

84321

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK MANTIK İLE YANGIN ALGILAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elk. ve Hab. Müh. Uğur Yüzgeç

Ana Bilim Dalı : Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Bekir ÇAKIR

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

HAZİRAN 1999

84321

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK MANTIK İLE YANGIN ALGILAMA

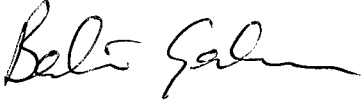
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elo.ve Hab. Müh. Uğur YÜZGEÇ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 15 Haziran 1999

Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Temmuz 1999

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr.Bekir ÇAKIR



Üye

Prof.Dr.Halit PASTACI



Üye

Yrd.Doç.Dr. Kadir ERKAN



HAZİRAN 1999

BULANIK MANTIK İLE YANGIN ALGILAMA

Uğur YÜZGEÇ

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Akıllı Algılama, Bilgi Tabanı

Özet: Doğal felaketler yüzünden dünya’da binlerce insan ölmektedir. Bu felaketlerden biri de yangındır. Klasik yangın algılama sistemleri ile yapılan algılamalarda yanlış ihbarlar bir hayli fazla olmaktadır. Günümüzde bu yanlış ihbarları azaltmak yönünde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de akıllı algılama yada bulanık mantık ile algılama olarak karşımıza çıkmaktadır. Yangın materyallerinin yangın karakteristiklerine ait veriler ile oluşturulan bulanık bilgi tabanı ile kurallar doğrultusunda çıkış belirlenir.



FIRE DEDECTION WITH FUZZY LOGIC

Uğur YÜZGEÇ

Keywords: Fuzzy Logic, İntelligent Dedection, Knowledge Base

Abstract: Because of natural disasters, thousands of human have died in the world. One of them is fire disaster. There are a lot of false alarms in classic fire dedection systems. Nowadays, works is done for reduce to false alarms. One of new fire dedection systems is intelligent dedection or fire dedection with fuzzy logic. Output is defined with rules and fuzzy knowledge base that is done with data of fire characteristics of fire materials.



ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bulanık mantık ile yapılan çalışmaların sayısı günümüze kadar hızlı bir artış göstermiştir. Kontrol düzenlerinde, algılama düzenlerinde, işletmede kullanılan istatistik ve borsa analizi çalışmalarında yine bulanık mantık ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışmada bulanık mantık ile yangın algılanması ve diğer yangın algılama sistemleriyle karşılaştırılması yer almaktadır. Alınan veriler doğrultusunda hazırlanan bulanık mantık bilgi tabanı ile simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmamda yardımlarından dolayı Yrd.Doç.Dr. Bekir ÇAKIR'a ve manevi desteklerinden dolayı sevgili aileme teşekkür eder, bu çalışmanın tüm araştırmacılara yardımcı olmasını dilerim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	I
BÖLÜM 2. YANGIN ALGILAMA SİSTEMