelendiğinde konvensiyonel sistemler yerini daha gelişmiş sistemlere bıraktığını görmekteyiz. Bu sayede yangın yerinin tam tespiti daha iyi yapılmakla birlikte, yanlış alarm oranlarının da azaldığı görülmektedir. Bu nedenle bu çalışmada akıllı adreslenebilir, çoklu algılayıcılı ve algoritma tabanlı bir sistem tasarlanmıştır. Sistem kontrolü için bir mikrodenetleyici kullanılmıştır. Mikrodenetleyici kullanılarak alt seviye programlarma dili sayesinde daha kararlı program geliştirme sağlanmıştır. Ayrıca bu devre kartında tasarım özgürlüğü de sağlamıştır.

Literatür çalışmaları, yanma ve yangın olguları incelendiğinde yangın ikaz veya haber verme sistemlerinde daha çok duman, sıcaklık ve alev sensörleri yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu sensörler yangın ürünleri göz önüne alınarak seçilmektedir. Fakat bir yangının meydana geldiği ortamda nem değerleri de kayda değer biçimde değişmektedir. Bununla ilgili olarak Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün yaptığı araştırmalara göre nemin yangının yayılma hızı üzerindeki etkisi % 0-15 çok hızlı , % 16-25 hızlı, % 26-40 orta, % 40 ve üstü ise yavaş olmaktadır (MGM). Bu nedenle sistemimizde alev, duman, sıcaklık ve nem sensörü kullanılmıştır.

Son zamanlarda giderek yaygınlaşan nesnelerin interneti teknolojisi, artık insanlara internet vasıtasıyla birçok cihazı uzaktan kullanma ve kontrol etme olanağı vermektedir. Sürücüsüz arabalar, akıllı ev sistemleri, yoğunluğuna göre trafik akışını belirleyip haber veren sistemler bunların bazı örnekleridir. Şöyle ki yakın gelecekte hayatımızda bulunan birçok cihaza internetle bağlanıp, yapay zeka teknikleri sayesinde daha rahat yaşam imkanlarına sahip olacağız. Bu amaçla sisteme eklenmiş olan WiFi modülü ile sistem üzerindeki duman, alev, sıcaklık ve nem değerleri okunabilmektedir. Ayrıca bu sensörlerin değerleri cep telefonuna yüklenen bir uygulama ile internetten üzerinden takip edilebilmektedir.

Geleneksel yangın ikaz ve haber verme sistemlerinde genellikle siren ve uyarı lambaları kullanılmaktadır. Fakat bunlar yangın yerinin tam tespitini yapamadıkları ve eğer yangın yerinde kimse yoksa fark edilmeleri zor olacağı için risk faktörünü

artırmaktadırlar. Bu nedenle sisteme algılayıcıların bulunduğu tam yerin adresini kısa mesajla göndermek amacıyla GSM modülü eklenmiştir. Ayrıca devre üzerinde yangın durumunu takip edebilmek için ikaz ledleri bulunmaktadır.

Aşağıda sistemde kullanılan materyaller ve özellikleri ayrıntılı tanıtılmıştır.

PIC18F45K20 mikrodenetleyici

Bulanık mantık kullanarak sistemin giriş ve çıkış elemanlarını kontrol etmek için Microchip firmasının üretimi olan PIC18F45K20 mikrodenetleyici kullanılmıştır. Bu mikrodenetleyici işlemci hızı, bellek boyutu, çalışma gerilim ve akımı, analog-dijital dönüştürücü özelliği, dijital iletişim çevre birimleri, pin sayısı vb. özellikleri ile sistem gereksinimlerini karşılamaktadır. Mikrodenetleyici Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. PIC16F45K20 Mikrodenetleyici (Microchip, 2019)

Özellikler:

- Program Bellek Tipi — Flash
- Program Bellek Boyutu — 32 KB
- İşlemci Hızı (MIPS/DMIPS) — 16
- SRAM (bayt) — 1,536
- Veri Bellek Boyutu (bayt) — 256
- Dijital İletişim Çevre Birimleri — 1-UART, 1-SPI, 1-I2C1-MSSP(SPI/I2C)
- Zamanlayıcılar — 1 x 8-bit, 3 x 16-bit
- ADC Giriş — 13 kanal, 10-bit
- Karşılaştırıcı Sayısı — 2
- Çalışma Sıcaklık Aralığı (^{o}C) — -40 to 125
- Çalışma Gerilim Aralığı (V) — 1.8 to 3.6
- Pin Sayısı — 40

Duman sensörü MQ2 (FC-22)

Duman sensörü üzerinde bulunan elektrokimyasal özelliği sayesinde algıladığı gazlara göre direnci değişebilen bir sensördür. Kapalı ortamlar ve oda sıcaklığında kullanım için uygundur. Ev ve endüstriyel alanlarda gaz kaçakları tespitinde kullanılmaktadır. Gaz algıladığında çıkışta analog bir sinyal üretir. Bu çalışmada kullanılan sensör Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2. MQ2 FC-22 gaz sensörü (Limited, 2019)

Özellikler:

- Çalışma Gerilimi + 5V
- Analog Çıkış Voltajı 0V – 5V
- Dijital Çıkış Voltajı 0V veya 5V (TTL Lojik)
- Ön Isıtma Süresi 20 saniye
- Konsantrasyon 300 – 10000 ppm
- Çalışma Sıcaklık Aralığı (^{o}C) -20 to 50
- Dijital veya analog sensör olarak kullanılabilir.
- Dijital pimin hassasiyeti potansiyometre kullanılarak değiştirilebilir.
- LPG, Alkol, Propan, Hidrojen, CO ve hatta metan ölçümü veya tespiti için kulla nılabilir.

Alev sensörü (Me flame sensor V1)

Me alev sensörü 760 nm ile 1100 nm aralığında dalga boyuna sahip yangın kaynağı veya ışık kaynağını tespit etmek için kullanılabilir. Algılama açısı 60 dereceye

kadardır ve algılama doğruluğu ayarlanabilir. Alev algılandığında mavi göstergesi yanmaktadır. Yangın algılama projelerinde kullanıma uygundur. Bu çalışmada kullanılan Me alev sensörü Şekil 5.3'de verilmiştir.



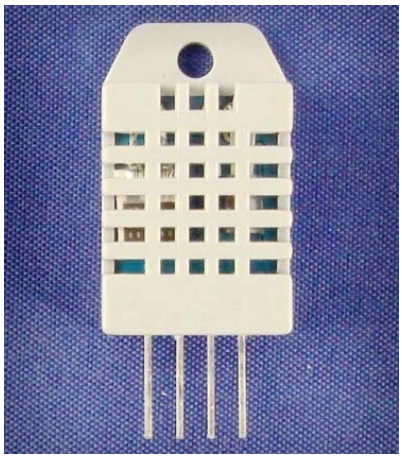
Şekil 5.3. Me alev sensörü (Amazon, 2019)

Özellikler:

- Çalışma Gerilimi + 5V
- Spektrum Bandı 840 – 1200 nm
- Algılama Açısı 60 derece
- Geri Bildirim Süresi 15 µs
- Kontrol Modu Dijital ve analog port
- Çalışma Sıcaklık Aralığı (^{o}C) -25 to 80
- Modül Boyutları 51 x 24 x 18 mm (L x W x H)

Sıcaklık ve nem sensörü (AOSON DHT22)

DHT22 sensöründe sıcaklık ve nem değerleri yüksek hassasiyetle kalibre edilmiştir. Kalibrasyon katsayısı hafızasında kayıtlı olduğu için yüksek güvenirlilik ve kararlılığa sahiptir. Ayrıca küçük boyut, düşük güç tüketimi ve uzun iletim mesafesi (20m) ile zorlu durumlara karşı kullanıma uygundur. Bu çalışmada kullanılan sıcaklık ve nem sensörü Şekil 5.4'de görülmektedir.



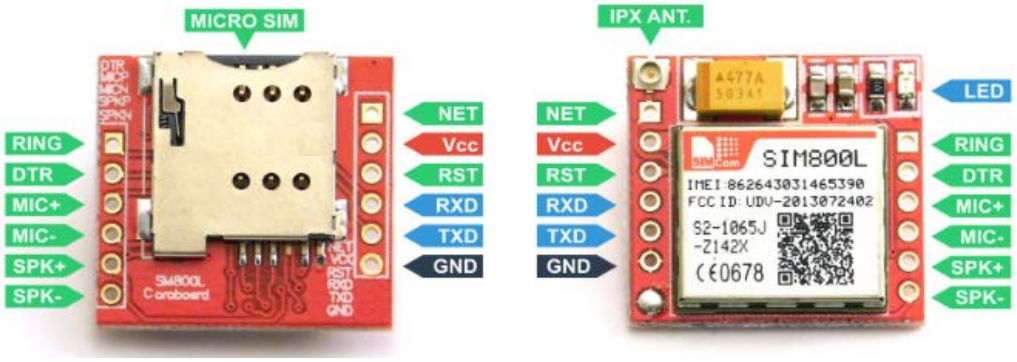
Şekil 5.4. Nem ve sıcaklık sensör modülü DHT22 (AosongElectronics, 2019)

Özellikler:

➢ Çalışma Gerilimi	3.3 – 6V
➢ Çıkış Sinyali	Tek very yolundan dijital sinyal
➢ Algılama Elemanı	Polimer kapasitör
➢ Nem Çalışma Aralığı (Bağıl Nem)	% 0 – 100
➢ Çalışma Sıcaklık Aralığı (^{o}C)	-40 to 80
➢ Nem Doğruluk Hassasiyeti	+- %2 (Max %5) Bağıl Nem
➢ Sıcaklık Doğruluk Hassasiyeti	< +/- 1°C
➢ Çözünürlük Nemi	% 0.1 (Bağıl Nem)
➢ Çözünürlük Sıcaklık (^{o}C)	0.1
➢ Nem Histerizesi	+- % 0.3 (Bağıl Nem)
➢ Algılama Süresi Ortalama	2 saniye
➢ Uzun Süreli Stabilite	+- % 5 yıllık (Bağıl Nem)

***GSM modülü (SIM 800L*)**

Sistem yangın durumunu SMS olarak göndermek için GPRS, SMS gönderme ve alma, sesli arama yapma ve alma olanağı sağlayan SIM 800L minyatür hücresel modülü seçilmiştir. Bu modül güç modülüne bağlandıktan sonra hücresel ağı arar ve otomatik olarak oturum açar. Üzerinde bulunan dahili LED şebeke kapsam alanı yoksa hızlı yanıp sönmektedir. Oturum açıldığında ise yavaş yanıp söner. Kullanılan modül ve pin çıkışları Şekil 5.5'de görülmektedir.



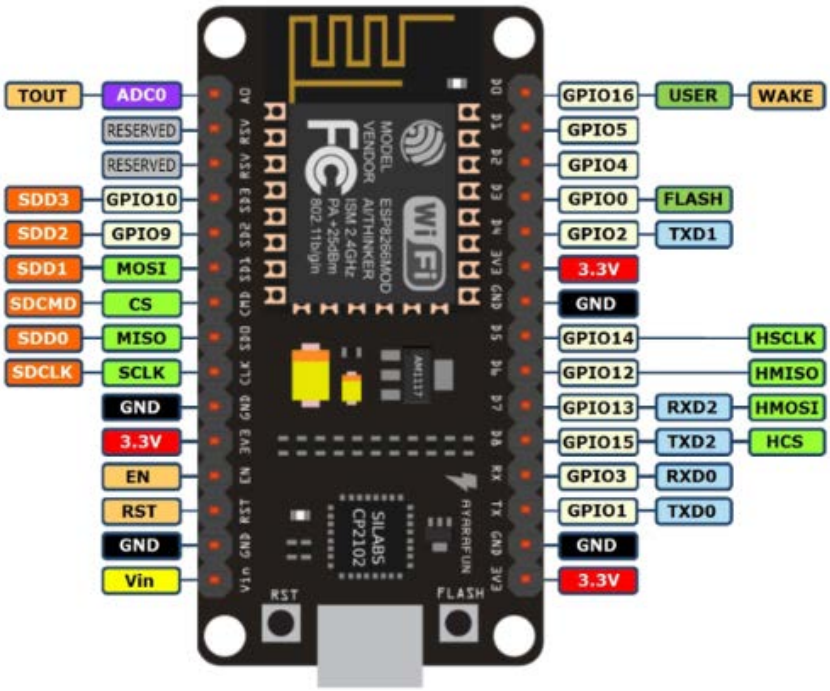
Şekil 5.5. SIM 800L GSM modülü ve pin çıkışları (Nettigo, 2019)

Özellikler:

- Çalışma Gerilimi 3.8 – 4.2V
- Güç Tüketimi <2.0 mA (uyku modu), <7.0 mA (bekleme modu), GSM iletimi ortalama: 350 mA
- Arayüz UART (max 2.8V) ve AT komutları
- SIM Kart Soketi MicroSIM (alt taraf)
- Desteklenen Frekanslar Dörtlü Bant (850/950/1800/1900 MHz)
- Anten Bağlantısı IPX
- Durum Sinyal Göstergesi LED
- Çözünürlük Nemi % 0.1 (Bağıl Nem)
- Çalışma Sıcaklık Aralığı (^{o}C) -40 to +85

WiFi modülü (NodeMCU ESP8266)

NodeMCU, yaygın olarak kullanılan ESP8266 WiFi modülü ile birlikte açık kaynaklı bir geliştirme kartıdır. Bu kart ile ESP8266 WiFi modülü Lua veya Arduino C programlama dili kullanılarak kodlanabilmektedir. Programladıktan sonra WiFi bağlantısı kurarak giriş çıkış pinleri istenilen şekilde tanımlanabilmektedir. Veri almak veya yüklemek için internete bağlanmaktadır. Bu sayede gerçek bir Internet of Things (Nesnelerin İnterneti) aracı olarak kullanılabilmektedir. Şekil 5.6'da kullanılan WiFi modülü ve pin çıkışları verilmiştir.



Şekil 5.6. Nodemcu ESP8266 WiFi modülü pin çıkışları (Einstronic, 2017)

Özellikler:

➢ Çalışma Gerilimi	3.3V (USB destekli çalıştırılabilir)
➢ Protokol	802.11b/g/n
➢ Anten	PCB (ESP-12E çipinde yerleşik)
➢ SIM Kart Soketi	MicroSIM (alt taraf)
➢ Desteklenen Frekanslar	Dörtlü Bant (850/950/1800/1900 MHz)
➢ Anten Bağlantısı	IPX
➢ Desteklediği Pin'ler	PWM, I2C, SPI, UART, 1 kablolu, 1 analog
➢ İletişim Arayüz Modülü	CP2102 USB Seri İletişim

Yangın test kabini ve diğer elemanlar

Ev ya da ofis gibi bir ortamda kullanılabilecek sistemi daha gerçekçi koşullarda test edebilmek için bir yangın test kabini tasarlanmıştır. Kabin boyutu 60*60*80 cm'dir. Kabinin yapımında 1 mm'lik paslanmaz saç kullanılmıştır. Kabinin ön kısmına yakılacak malzemeler için bir çekmece kısmı tasarlanmıştır. Kapalı ortamda yanma denemesi yapabilmek için bir kapısı bulunmaktadır. Kabini rahat kullanabilmek için

gerekli kaynak, boya, bağlantı ve delme işlemlerinden sonra kabin hazır hale gelmiştir. Kabin Şekil 5.7'de görülmektedir.



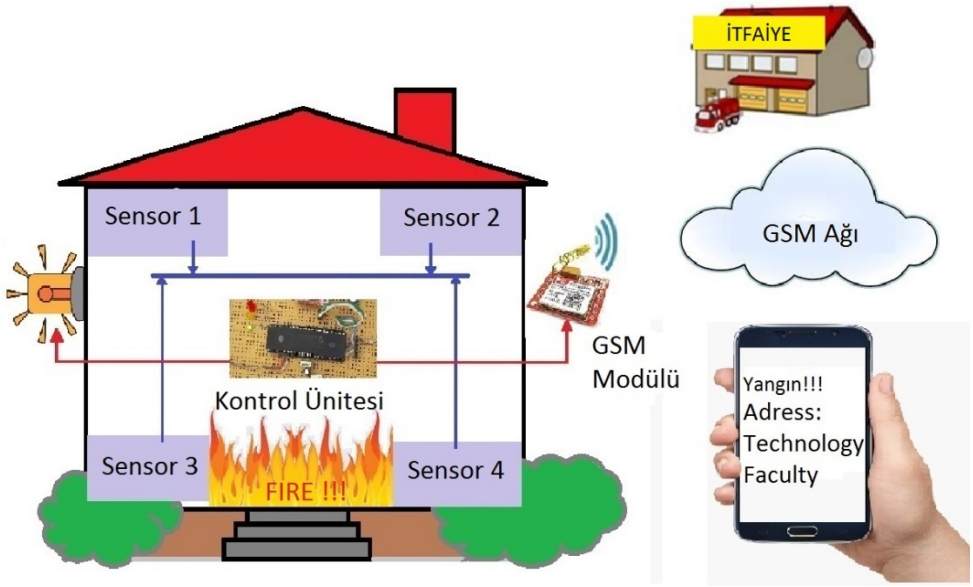
Şekil 5.7. Yangın test kabini

Ana materyallere ek olarak sistemde devre için gerekli bazı devre elemanları, bu elemanları yerleştirmek için delikli plaketler, elektronik cihaz kutusu ve sistemi çalıştırabilmek için şarj aleti (5V min. 2A) bulunmaktadır.

5.2. Gerçekleştirme Aşamaları

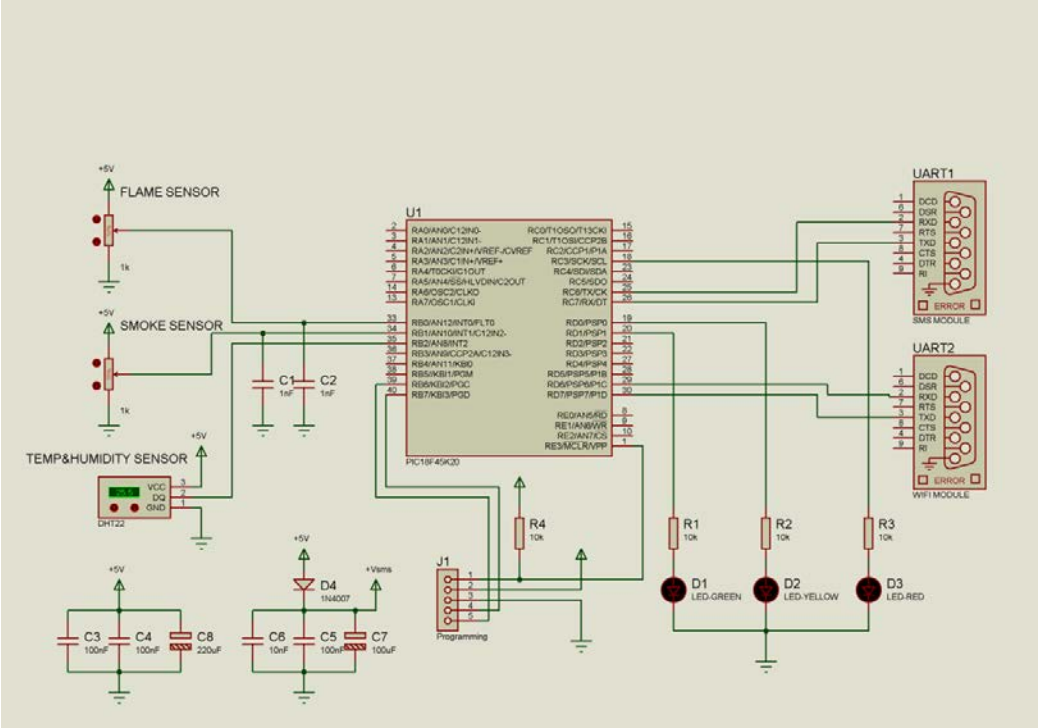
5.2.1. Sistem devre tasarımı ve akış diyagramı

Öncelikle bir ev ya da ofis gibi kapalı alana kurulduğunda sistemin itfaiye gibi istenilen bir numaraya SMS gönderecek şekilde genel yapısı belirlenmiştir. Sistemin genel yapısı Şekil 5.8'de verilmiştir.



Şekil 5.8. Sisteme genel bakış

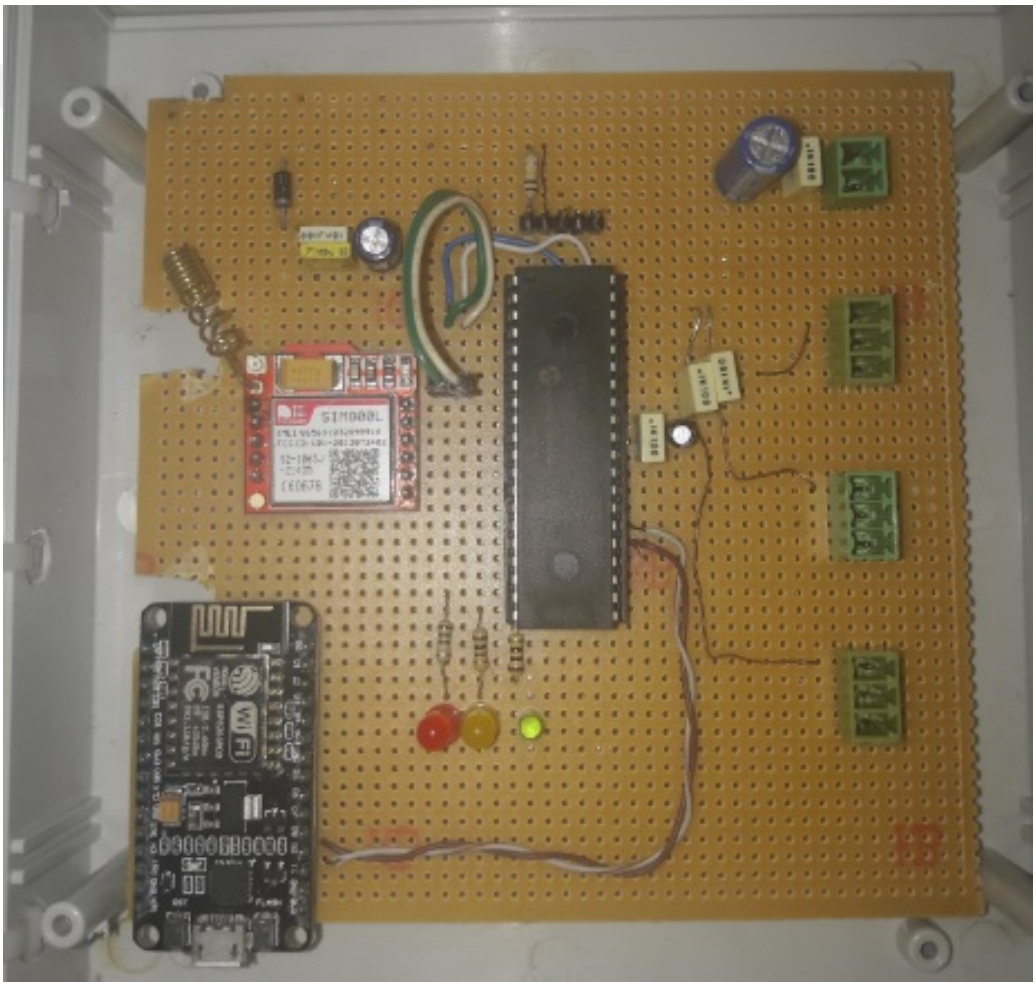
Sistemde kullanılacak materyaller belirlendikten sonra sanal ortamda test edebilmek için Proteus programı kullanılarak devre tasarımı yapılmıştır. Şekil 5.9'da devre tasarımının Proteus görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.9. Sistem Proteus similasyon devre şeması

Sistemde alev, duman, sıcaklık ve nem sensörleri giriş elemanlarıdır. Alev ve duman sensör bilgileri analog olarak okunup dijitale çevrilmektedir. Bu değerler

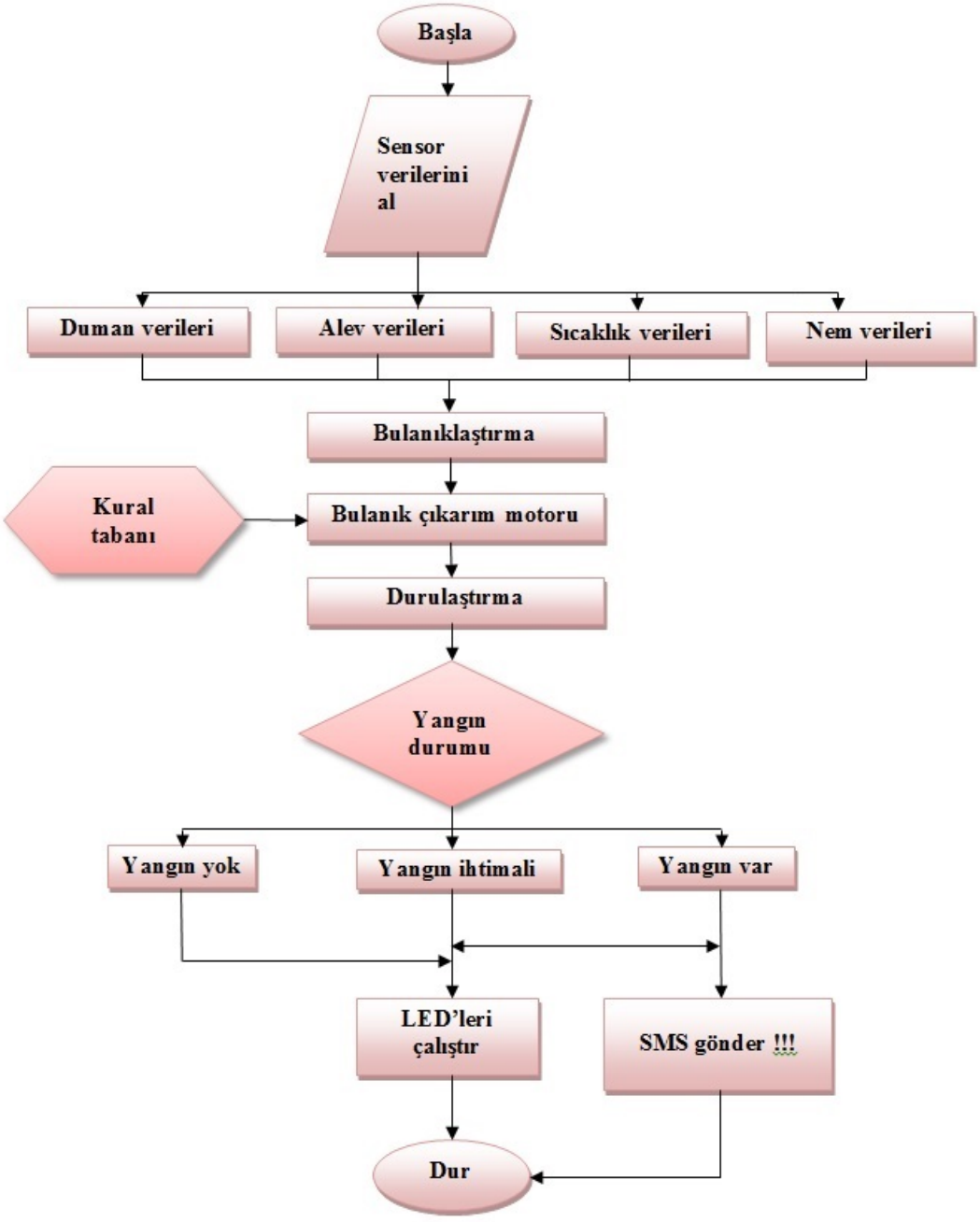
sensörlerden gelen analog voltaj değerinin dijital eşdeğeri olarak kullanılmaktadır. Sıcaklık ve nem sensöründen gelen bilgi ise dijital olarak okunmaktadır. Mikrodenetleyiciyi rahat programlamak için devreye programlama pinleri ayrılmıştır. SMS ve WiFi modüllerinde veri iletişimi için evrensel alıcı/verici pinleri kullanılmıştır. Kırmızı, sarı ve yeşil LED'ler yangın durumu ikaz göstergeleridir. Bunların dışında devrede bulunan modül, sensör ve işlemcinin elektromanyetik gürültülerden etkilenmesini engellemek için filtre kondansatörleri eklenmiştir. Ayrıca bazı gerekli elektronik devre elemanları bulunmaktadır. Tüm komponentleri takıldıktan sonra devrenin son hali Şekil 5.10'da görülmektedir.



Şekil 5.10. Sistem devresi

Genel hatlarıyla bir bulanık denetleyicisi giriş, bulanıklaştırma, bilgi tabanı ile çalışan karar mekanizması, durulaştırma ve çıkış sonucundan oluşmaktadır. Bu sistemde bu bulanık mantık denetleyici mantığına göre tasarlanmıştır. Bu yüzden sistemi daha iyi

bir yapıya oturtmak ve gerçekleştirebilmek amacıyla sistem akış diyagramı oluşturulmuştur. Sistem akış diyagramı Şekil 5.11'de verilmiştir.



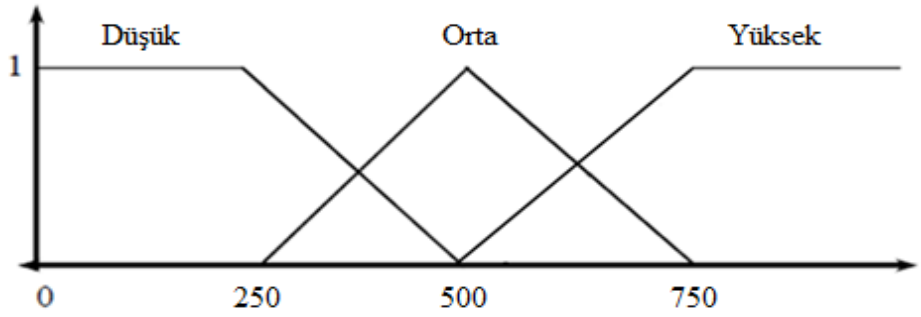
Şekil 5.11. Sistem akış diyagramı

5.2.2. Bulanık mantığın sisteme uyarlanması

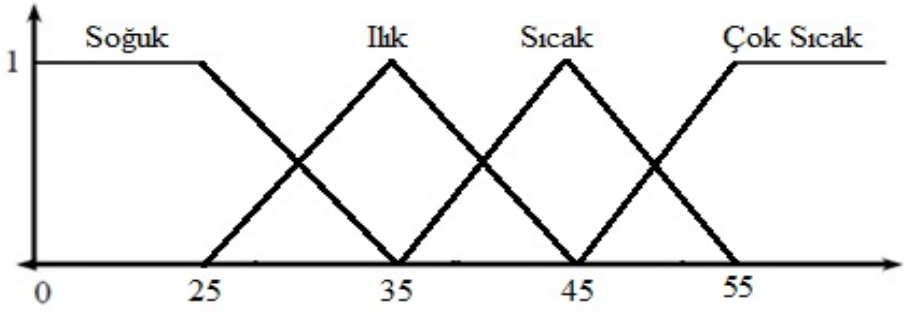
İlk olarak sistemimizde bulunan sıcaklık, alev, duman ve nem sensörlerinden gelen bilgileri mikrodenetleyici ile okuyup bulanıklaştırma işlemi yapılır. Okunan bilgileri

bulanıklaştırıp üyelik derecesine dönüştürmek için bulanık üyelik kümeleri belirlenir. Bulanık üyelik kümeleri ayrı ayrı her sensör ve yangın durumu için tanımlanmıştır. Tasarımcı bulanık üyelik küme değerlerini belirlemekte özgürdür. Fakat genelde bu işlem literatür taramaları ya da uzman kişilerin deneyimleri göz önüne alınarak yapılmaktadır.

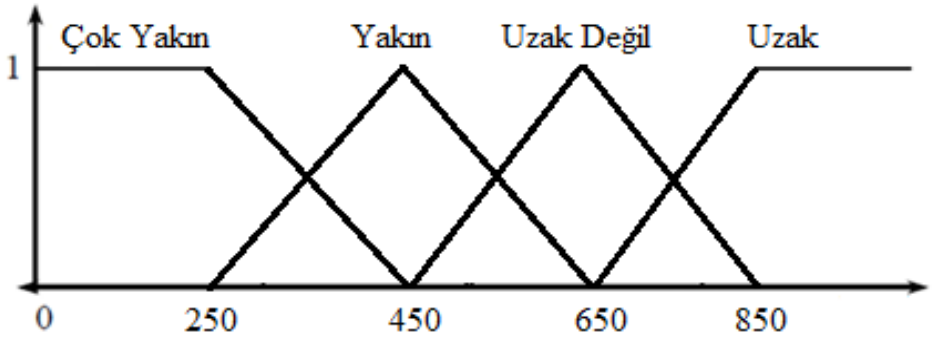
Sistem için gerekli bulanık üyelik kümelerinde üçgen ve yamuk üyelik fonksiyon grafiği tercih edilmiştir. Grafik değer ve değer aralıkları ön denemeler yapılarak belirlenmiştir. Duman, sıcaklık, alev, nem ve yangın durumu bulanık üyelik kümeleri sırasıyla Şekil 5.12, 5.13, 5.14, 5.15 ve 5.16'da verilmiştir.



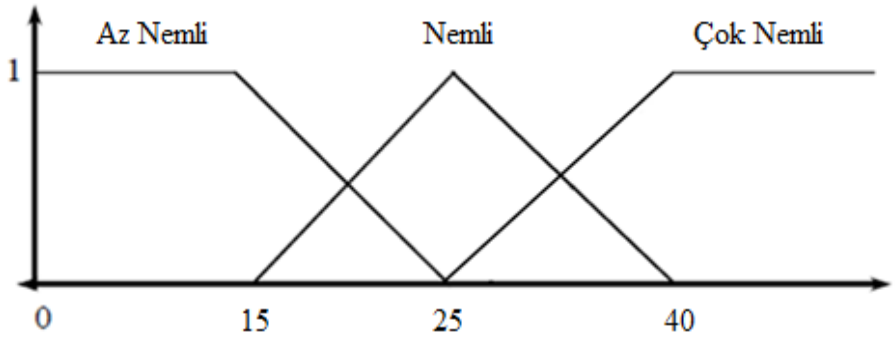
Şekil 5.12. Duman yoğunluğu bulanık üyelik kümesi



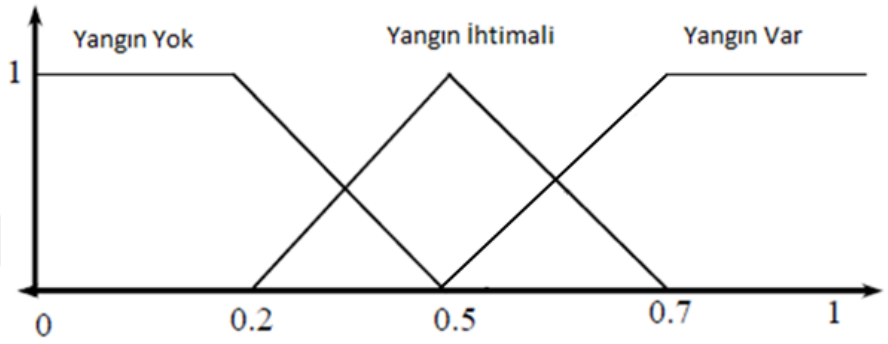
Şekil 5.13. Ortam sıcaklığı bulanık üyelik kümesi



Şekil 5.14. Alev yoğunluğu bulanık üyelik kümesi



Şekil 5.15. Nem oranı bulanık üyelik kümesi



Şekil 5.16. Yangın durumu bulanık üyelik kümesi

Sensörlerden gelen bilgiler üyelik fonksiyonu formülleri ile hesaplanarak bulanık değerlere dönüştürülür. Bu değer ölçülen sensör değerinin üyelik derecesidir. Üyelik dereceleri hesaplanan değerlerin bulanık karar tablosunda karşılaştırılıp yangın durumu bulanık değerinin bulunması gerekmektedir. Yangın durumu bulanık değerini bulmak için Mamdani'nin minimum çıkarım mekanizması kullanılmıştır.

Bulanık mantığın insan doğasına yakınlığını sağlayan en önemli unsurlarından biri dilsel değişkenler kullanılmasıdır. Bu değişkenler üyelik kümeleri, karar tablosu ve sonuç durumunu tanımlanması gibi işlemlerde kullanılır. Bu sistemde de tasarımın yapısına uygun ifadeler belirten dilsel değişkenler kullanılmıştır. Dilsel değişkenler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Bulanık çıkarım yapılmadan önce bulanık kural tablosu kullanılarak yangın durumu bulanık değerleri elde edilir. Bu tablolar literatür tarama verileri ile bazı yapay yangın testleri kullanılarak hazırlanmıştır. Sistemde 4 sensör bulanık üyelik kümelerinde ki her farklı durum gözetilerek 3*4*4*3=144 kural kullanılmıştır. Kural tablosuna ait bazı örnekler Çizelge 5.2'de verilmiştir. Kural tablosunun tamamı EK-1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Dilsel değişkenler ve kısaltmaları

AÇIKLAMASI	KISALTMASI
Yangın Yok	YY
Yangın İhtimali	Yİ
Yangın Var	YV
Duman Düşük	DD
Duman Orta	DO
Duman Yüksek	DY
Nem Az	NA
Nemli	N
Nem Çok	NÇ
Alev Çok Yakın	AÇY
Alev Yakın	AY
Alev Uzak Değil	AUD
Alev Uzak	AU
Sıcaklık Soğuk	SSO
Sıcaklık Ilık	SI
Sıcaklık Sıcak	SSI
Sıcaklık Çok Sıcak	SÇS

Çizelge 5.2. Bazı kural tablosu örnekleri

Alev Yoğunluğu	Sıcaklık	Duman Yoğunluğu	Nem	Yangın Durumu
AU	SSO	DD	NÇ	YY
AU	SI	DD	NÇ	YY
AU	SSI	DD	NÇ	Yİ
AU	SÇS	DD	NÇ	Yİ

Alev Yoğunluğu	Sıcaklık	Duman Yoğunluğu	Nem	Yangın Durumu
AUD	SSO	DO	NÇ	Yİ
AUD	SI	DO	NÇ	Yİ
AUD	SSI	DO	NÇ	Yİ
AUD	SÇS	DO	NÇ	YV

Alev Yoğunluğu	Sıcaklık	Duman Yoğunluğu	Nem	Yangın Durumu
AY	SSO	DO	N	Yİ
AY	SI	DO	N	YV
AY	SSI	DO	N	YV
AY	SÇS	DO	N	YV

.
.
.
.
.

Alev Yoğunluğu	Sıcaklık	Duman Yoğunluğu	Nem	Yangın Durumu
AU	SSO	DD	NA	Yİ
AU	SI	DD	NA	Yİ
AU	SSI	DD	NA	Yİ
AU	SÇS	DD	NA	YV

Alev Yoğunluğu	Sıcaklık	Duman Yoğunluğu	Nem	Yangın Durumu
AY	SSO	DO	NA	YV
AY	SI	DO	NA	YV
AY	SSI	DO	NA	YV
AY	SÇS	DO	NA	YV

Alev Yoğunluğu	Sıcaklık	Duman Yoğunluğu	Nem	Yangın Durumu
AU	SSO	DY	NA	Yİ
AU	SI	DY	NA	YV
AU	SSI	DY	NA	YV
AU	SÇS	DY	NA	YV

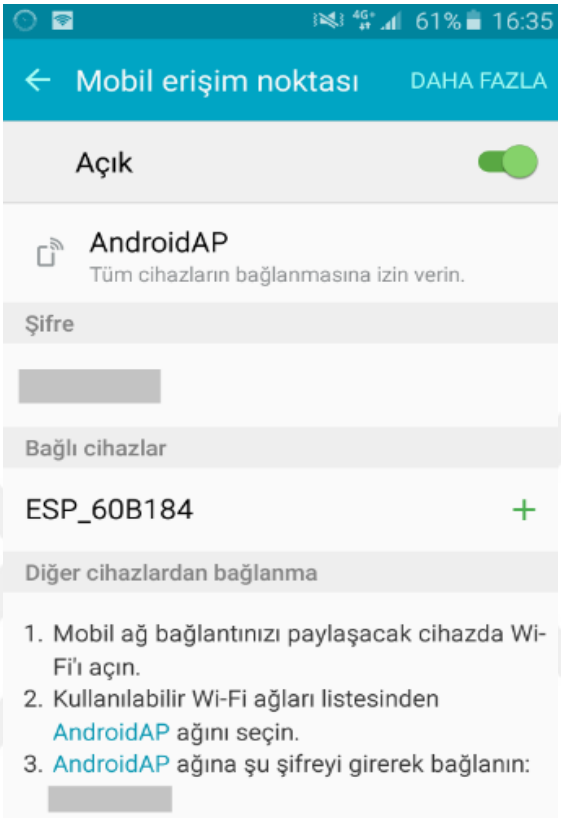
Kural tablosuna göre ortaya çıkan yangın durumu bulanık değerleri, Mamdani'nin minimum çıkarım mekanizması kullanılarak son bulanık değerler olarak elde edilir. Yangın durumu bulanık üyelik kümesinde sahip oldukları üyelik derecesine göre elde edilen bu değerlerin sistem çıkışı olarak kullanılabilmesi için durulaştırma işleminden geçmeleri gerekmektedir. Bu nedenle bu değerler yaygın olarak kullanılan Centroid Metodu kullanılarak durulaştırma işlemi yapılmış ve çıkış durumu hesaplanmıştır. Daha sonra çıkış durumu sistem tarafından SMS olarak gönderilmektedir.

Tüm bu işlemleri gerçekleştiren mikrodenetleyici C programlama dili ile programlanmıştır. Derleyici olarak CCS C kullanılmıştır. Program kodları EK-2'de verilmiştir.

5.2.3. WiFi modülü ile sensör değerlerinin internetten izlenmesi

Sisteme sensör değerlerini uzaktan takip edebilmek için internet modülü eklenmiştir. Bunun için kullanılan NodeMCU ESP8266 modülü ARDUINO C kullanılarak programlanmıştır. Program kodları EK-3'de verilmiştir. Sistem çalıştırıldığında önceden tanımlanmış bir Wi-Fi internet ağına otomatik olarak bağlanır. Daha sonra elde edilen anlık sensör değerleri MQTT Dash uygulaması vasıtasıyla akıllı

telefon ile takip edilebilmektedir. Programın akıllı telefon ağına bağlanması Şekil 5.17'de, MQTT Dash uygulaması ile sensör değerlerinin izlenmesi Şekil 5.18'de verilmiştir.



Şekil 5.17. WiFi modülünün akıllı telefon ağına bağlanması

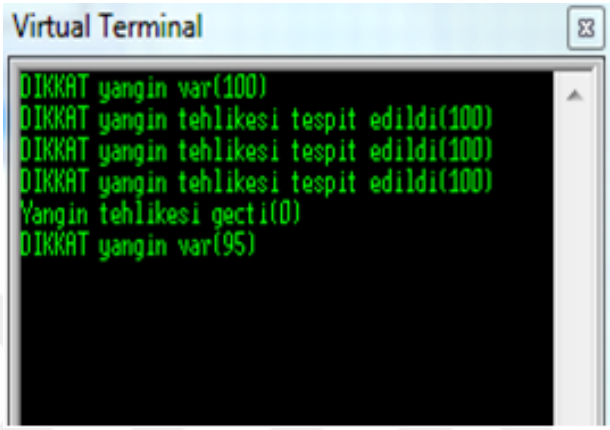


Şekil 5.18. MQTT Dash uygulaması ile sensör değerlerinin izlenmesi

MQTT Dash uygulamasında okunan bu değerler sıcaklık ve nem için gerçek değerleridir. Duman ve alev sensörlerinde ise analogtan dijitale dönüştürülen eşdeğeridir. Ayrıca alev sensörünün özelliğinden dolayı alev yaklaştıkça değeri düşmektedir.

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

İlk olarak Proteus programında tasarlanan devrenin simülasyon testleri gerçekleştirildi. Bu testler yangın durumu ve sensörleri bulanık üyelik küme değerlerinin belirlenmesine önemli katkı sağlamıştır. Şekil 6.1'de Proteus sanal terminal test görüntüsü veilmiştir.



Şekil 6.1. Proteus sanal terminal test görüntüsü

Devresi hazırlanıp gerekli bağlantıları yapılan sistemin BMD çıkış değer testleri yapılmıştır. Testlerde giriş bulanık üyelik küme değerlerine göre sistemin uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Çizelge 6.1'de BMD yangın durumu test sonuçları verilmiştir. Duman ve alev sensörlerinden gelen analog veriler dijitale dönüştürülür. Bu değerler, sensörden çıkan analog voltaj değerlerinin dijital eşdeğeridir.

Çizelge 6.1. Bulanık mantık denetleyicisi yangın durumu testi

Duman (ADC)	Alev (ADC)	Sıcaklık (^oC)	Nem (g/m^3)	μ(Yangın yok)	μ(Yangın ihtimali)	μ(Yangın var)
240	450	35	45	0	0.7	0.3
240	450	45	45	0	0	1
50	50	20	30	0.73	0.26	0
450	449	34	78	0.36	0.63	0
520	440	34	70	0	0.15	0.85
530	440	34	70	0	0	1

Sistemin yangın test kabini bağlantıları yapıldıktan sonra gerçek yangın denemeleri gerçekleştirilmiştir. Sistem bağlantıları Şekil 6.2 ve 6.3'de, yangın deneme görüntüleri Şekil 6.4'de verilmiştir.



Şekil 6.2. Yangın haber verme sisteminin test kabinine bağlanması



Şekil 6.3. Yangın test kabini sensör bağlantıları



Şekil 6.4. Yangın test kabini denemeleri

Sistemin performansını daha iyi test edebilmek için değişik materyaller kullanılarak yangın testleri gerçekleştirilmiştir. Testlerde yakılan materyalin türüne göre yanma hızına bağlı değişiklikler gözlemlendi. Zaman zaman alev sensörünün uzakta kalan alevleri algılayamadığı için mesaj göndermede gecikmeler meydana geldi. Fakat yangın ihtimali mesajı ortalama 20-30 sn gibi çok kısa sürelerde elde edildi. Test sonuçları ile ilgili bazı veriler Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Yangın testleri sonuçları

Test öncesi ölçülen sıcaklık(^{o}C)	Test öncesi ölçülen nem	Yakılan materyal	Mesaj gönderme süresi (Yangın Var!)
23	% 54	Gazete	23.28 sn
25	% 68	Ambalaj kağıdı	19.62 sn
20	% 69	Strafor köpük	28.64 sn
23	% 48	Siyah kauçuk	36. 41 sn
24	% 58	Yumurta kolisi	25.43 sn

Değişik materyallere göre yapılan testlerin görüntüleri Şekil 6.5'de verilmiştir.



Şekil 6.5. Yangın testi için kullanılan malzemeler a) ambalaj kağıdı, b) siyah kauçuk parçaları, c) yumurta koli kartonu, d) strafor köpük ve e) gazete kağıdı

Ayrıca ek bir özellik olarak sisteme SMS göndererek yangın yeri adres bilgisi değişikliği yapılabilmektedir. Bu özellik sistemin yerleştirileceği bölge değişeceği zaman her seferinde programlamak için mikrodenetleyiciyi söküp takmamak için geliştirilmiştir. Özellik sisteme gönderilen "adres gir: Yeni adres bilgisi" mesajı gönderilerek kullanılmaktadır. Adres değişikliği özelliği ve yangın durum mesaj bilgisi görüntüleri Şekil 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.6. Yangın durumu ve adres güncelleme kısa mesaj görüntüsü

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yangın doğal ya da beşeri sebeplerle oluşup ciddi can ve mal kayıplarına neden olan bir felakettir. Kayıpları en aza indirmek hızlı ve erken müdahale ile olmaktadır. Müdahale hızını arttırmak için birçok yangın ikaz sistemleri geliştirilmiştir. Fakat bazı konvansiyonel sistemler erken müdahaleyi geciktirmekte ya da yüksek yanlış alarm oranlarına sahip sistemlerdir. Bu sebeple yangın ikaz sistemlerinde daha gelişmiş bilimsel teknikler kullanılmaya başlanmıştır.

Bulanık mantık günümüzde gerçek yaşama uygun bir şekilde birçok alanda uygulama sayısı giderek artan bir yöntemdir. Bu çalışmada bulanık mantık kontrollü akıllı adreslenebilir, çoklu algılayıcılı ve algoritma tabanlı yangın haber verme sistemi gerçekleştirilmiştir. Sistemde daha kesin ve hatasız yangın algılama yapabilmek için alev, duman, sıcaklık ve nem sensörleri kullanılmıştır. Sistem yangın çıktığında yangın yerinin adres bilgilerini istenilen numaraya SMS olarak göndermektedir. Yanan nesnenin çeşidine ve yangın yayılma hızına göre ortalama 20 – 30 saniye gibi hızlı bir haber verme süresi elde edilmiştir. Sensör verileri bir uygulama ile internet üzerinden anlık olarak akıllı telefon ile takip edilerek yanlış alarm durum oranları azaltılmıştır. Tasarlanan test kabini daha gerçekci yangın durum değerlendirmesi sağlamıştır. Sisteme kısa mesaj göndererek adres değişikliği yapılabilme özelliği kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

Yapılan testlerde sistem performansının kurulduğu yerin hava şartlarına göre ayarlamalar yapılarak artırılabileceği görülmüştür. Hassasiyeti artırılmış sensörler kullanılarak bunları bir arada toplayacak yangın detektörleri geliştirilebilir. Duman sensörü olarak optik duman sensörü kullanılması halinde sistemin performansını artırabilir. Ayrıca bazı anlarda alev sensörü uzak mesafedeki yangınları geç algılamış, bu da mesaj gönderme süresini geciktirmiştir. Bu yüzden sensör tipleri değiştirilerek daha iyi sonuçlar edilebilir. Geliştirilecek detektörlerin hassasiyetini artırmak için bir evin odası veya ofis büyüklüğünde test kabinleri tasarlanıp denenebilir. Sistem birden fazla ortama yerleştirilmek istendiğinde tek bir merkezden yangın durum kontrolü sağlanabilir.

Sonuç olarak ev ve ofis uygulamaları için yangın haber verme sistemi tasarımı ve geliştirilmesinde bulanık mantık denetleyicileri kullanılarak ucuz, etkili başarılı çözümler üretilmiştir.

KAYNAKLAR

Academy, M., 2012, Optik Duman Dedektörü Nedir?, http://miekaacademy.blogspot.com/2012/03/optik-duman-dedektoru-nedir.html: [Ziyaret Tarihi: 25 Ocak 2019].

Akkaptan, A., 2012, Hayvancılıkta bulanık mantık tabanlı karar destek sistemi, *Yüksek Lisans Tezi*.

Alkan, Ö., 2011, Zamanla değişen sistemlerin bulanık model referans adaptif kontrolü, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Amazon, 2019, Me Flame Sensor, https://www.amazon.com/Makeblock-Me-Flame-Sensor/dp/B017X5CU3Y: [Ziyaret Tarihi: 21 Mart 2019].

Angayarkkani, K. ve Radhakrishnan, N., 2009, Efficient forest fire detection system: a spatial data mining and image processing based approach, *International Journal of Computer Science and Network Security*, 9 (3), 100-107.

Anonim, 2003, Sb/Astsb.Yangın Kursu Öğrenci Rehberi.Gölcük: Deniz Kuvvetleri Komutanlığı.

Anonim, 2006, Yangın Yeri İnceleme Kursu Ders Notları. Antalya: Akdeniz Ünv. Teknik Bilimler MYO; 2006.

AosongElectronics, 2019, Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22 (DHT22 also named as AM2302), https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf: [Ziyaret Tarihi: 21 Mart 2019].

Arrue, B. C., Ollero, A. ve De Dios, J. M., 2000, An intelligent system for false alarm reduction in infrared forest-fire detection, *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, 15 (3), 64-73.

Arslan, S., Challenger, M. ve Dagdeviren, O., 2017, Kütüphaneler için Telsiz Duyarga Ağı Tabanlı Yangın Tespit Sistemi Wireless Sensor Network based Fire Detection System for Libraries.

Aslan, K., 2010, Doğrusal hareketli asenkron motorun bulanık mantıkla denetimi, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.

Ataylar, T., 2008, Yangın Algılama Sistemlerinin Kavramsal Ayrımı ve Sistemler Arası Temel Farklılıklar, http://www.emo.org.tr/ekler/c9e5d0c06befbe4_ek.pdf: [Ziyaret Tarihi: 18 Ocak 2019].

Başbuğ, R. M., 1995, Bulanık adaptif kayan kipli robot kontrolü, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Baykal, N. ve Beyan, T., 2004, Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler, Bıçaklar Kitabevi, p.

Bolat, Y., 2006, Matlab-simulink+ pic tabanlı bulanık mantık denetleyici tasarımı ve Gerçek zamanlı sıcaklık kontrolü uygulaması, *Master of Science, University of Marmara*.

Celik, T., Ozkaramanlt, H. ve Demirel, H., 2007, Fire pixel classification using fuzzy logic and statistical color model, *Acoustics, Speech and Signal Processing, 2007. ICASSP 2007. IEEE International Conference on*, I-1205-I-1208.

Chaturvedi, D. K., 2008, Soft computing: techniques and its applications in electrical engineering, Springer, p.

Çeltek, S. A., Durgun, M., Gökrem, L. ve Durgun, Y., 2017, Yangın Alarm Sistemi için Nesnelerin İnterneti Tasarımı ve Uygulaması, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6 (3), 66-72.

Einstronic, 2017, NodeMCU ESP8266 ESP-12E WiFi Development Board, https://einstronic.com/wp-content/uploads/2017/06/NodeMCU-ESP8266-ESP-12E-Catalogue.pdf: [Ziyaret Tarihi: 21 Mart 2019].

Eken, A., 2003, Yangın Olaylarında Olay Yeri İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Elmas, Ç., 2003, Bulanık mantık denetleyiciler, *Seçkin Yayıncılık, Ankara*.

Elmas, Ç. ve Sönmez, Y., 2008, Veri Birleştirme Tabanlı Orman Yangını Önleme ve Yönetim Sistemi, *Politeknik Dergisi*, 11 (2), 99-108.

Era, E. O. v. Y. S., 2016, Ultraviyole Dedektörler, http://www.eraendustriyel.com.tr/Assets/Documents/Alev-Dedektorleri.pdf: [Ziyaret Tarihi: 25 Ocak 2019].

Foo, S. Y., 2000, A fuzzy logic approach to fire detection in aircraft dry bays and engine compartments, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 47 (5), 1161-1171.

Giaimo, C., 2013, Smoke Detector Alarms Save Lives.Which One Is Right For You?, https://simplisafe.com/blog/smoke-detector-alarms-guide: [Ziyaret Tarihi: 25 Ocak 2019].

Gottuk, D. T., Peatross, M. J., Roby, R. J. ve Beyler, C. L., 2002, Advanced fire detection using multi-signature alarm algorithms, *Fire Safety Journal*, 37 (4), 381-394.

Görgülü, Ö., 2007, Bulanık mantık (Fuzzy Logic) teorisi ve tarımda kullanım olanakları üzerine bir araştırma, *Doktora Tezi*.

Ham, S., Ko, B. ve Nam, J., 2010, Fire-flame detection based on fuzzy finite automation, *Pattern Recognition (ICPR), 2010 20th International Conference on*, 3919-3922.

Karakaşoğlu, N., 2008, Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve uygulama.

Karasakal, O., 2012, Bulanık Pıd Kontrolörleri İçin Çevrim İçi Kural Ağırlıklandırma Yöntemleri, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Khanna, V. ve Cheema, R. K., 2013, Fire detection mechanism using fuzzy logic, *International Journal of Computer Applications*, 65 (12).

Ko, B. C., Cheong, K.-H. ve Nam, J.-Y., 2009, Fire detection based on vision sensor and support vector machines, *Fire Safety Journal*, 44 (3), 322-329.

Limited, R. I. P., 2019, MQ2 Gas Sensor, https://robosap.in/product/mq2-gas-sensor-methane-butane-lpg-smoke-sensor/: [Ziyaret Tarihi: 21 Mart 2019].

Marin-Perianu, M. ve Havinga, P., 2007, D-FLER–a distributed fuzzy logic engine for rule-based wireless sensor networks, *International Symposium on Ubiquitious Computing Systems*, 86-101.

MEB, 2012a, Sensörler ve Transdüserler, http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sens%C3%B6rler%20Ve%20Transduserler.pdf: [Ziyaret Tarihi: 19 Nisan 2019].

MEB, 2012b, Yangın Algılama ve İhbar Sistemlerinin Bağlantıları ve Montajı, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yang%C4%B1n%20Alg%C4%B1lama%20ve%20%C4%B0hbar%20Sistemlerinin%20Ba%C4%9Flant%C4%B1lar%C4%B1%20Ve%20Montaj%C4%B1.pdf: [Ziyaret Tarihi: 11 Ocak 2019].

Merino, L., Caballero, F., Martínez-De-Dios, J. R., Maza, I. ve Ollero, A., 2012, An unmanned aircraft system for automatic forest fire monitoring and measurement, *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 65 (1-4), 533-548.

MGM, Orman Yangınları ve Meteoroloji, https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/sss/ormanyangini.pdf: [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2019].

Microchip, 2019, PIC18F45K20, https://www.microchip.com/wwwproducts/en/en026337#additional-features: [Ziyaret Tarihi: 17 Şubat 2019].

Namlı, N. A., 2016, Bulanık mantık ile belirlenmiş çoklu zeka alanlarına göre düzenlenmiş öğrenme ortamlarının öğrencilerin akademik başarılarına etkisi, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Adana.

Nettigo, 2019, SIM800L GSM / GRPS module, https://nettigo.eu/products/sim800l-gsm-grps-module: [Ziyaret Tarihi: 21 Mart 2019].

Ömür, Y. G., 2009, Adaptif bulanık denetleyici ile doğrusal olmayan sistem kontrolü, *Ege Üniversitesi*.

Öztop, J. M. B. F., Uçar, J. K. T. S. ve Başkanlığı, J. K. D., Yangın, yangının etkileri ve yangın yerinin incelenmesi, the effects of fire scene investigation

Passino, K. M., Yurkovich, S. ve Reinfrank, M., 1998, Fuzzy control, Citeseer, p.

Pfister, G., 1997, Multisensor/multicriteria fire detection: a new trend rapidly becomes state of the art, *Fire Technology*, 33 (2), 115-139.

Ross, T. J., 2005, Fuzzy logic with engineering applications, John Wiley & Sons, p.

Singh, A. ve Singh, H., 2012, Forest fire detection through wireless sensor network using type-2 fuzzy system, *International Journal of Computer Applications*, 52 (9).

Sowah, R., Ampadu, K. O., Ofoli, A., Koumadi, K., Mills, G. A. ve Nortey, J., 2016, Design and implementation of a fire detection and control system for automobiles using fuzzy logic, *Industry Applications Society Annual Meeting, 2016 IEEE*, 1-8.

Soylu, S., 2013, Doğrusal ve doğrusal olmayan sistemlerin hiyerarşik bulanık kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Su, J., Tsai, C.-C. ve Sung, W.-T., 2012, Area temperature system monitoring and computing based on adaptive fuzzy logic in wireless sensor networks, *Applied Soft Computing*, 12 (5), 1532-1541.

Şen, Z., 2001, Bulanık mantık ve modelleme ilkeleri, *Bilge Kültür Sanat, İstanbul*.

Tasdemir, K., Gunay, O., Toreyin, B. U. ve Cetin, A. E., 2009, Video based fire detection at night, *Signal Processing and Communications Applications Conference, 2009. SIU 2009. IEEE 17th*, 720-723.

Teker, A., 2008, Sürekli mıknatıslı senkron motorun bulanık mantık ile hız kontrolü, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.

Topaloğlu, F., 2018, Bulanık mantık ve genetik algoritma yöntemleri kullanılarak parametre belirleme ve ölçeklendirme: rüzgar türbini kurulum uygulaması, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.

Töreyin, B. U., Dedeoğlu, Y., Güdükbay, U. ve Cetin, A. E., 2006, Computer vision based method for real-time fire and flame detection, *Pattern recognition letters*, 27 (1), 49-58.

Uçuk, S., 2009, Bir vinçteki yük salınımının bulanık mantık tabanlı kontrolü, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Uyar, G. F., 2006, Bulanık doğrusal programlama kullanılarak bir sanayi kuruluşunda üretim planlama çalışmasının gerçekleştirilmesi, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kocaeli.

Vikipedi, Yangın, https://tr.wikipedia.org/wiki/Yangın: [Ziyaret Tarihi: 16 Ocak 2019].

Vikipedi, Duman Dedektörü, https://tr.wikipedia.org/wiki/Duman_dedektörü#cite_note-2: [Ziyaret Tarihi: 18 Ocak 2019].

Yakut, U. L., 2006, Beyaz Eşyada (fırın ve buzdolabında) Sensör Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Yen, J. ve Langari, R., 1999, Fuzzy logic: intelligence, control, and information, Prentice Hall Upper Saddle River, NJ, p.

Yılmaz, S., 2007, Bulanık mantık ve mühendislik uygulamaları, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, p.

Zadeh, L. A., 1973, Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-3 (1), 28-44.

Zilouchian, A., Juliano, M., Healy, T. ve Davis, J., 2000, Design of a fuzzy logic controller for a jet engine fuel system, *Control Engineering Practice*, 8 (8), 873-883.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:	Vacip DENİZ
Uyruğu	:	TC
Doğum Yeri ve Tarihi	:	Orhaneli - 1987
Telefon	:	0555 661 15 44
e-mail	:	vacipdeniz@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Adil Karaağaç Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	2006
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi Elektronik Öğretmenliği	2010

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2011-	Milli Eğitim Bakanlığı	Öğretmen

YABANCI DİL

İngilizce: YÖKDİL 86.25

YAYINLAR

Deniz, V., Cunkas, M., 2018, A Review on Fire Detection Systems, *International Conference on Engineering Technologies ICENTE'18 on*, 330-335.

Deniz V., and Cunkas M., (2019) 'Real Time Fuzzy Logic Controlled Fire Detection System for Home Applications ', *Int. J. Intelligent Engineering Informatics*, Vol. X, No. Y4, pp.000–000.

EKLER

EK-1 : Kural Tabanları

Kural Tabanı					
Kural No	Alev Y.	Sıcaklık	Duman Y.	Nem	Yangın Durumu
1	AU	SSO	DD	NÇ	YY
2	AU	SI	DD	NÇ	YY
3	AU	SSI	DD	NÇ	Yİ
4	AU	SÇS	DD	NÇ	Yİ
5	AUD	SSO	DD	NÇ	YY
6	AUD	SI	DD	NÇ	YY
7	AUD	SSI	DD	NÇ	Yİ
8	AUD	SÇS	DD	NÇ	YV
9	AY	SSO	DD	NÇ	YY
10	AY	SI	DD	NÇ	Yİ
11	AY	SSI	DD	NÇ	Yİ
12	AY	SÇS	DD	NÇ	YV
13	AÇY	SSO	DD	NÇ	Yİ
14	AÇY	SI	DD	NÇ	Yİ
15	AÇY	SSI	DD	NÇ	YV
16	AÇY	SÇS	DD	NÇ	YV
17	AU	SSO	DO	NÇ	YY
18	AU	SI	DO	NÇ	Yİ
19	AU	SSI	DO	NÇ	Yİ
20	AU	SÇS	DO	NÇ	YV
21	AUD	SSO	DO	NÇ	Yİ
22	AUD	SI	DO	NÇ	Yİ
23	AUD	SSI	DO	NÇ	Yİ
24	AUD	SÇS	DO	NÇ	YV
25	AY	SSO	DO	NÇ	Yİ
26	AY	SI	DO	NÇ	Yİ
27	AY	SSI	DO	NÇ	YV
28	AY	SÇS	DO	NÇ	YV
29	AÇY	SSO	DO	NÇ	Yİ
30	AÇY	SI	DO	NÇ	YV
31	AÇY	SSI	DO	NÇ	YV
32	AÇY	SÇS	DO	NÇ	YV
33	AU	SSO	DY	NÇ	Yİ
34	AU	SI	DY	NÇ	Yİ
35	AU	SSI	DY	NÇ	Yİ
36	AU	SÇS	DY	NÇ	YV
37	AUD	SSO	DY	NÇ	Yİ
38	AUD	SI	DY	NÇ	Yİ
39	AUD	SSI	DY	NÇ	YV

40	AUD	SÇS	DY	NÇ	YV
41	AY	SSO	DY	NÇ	Yİ
42	AY	SI	DY	NÇ	YV
43	AY	SSI	DY	NÇ	YV
44	AY	SÇS	DY	NÇ	YV
45	AÇY	SSO	DY	NÇ	YV
46	AÇY	SI	DY	NÇ	YV
47	AÇY	SSI	DY	NÇ	YV
48	AÇY	SÇS	DY	NÇ	YV
49	AU	SSO	DD	N	YY
50	AU	SI	DD	N	Yİ
51	AU	SSI	DD	N	Yİ
52	AU	SÇS	DD	N	YV
53	AUD	SSO	DD	N	Yİ
54	AUD	SI	DD	N	Yİ
55	AUD	SSI	DD	N	Yİ
56	AUD	SÇS	DD	N	YV
57	AY	SSO	DD	N	Yİ
58	AY	SI	DD	N	Yİ
59	AY	SSI	DD	N	YV
60	AY	SÇS	DD	N	YV
61	AÇY	SSO	DD	N	Yİ
62	AÇY	SI	DD	N	YV
63	AÇY	SSI	DD	N	YV
64	AÇY	SÇS	DD	N	YV
65	AU	SSO	DO	N	Yİ
66	AU	SI	DO	N	Yİ
67	AU	SSI	DO	N	Yİ
68	AU	SÇS	DO	N	YV
69	AUD	SSO	DO	N	Yİ
70	AUD	SI	DO	N	Yİ
71	AUD	SSI	DO	N	YV
72	AUD	SÇS	DO	N	YV
73	AY	SSO	DO	N	Yİ
74	AY	SI	DO	N	YV
75	AY	SSI	DO	N	YV
76	AY	SÇS	DO	N	YV
77	AÇY	SSO	DO	N	YV
78	AÇY	SI	DO	N	YV
79	AÇY	SSI	DO	N	YV
80	AÇY	SÇS	DO	N	YV
81	AU	SSO	DY	N	Yİ
82	AU	SI	DY	N	Yİ
83	AU	SSI	DY	N	YV
84	AU	SÇS	DY	N	YV

85	AUD	SSO	DY	N	Yİ
86	AUD	SI	DY	N	YV
87	AUD	SSI	DY	N	YV
88	AUD	SÇS	DY	N	YV
89	AY	SSO	DY	N	YV
90	AY	SI	DY	N	YV
91	AY	SSI	DY	N	YV
92	AY	SÇS	DY	N	YV
93	AÇY	SSO	DY	N	YV
94	AÇY	SI	DY	N	YV
95	AÇY	SSI	DY	N	YV
96	AÇY	SÇS	DY	N	YV
97	AU	SSO	DD	NA	Yİ
98	AU	SI	DD	NA	Yİ
99	AU	SSI	DD	NA	Yİ
100	AU	SÇS	DD	NA	YV
101	AUD	SSO	DD	NA	Yİ
102	AUD	SI	DD	NA	Yİ
103	AUD	SSI	DD	NA	YV
104	AUD	SÇS	DD	NA	YV
105	AY	SSO	DD	NA	Yİ
106	AY	SI	DD	NA	YV
107	AY	SSI	DD	NA	YV
108	AY	SÇS	DD	NA	YV
109	AÇY	SSO	DD	NA	YV
110	AÇY	SI	DD	NA	YV
111	AÇY	SSI	DD	NA	YV
112	AÇY	SÇS	DD	NA	YV
113	AU	SSO	DO	NA	Yİ
114	AU	SI	DO	NA	Yİ
115	AU	SSI	DO	NA	YV
116	AU	SÇS	DO	NA	YV
117	AUD	SSO	DO	NA	Yİ
118	AUD	SI	DO	NA	YV
119	AUD	SSI	DO	NA	YV
120	AUD	SÇS	DO	NA	YV
121	AY	SSO	DO	NA	YV
122	AY	SI	DO	NA	YV
123	AY	SSI	DO	NA	YV
124	AY	SÇS	DO	NA	YV
125	AÇY	SSO	DO	NA	YV
126	AÇY	SI	DO	NA	YV
127	AÇY	SSI	DO	NA	YV
128	AÇY	SÇS	DO	NA	YV
129	AU	SSO	DY	NA	Yİ

130	AU	SI	DY	NA	YV
131	AU	SSI	DY	NA	YV
132	AU	SÇS	DY	NA	YV
133	AUD	SSO	DY	NA	YV
134	AUD	SI	DY	NA	YV
135	AUD	SSI	DY	NA	YV
136	AUD	SÇS	DY	NA	YV
137	AY	SSO	DY	NA	YV
138	AY	SI	DY	NA	YV
139	AY	SSI	DY	NA	YV
140	AY	SÇS	DY	NA	YV
141	AÇY	SSO	DY	NA	YV
142	AÇY	SI	DY	NA	YV
143	AÇY	SSI	DY	NA	YV
144	AÇY	SÇS	DY	NA	YV

EK-2 Sistem Mikrodenetleyici Program Kodları

```
#include <18F45K22.h>
#device ADC=10
#fuses INTRC_IO,PLLEN,PUT,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#use delay(clock=8000000)
#use fast_io(a) //Port yönlendirme komutları A portu için geçerli
#use fast_io(b) //Port yönlendirme komutları B portu için geçerli
#use fast_io(c) //Port yönlendirme komutları C portu için geçerli
#use fast_io(d) //Port yönlendirme komutları D portu için geçerli

#BIT Data_Pin = 0xF81.2                  // Pin mapped to PORTB.0
#BIT Data_Pin_Direction = 0xF93.2        // Pin direction mapped to TRISB.0

#include <stdio.h>
#use rs232(UART1,BAUD=9600,ERRORS,stream=U1) // Configuración UART1
(Hardware)
#use rs232(UART2,BAUD=9600,ERRORS,stream=U2) // Configuración UART2
(Hardware)
#priority rda2,rtcc

#define ledYesil     pin_d1
#define ledSari      pin_d0
#define ledKirmizi   pin_c3
#define DHT_IO       pin_b2

long buffer_index=0;
int dataAlindi=0;
unsigned int buffer[256];
unsigned int bufferTmp[256];
char adresDizisi[130];
unsigned int eepromCount=0;
long uartReadCounter=10;
int   smsOkuAktif=0;
long smsOkuCounter=32;
int onaySMSgonderAktif=0;
int mesajSendTimeOutCounter=5;
int okunmamisMesajAktif=0;

int tehlikeUyarisiGosterildi=false;
int yanginUyarisiGosterildi=false;


short Time_out ;
unsigned int8 T_byte1, T_byte2, RH_byte1, RH_byte2, CheckSum ;
unsigned int16 Temp, RH;

unsigned long gasAdcValue; // İşaretsiz 16 bitlik tam sayı tipinde değişken tanımlanıyor
unsigned long flameAdcValue;
unsigned int  sicaklikValue;
```

```
unsigned int nemValue;
unsigned long smsSmokeVal=0;
unsigned long smsFlameVal=0;
unsigned long smsTempVal=0;
unsigned long smsHumVal=0;
int hesaplaSonucSMSgonderAktif=0;
int smsYYval=0,smsYIval=0,smsYVval=0;
int hesaplaniyor=0;

long  DDend=500;
long  DOstart=200;
long  DOend=700;
long  DYstart=500;

long  ACYend=450;
long  AYstart=250;
long  AYend=650;
long  AUDstart=450;
long  AUDend=850;
long  AUstart=650;

long  SSOend=35;
long  SIstart=25;
long  SIend=45;
long  SSIstart=35;
long  SSIend=55;
long  SCSstart=45;

long  NAend=25;
long  Nstart=15;
long  Nend=40;
long  NCstart=25;

long  YYend=50;
long  YIstart=20;
long  YIend=70;
long  YVstart=50;

int YYfuzyVal=0;
int YIfuzyVal=50;
int YVfuzyVal=100;

enum durum{dusuk, orta, yuksek, uzak, uzakDegil, yakin, soguk, ilik, sicak,
yanginYok, yanginTehlikesi, Yangin};

int AUval=0,AUDval=0,AYval=0,ACYval=0;
int SSOval=0,SIval=0,SSIval=0,SCSval=0;
int DDval=0,DOval=0,DYval=0;
int NCval=0,Nval=0,NAval=0;
int YYval=0,YIval=0,YVval=0;
```

```
int YYtmpval=0,YItmpval=0,YVtmpval=0;

int sonSonuc=0;

void start_signal(){
  Data_Pin_Direction = 0;             // Configure connection pin as output
  Data_Pin = 0;                       // Connection pin output low
  delay_ms(25);
  Data_Pin = 1;                       // Connection pin output high
  delay_us(30);
  Data_Pin_Direction = 1;             // Configure connection pin as input
  port_b_pullups(0x04);
}
short check_response(){
  delay_us(40);
  if(!Data_Pin){                  // Read and test if connection pin is low
    delay_us(80);
    if(Data_Pin){                 // Read and test if connection pin is high
      delay_us(50);
      return 1;}
    }
}
unsigned int8 Read_Data(){
  unsigned int8 i, k, _data = 0;     // k is used to count 1 bit reading duration
  if(Time_out)
    break;
  for(i = 0; i < 8; i++){
    k = 0;
    while(!Data_Pin){                       // Wait until pin goes high
      k++;
      if (k > 100) {Time_out = 1; break;}
      delay_us(1);}
    delay_us(30);
    if(!Data_Pin)
      bit_clear(_data, (7 - i));              // Clear bit (7 - i)
    else{
      bit_set(_data, (7 - i));               // Set bit (7 - i)
      while(Data_Pin){                        // Wait until pin goes low
      k++;
      if (k > 100) {Time_out = 1; break;}
      delay_us(1);}
    }
  }
  return _data;
}

void sicaklikVeNemOku()
{
   Time_out = 0;
    Start_signal();
```

```
   if(check_response())
   {                  // If there is response from sensor
     RH_byte1 = Read_Data();               // read RH byte1
     RH_byte2 = Read_Data();               // read RH byte2
     T_byte1 = Read_Data();               // read T byte1
     T_byte2 = Read_Data();               // read T byte2
     Checksum = Read_Data();               // read checksum
     if(Time_out){                      // If reading takes long time

     }
     else{
      if(CheckSum == ((RH_Byte1 + RH_Byte2 + T_Byte1 + T_Byte2) & 0xFF)){
       RH = RH_byte1;
       RH = (RH << 8) | RH_byte2;
       Temp = T_byte1;
       Temp = (Temp << 8) | T_byte2;
      }
       else {
       //  while(1);
       }
     }
    }
    else {
  //    while(1);
    }
}

void dumanDegerBulaniklastima(long sensorValue)
{
  if(sensorValue<=DOstart)
     DDval=100;
  else if(sensorValue>DOstart && sensorValue<=DDend)
     DDval=(DDend-sensorValue)*100/(DDend-DOstart);
  else
     DDval=0;

  if(sensorValue<=DOstart || sensorValue>=DOend)
    DOval=0;
  else if(sensorValue>DOstart && sensorValue<=DDend)
    DOval=(sensorValue-DOstart)*100/(DDend-DOstart);
  else if(sensorValue>DYstart && sensorValue<=DOend)
    DOval=(DOend- sensorValue)*100/(DOend-DYstart);
  else
    DOval=100;

  if(sensorValue<=DYstart)
     DYval=0;
  else if(sensorValue>DYstart && sensorValue<=DOend)
     DYval=(sensorValue-DYstart)*100/(DOend-DYstart);
  else
```

```
    DYval=100;
}

void atesDegerBulaniklastima(long sensorValue)
{
  if(sensorValue<=AYstart)
    ACYval=100;
  else if(sensorValue>AYstart && sensorValue<=ACYend)
    ACYval=(ACYend-sensorValue)*100/(ACYend-AYstart);
  else
    ACYval=0;

  if(sensorValue<=AYstart || sensorValue>=AYend)
    AYval=0;
  else if(sensorValue>AYstart && sensorValue<=ACYend)
    AYval=(sensorValue-AYstart)*100/(ACYend-AYstart);
  else if(sensorValue>AUDstart && sensorValue<=AYend)
    AYval=(AYend-sensorValue)*100/(AYend-AUDstart);
  else
    AYval=100;

  if(sensorValue<=AUDstart || sensorValue>=AUDend)
    AUDval=0;
  else if(sensorValue>AUDstart && sensorValue<=AYend)
    AUDval=(sensorValue-AUDstart)*100/(AYend-AUDstart);
  else if(sensorValue>AUstart && sensorValue<=AUDend)
    AUDval=(AUDend-sensorValue)*100/(AUDend-AUstart);
  else
    AUDval=100;

  if(sensorValue<=AUstart)
    AUval=0;
  else if(sensorValue>AUstart && sensorValue<=AUDend)
    AUval=(sensorValue-AUstart)*100/(AUDend-AUstart);
  else
    AUval=100;
}

void sicaklikDegerBulaniklastima(long sensorValue)
{
  if(sensorValue<=SIstart)
    SSOval=100;
  else if(sensorValue>SIstart && sensorValue<=SSOend)
    SSOval=(SSOend-sensorValue)*100/(SSOend-SIstart);
  else
    SSOval=0;

  if(sensorValue<=SIstart || sensorValue>=SIend)
    SIval=0;
  else if(sensorValue>SIstart && sensorValue<=SSOend)
```

```
    SIval=(sensorValue-SIstart)*100/(SSOend-SIstart);
  else if(sensorValue>SSIstart && sensorValue<=SIend)
    SIval=(SIend-sensorValue)*100/(SIend-SSIstart);
  else
    SIval=100;

  if(sensorValue<=SSIstart || sensorValue>=SSIend)
    SSIval=0;
  else if(sensorValue>SSIstart && sensorValue<=SIend)
    SSIval=(sensorValue-SSIstart)*100/(SIend-SSIstart);
  else if(sensorValue>SCSstart && sensorValue<=SSIend)
    SSIval=(SSIend-sensorValue)*100/(SSIend-SCSstart);
  else
    SSIval=100;

  if(sensorValue<=SCSstart)
    SCSval=0;
  else if(sensorValue>SCSstart && sensorValue<=SSIend)
    SCSval=(sensorValue-SCSstart)*100/(SSIend-SCSstart);
  else
    SCSval=100;
}

void nemDegerBulaniklastima(long sensorValue)
{
  if(sensorValue<=Nstart)
    NAval=100;
  else if(sensorValue>Nstart && sensorValue<=NAend)
    NAval=(NAend-sensorValue)*100/(NAend-Nstart);
  else
    NAval=0;

  if(sensorValue<=Nstart || sensorValue>=Nend)
   Nval=0;
  else if(sensorValue>Nstart && sensorValue<=NAend)
   Nval=(sensorValue-Nstart)*100/(NAend-Nstart);
  else if(sensorValue>NCstart && sensorValue<=Nend)
   Nval=(Nend- sensorValue)*100/(Nend-NCstart);
  else
   Nval=100;

  if(sensorValue<=NCstart)
    NCval=0;
  else if(sensorValue>NCstart && sensorValue<=Nend)
    NCval=(sensorValue-NCstart)*100/(Nend-NCstart);
  else
    NCval=100;
}

void yanginDurumuBulaniklastirma(int sonValue)
```

```
{
  if(sonValue<=YIstart)
    YYval=100;
  else if(sonValue>YIstart && sonValue<=YYend)
    YYval=(YYend-sonValue)*100/(YYend-YIstart);
  else
    YYval=0;

  if(sonValue<=YIstart || sonValue>=YIend)
    YIval=0;
  else if(sonValue>YIstart && sonValue<YYend)
    YIval=(sonValue-YIstart)*100/(YYend-YIstart);
  else if(sonValue>YVstart && sonValue<=YIend)
    YIval=(YIend-sonValue)*100/(YIend-YVstart);
  else
    YIval=100;

  if(sonValue<=YVstart)
    YVval=0;
  else if(sonValue>YVstart && sonValue<=YIend)
    YVval=(sonValue-YVstart)*100/(YIend-YVstart);
  else
    YVval=100;
}

int centroidCalculate()
{
  long bulanikSonuc=0;

bulanikSonuc=((long)YYfuzyVal*(long)YYtmpVal+(long)YIfuzyVal*(long)YItmpVal
+(long)YVfuzyVal*(long)YVtmpVal);
  bulanikSonuc/=(long)YYtmpVal+(long)YItmpVal+(long)YVtmpVal;
  return (int)bulanikSonuc;
}

int sonucBulanikUyeOlusturma(int dumanDeger,int atesDeger,int sicaklikDeger,int
nemDeger)
{
  int minDeger=200;

  if(minDeger>dumanDeger)
    minDeger=dumanDeger;
  if(minDeger>atesDeger)
    minDeger=atesDeger;
  if(minDeger>sicaklikDeger)
    minDeger=sicaklikDeger;
   if(minDeger>nemDeger)
    minDeger=nemDeger;
  return minDeger;
}
```

```
void cikarimMotoru()
{
  long yokToplamDeger=0;
  long tehlikeToplamDeger=0;
  long varToplamDeger=0;
  long yokSayac=0;
  long tehlikeSayac=0;
  long varSayac=0;
  int geciciDeger=0;

  if(AUval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSOval,DDval,NCval);
yokToplamDeger+=(long)geciciDeger; yokSayac++; }
  if(AUval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SIval,DDval,NCval);
yokToplamDeger+=(long)geciciDeger; yokSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSIval,DDval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SCSval,DDval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 &&
NCval!=0){geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSOval,DDval,NCval);
yokToplamDeger+=(long)geciciDeger; yokSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SIval,DDval,NCval);
yokToplamDeger+=(long)geciciDeger; yokSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 &&
NCval!=0){geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSIval,DDval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 &&
NCval!=0){geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SCSval,DDval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSOval,DDval,NCval);
yokToplamDeger+=(long)geciciDeger; yokSayac++; }
  if(AYval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SIval,DDval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSIval,DDval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AYval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SCSval,DDval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSOval,DDval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
```

```
  if(ACYval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SIval,DDval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSIval,DDval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SCSval,DDval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSOval,DOval,NCval);
yokToplamDeger+=(long)geciciDeger; yokSayac++; }
  if(AUval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SIval,DOval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSIval,DOval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SCSval,DOval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSOval,DOval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SIval,DOval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSIval,DOval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SCSval,DOval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSOval,DOval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AYval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SIval,DOval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSIval,DOval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SCSval,DOval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSOval,DOval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
```

```
  if(ACYval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SIval,DOval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSIval,DOval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SCSval,DOval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSOval,DYval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SIval,DYval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSIval,DYval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SCSval,DYval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSOval,DYval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SIval,DYval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSIval,DYval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SCSval,DYval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSOval,DYval,NCval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AYval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SIval,DYval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSIval,DYval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SCSval,DYval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSOval,DYval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
```

```
  if(ACYval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SIval,DYval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSIval,DYval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && NCval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SCSval,DYval,NCval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSOval,DDval,Nval);
yokToplamDeger+=(long)geciciDeger; yokSayac++; }
  if(AUval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SIval,DDval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSIval,DDval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SCSval,DDval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSOval,DDval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SIval,DDval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSIval,DDval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SCSval,DDval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSOval,DDval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AYval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SIval,DDval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSIval,DDval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SCSval,DDval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSOval,DDval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
```

```
  if(ACYval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SIval,DDval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSIval,DDval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SCSval,DDval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSOval,DOval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SIval,DOval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSIval,DOval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SCSval,DOval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSOval,DOval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SIval,DOval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSIval,DOval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SCSval,DOval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSOval,DOval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AYval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SIval,DOval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSIval,DOval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SCSval,DOval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSOval,DOval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
```

```
  if(ACYval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SIval,DOval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSIval,DOval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SCSval,DOval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSOval,DYval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SIval,DYval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSIval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SCSval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSOval,DYval,Nval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SIval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSIval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SCSval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSOval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SIval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSIval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SCSval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSOval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
```

```
  if(ACYval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SIval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSIval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && Nval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SCSval,DYval,Nval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSOval,DDval,NAval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SIval,DDval,NAval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSIval,DDval,NAval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SCSval,DDval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSOval,DDval,NAval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SIval,DDval,NAval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSIval,DDval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SCSval,DDval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSOval,DDval,NAval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AYval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SIval,DDval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSIval,DDval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SCSval,DDval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSOval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSOval,DDval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
```

```
  if(ACYval!=0 && SIval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SIval,DDval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSIval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSIval,DDval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SCSval!=0 && DDval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SCSval,DDval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSOval,DOval,NAval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SIval,DOval,NAval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSIval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SCSval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSOval,DOval,NAval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SIval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSIval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SCSval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSOval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SIval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSIval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SCSval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSOval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSOval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
```

```
  if(ACYval!=0 && SIval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SIval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSIval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSIval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SCSval!=0 && DOval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SCSval,DOval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSOval,DYval,NAval);
tehlikeToplamDeger+=(long)geciciDeger; tehlikeSayac++; }
  if(AUval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SIval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SSIval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUval,SCSval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSOval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SIval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SSIval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AUDval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AUDval,SCSval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSOval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SIval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SSIval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(AYval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(AYval,SCSval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSOval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSOval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
```

```
  if(ACYval!=0 && SIval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SIval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SSIval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SSIval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }
  if(ACYval!=0 && SCSval!=0 && DYval!=0 && NAval!=0)
{geciciDeger=sonucBulanikUyeOlusturma(ACYval,SCSval,DYval,NAval);
varToplamDeger+=(long)geciciDeger; varSayac++; }

  YYtmpVal=yokToplamDeger/yokSayac;
  YItmpVal=tehlikeToplamDeger/tehlikeSayac;
  YVtmpVal=varToplamDeger/varSayac;
}

void alarmDurumSMSGonder(int durum)
{
  fprintf(U2,"AT\r\n");
   delay_ms(100);
  fprintf(U2,"AT+CMGF=1\r\n");
  delay_ms(100);
  fprintf(U2,"AT+CMGS=");
  fputc(0x22,U2);
  fprintf(U2,"905556611544");
  fputc(0x22,U2);
  fprintf(U2,"\r\n");
  delay_ms(100);
  if(durum==1)
    fprintf(U2,"YANGIN SONDURULDU !     Adres:");
  if(durum==2)
    fprintf(U2,"YANGIN IHTIMALI VAR !   Adres:");
  if(durum==3)
    fprintf(U2,"YANGIN VAR !            Adres:");
  for(long cnt=0;cnt<120;cnt++)
    fputc(adresDizisi[cnt],U2);
  fprintf(U2,"\r\n");
  delay_ms(100);
  fputc(0x1A,U2);
  delay_ms(100);
  mesajSendTimeOutCounter=20;
}

void onaySmsGonder()
{
tekrarDene:
  fprintf(U2,"AT\r\n");
   delay_ms(300);
  fprintf(U2,"AT+CMGF=1\r\n");
  delay_ms(300);
  fprintf(U2,"AT+CMGS=");
```

```
  fputc(0x22,U2);
  fprintf(U2,"905556611544");
  fputc(0x22,U2);
  fprintf(U2,"\r\n");
  delay_ms(300);
  fprintf(U2,"Adres guncellendi");
  delay_ms(300);
  fputc(0x1A,U2);
  delay_ms(300);
  mesajSendTimeOutCounter=20;
}
void hesaplaSonucSMSgonder(void)
{
  fprintf(U2,"AT\r\n");
   delay_ms(100);
  fprintf(U2,"AT+CMGF=1\r\n");
  delay_ms(100);
  fprintf(U2,"AT+CMGS=");
  fputc(0x22,U2);
  0000fprintf(U2,"905556611544");
  fputc(0x22,U2);
  fprintf(U2,"\r\n");
  delay_ms(100);
  fprintf(U2,"duman:%3ld alev:%3ld sicaklik:%2ld
nem:%2ld\n",smsSmokeVal,smsFlameVal,smsTempVal,smsHumVal);
  fprintf(U2,"Yangın Yok Bulanık Kümesi:%d\nYangın İhtimali Bulanık
Kümesi:%d\nYangın Var Bulanık Kümesi:%d\n",smsYYval,smsYIval,smsYVval);
  fprintf(U2,"\r\n");
  delay_ms(100);
  fputc(0x1A,U2);
  delay_ms(100);
  mesajSendTimeOutCounter=20;
}
void smsOku()
{
  fprintf(U2,"AT\r\n");
  delay_ms(300);
  fprintf(U2,"AT+CMGF=1\r\n");
  delay_ms(300);
  fprintf(U2,"AT+CMGR=1\r\n");
  delay_ms(300);
  mesajSendTimeOutCounter=20;
}

void del_sms()
{

fprintf(U2,"AT+CMGF=1\r\n");      //send command
delay_ms(300);
fprintf(U2,"AT+CMGL=");
```

```
fputc(0x22,U2);
fprintf(U2,"ALL");
fputc(0x22,U2);
fprintf(U2,"\r\n");
delay_ms(300);

fprintf(U2,"AT+CMGD=1\r\n");
    delay_ms(300);
fprintf(U2,"AT+CMGD=2\r\n");
    delay_ms(300);
fprintf(U2,"AT+CMGD=3\r\n");
    delay_ms(300);
fprintf(U2,"AT+CMGD=4\r\n");
    delay_ms(300);
fprintf(U2,"AT+CMGD=5\r\n");
    delay_ms(300);
  mesajSendTimeOutCounter=20;
}


#int_RTCC
void TIMERO_isr (void)
{
  if(buffer_index>0)
  {
    for(unsigned int i=0;i<250;i++)
    {
      if(
buffer[i]=='a'&&buffer[i+1]=='d'&&buffer[i+2]=='r'&&buffer[i+3]=='e'&&buffer[i+4]
=='s'&&buffer[i+5]==' '&&
        buffer[i+6]=='g'&&buffer[i+7]=='i'&&buffer[i+8]=='r'&&buffer[i+9]==':' /*&&
okunmamisMesajAktif==1*/ )
      {
        for(int j=0;j<130;j++)
          adresDizisi[j]=buffer[i+10+j];
        for(eepromCount=0;eepromCount<130;eepromCount++)
            write_eeprom(eepromCount,adresDizisi[eepromCount]);
        onaySMSgonderAktif=1;
        mesajSendTimeOutCounter=4;
        smsOkuCounter=32;
      }
      if(
buffer[i]=='h'&&buffer[i+1]=='e'&&buffer[i+2]=='s'&&buffer[i+3]=='a'&&buffer[i+4]
=='p'&&buffer[i+5]=='l'&&
        buffer[i+6]=='a'&&buffer[i+7]==':')
      {
        smsSmokeVal = (long)(buffer[i+ 8]-0x30)*100 + (long)(buffer[i+ 9]-0x30)*10
+ (long)(buffer[i+10]-0x30)*1;
        smsFlameVal = (long)(buffer[i+12]-0x30)*100 + (long)(buffer[i+13]-0x30)*10
+ (long)(buffer[i+14]-0x30)*1;
```

```
          smsTempVal =  (long)(buffer[i+16]-0x30)*10  + (long)(buffer[i+17]-0x30)*1;
          smsHumVal =   (long)(buffer[i+19]-0x30)*10  + (long)(buffer[i+20]-0x30)*1;
          hesaplaSonucSMSgonderAktif=1;
          mesajSendTimeOutCounter=4;
          smsOkuCounter=32;
        }
      }
      buffer_index=0;
      okunmamisMesajAktif=0;
      for(long cnt=0;cnt<256;cnt++)
          {bufferTmp[cnt]=buffer[cnt]; buffer[cnt]=0;}
    }
}

#INT_RDA
void READ_RS232_1()
{
   char t;
   t=getc(U1);
}

#INT_RDA2
void READ_RS232_2()
{
   char c;
   c=getc(U2);
   buffer[buffer_index] = c;
   buffer_index++;
   enable_interrupts(int_timer0);
   set_timer0(60536);
}

//********** ANA PROGRAM FONKSİYONU*******

void main ( )
{

   set_tris_a(0x00);
   set_tris_b(0x03);
   set_tris_c(0x80);
   set_tris_d(0x80);

   port_b_pullups(0x04);
   setup_adc(adc_clock_internal);
    setup_adc_ports(sAN12|sAN10);

   setup_timer_0(RTCC_INTERNAL | RTCC_DIV_1);


//   enable_interrupts(int_rda);
```

```
   enable_interrupts(int_rda2);
   enable_interrupts(int_timer0);
   enable_interrupts(global);


for(long cnt=0;cnt<256;cnt++)
{
    buffer[cnt]=0;
   if(cnt<130)
      adresDizisi[cnt]=0;
}

 for(eepromCount=0;eepromCount<130;eepromCount++)
     adresDizisi[eepromCount]=read_eeprom(eepromCount);

delay_ms(1000);
output_high(pin_a4);
delay_ms(3000);
output_low(pin_a4);

   delay_ms(15000);
   del_sms();
    output_high(ledYesil);
    output_low(ledSari);
    output_low(ledKirmizi);

   while(true)   // sonsuz döngü
   {
basaAl:
     if(smsOkuCounter%12==0)
     {
      fputc(sicaklikValue,U1);
      fputc(nemValue,U1);
      fputc(gasAdcValue/4,U1);
      fputc(flameAdcValue/4,U1);
      fputc(sonSonuc,U1);
     }
     if(smsOkuCounter>0)   smsOkuCounter--;
      else
     {
       smsOku();
      smsOkuCounter=32;
     }
     if(onaySMSgonderAktif==1 && mesajSendTimeOutCounter==0 )
     {
      onaySmsGonder();
      delay_ms(5000);
      del_sms();
       onaySMSgonderAktif=0;
     }
```

```
if(mesajSendTimeOutCounter>0)
 mesajSendTimeOutCounter--;

 set_adc_channel(10);
 delay_us(20);
 gasAdcValue=read_adc()*3;
if(gasAdcValue>1023) gasAdcValue=1023;
 set_adc_channel(12);
 delay_us(20);
 flameAdcValue=read_adc();
 sicaklikVeNemOku();
 nemValue=RH/10;
 sicaklikValue=Temp/10;
delay_ms(250);


if(hesaplaSonucSMSgonderAktif==1)
{
   dumanDegerBulaniklastima(smsSmokeVal);
    atesDegerBulaniklastima(smsFlameVal);
    sicaklikDegerBulaniklastima(smsTempVal);
    nemDegerBulaniklastima(smsHumVal);
   hesaplaniyor=1;
}
else
{
   dumanDegerBulaniklastima(gasAdcValue);
    atesDegerBulaniklastima(flameAdcValue);
    sicaklikDegerBulaniklastima(sicaklikValue);
    nemDegerBulaniklastima(nemValue);
}

 cikarimMotoru();

 sonSonuc= centroidCalculate();

 yanginDurumuBulaniklastirma(sonSonuc);

 if(hesaplaSonucSMSgonderAktif==1 && hesaplaniyor==1)
{
 mesajSendTimeOutCounter=20;
 smsOkuCounter=32;
 smsYYval=YYval;
 smsYIval=YIval;
 smsYVval=YVval;
 hesaplaSonucSMSgonder();
 delay_ms(5000);
 del_sms();
 hesaplaSonucSMSgonderAktif=0;
 hesaplaniyor=0;
```

```
    }
    if(YYval>YIval && YYval>YVval && mesajSendTimeOutCounter==0 &&
(tehlikeUyarisiGosterildi==true||yanginUyarisiGosterildi==true))
     {
       output_high(ledYesil);
       output_low(ledSari);
       output_low(ledKirmizi);
       tehlikeUyarisiGosterildi=false;
      yanginUyarisiGosterildi=false;
     alarmDurumSMSGonder(1);
     }
     if(YIval>YYval && YIval>YVval && mesajSendTimeOutCounter==0 &&
tehlikeUyarisiGosterildi==false)
     {
       output_low(ledYesil);
       output_high(ledSari);
       output_low(ledKirmizi);
      tehlikeUyarisiGosterildi=true;
      yanginUyarisiGosterildi=false;
      alarmDurumSMSGonder(2);
     }

     if(YVval>YYval && YVval>YIval && mesajSendTimeOutCounter==0 &&
yanginUyarisiGosterildi==false)
     {
       output_low(ledYesil);
       output_low(ledSari);
       output_high(ledKirmizi);
      yanginUyarisiGosterildi=true;
      tehlikeUyarisiGosterildi=false;
      alarmDurumSMSGonder(3);
     }

  }
}
```

EK-3 WiFi Modülü Program Kodları

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <user_interface.h>

const char* ssid = "AndroidAP";
const char* password =  "kpye6938";
const char* mqttServer = "m14.cloudmqtt.com";
const int mqttPort = 17929;
const char* mqttUser = "gcxpiwxy";
const char* mqttPassword = "U8cyy_o6LDY-";

uint32_t genPurCounter=0;
uint32_t genPurCounterTmp=0;
uint16_t wifiConnectErrCount=0;
uint16_t clientConnectErrCount=0;
uint32_t wifiConnectionLostCount=0;
uint32_t clientConnectionLostCount=0;
bool wifiConnectionLostFlag=false;
bool clientConnectionLostFlag=false;

char rTstr[16];
unsigned int  sicaklik;
unsigned int  nem;
unsigned int  duman;
unsigned int  alev;
unsigned int  sonuc;

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length);

char rxBuffer[10];
uint8_t rxBufferIndex=0;

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

void setup() {

 pinMode(BUILTIN_LED, OUTPUT);     // Initialize the BUILTIN_LED pin as an
output
 pinMode(2, OUTPUT);     // Initialize the BUILTIN_LED pin as an output

  Serial.begin(9600);
  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.println("Connecting to WiFi..");
  }
```

```
 Serial.print("Connected to the WiFi network  :  ");
Serial.println(WiFi.localIP());
Serial.println(WiFi.macAddress());
 client.setServer(mqttServer, mqttPort);
 client.setCallback(callback);

 while (!client.connected()) {
  Serial.println("Connecting to MQTT...");

  if (client.connect("vDenizAlarmDevresi123", mqttUser, mqttPassword )) {

    Serial.println("connected");

  } else {

    Serial.print("failed with state ");
    Serial.print(client.state());
    delay(2000);
  }
 }
delay(500);
}

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {

 uint8_t readVal=0;
 String strTopic="";
 for (int i = 0; i < 12; i++) {
  strTopic+=((char)topic[i]);
 }
  Serial.println(strTopic);
}


void loop() {

  genPurCounter++;

 if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
  wifiConnectionLostCount++;
 else
  wifiConnectionLostCount=0;
 if(wifiConnectionLostCount>100)
 {
   Serial.println(WiFi.status());
   wifiConnectionLostCount=0;
   clientConnectionLostCount=0;
   client.disconnect();
   WiFi.disconnect();
   ESP.restart();
```

```
    wifiConnectErrCount++;
    Serial.println("Reconnected to WiFi..");
  }

  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && !client.connected())
   clientConnectionLostCount++;
  else
   clientConnectionLostCount=0;
  if(clientConnectionLostCount>40)
  {
    clientConnectionLostCount=0;
    Serial.println("Reconnecting to MQTT...");
    clientConnectErrCount++;
    if (client.connect("vDenizAlarmDevresi123", mqttUser, mqttPassword )) {
      Serial.println("connected");
    } else {
      Serial.print("failed with state ");
      Serial.print(client.state());
   }
  }
  if (client.connected() && WiFi.status() == WL_CONNECTED)
   client.loop();
  delay(100);

  if(Serial.available()){
   if(genPurCounter>genPurCounterTmp+3)
     rxBufferIndex=0;
   genPurCounterTmp=genPurCounter;
   rxBuffer[rxBufferIndex]= char(Serial.read());
   Serial.print(rxBuffer[rxBufferIndex]);
   Serial.print("       ");
   Serial.println(rxBufferIndex);
   if(rxBufferIndex==0) {itoa(rxBuffer[rxBufferIndex], rTstr, 10);
client.publish("vTemp", rTstr,1); }
   if(rxBufferIndex==1) {itoa(rxBuffer[rxBufferIndex], rTstr, 10);
client.publish("vHum",  rTstr,1); }
   if(rxBufferIndex==2) {itoa(rxBuffer[rxBufferIndex], rTstr, 10);
client.publish("vSmoke",rTstr,1); }
   if(rxBufferIndex==3) {itoa(rxBuffer[rxBufferIndex], rTstr, 10);
client.publish("vFlame",rTstr,1); }
   if(rxBufferIndex==4) {itoa(rxBuffer[rxBufferIndex], rTstr, 10);
client.publish("vFuzy", rTstr,1); }

   rxBufferIndex++;
  }

}
```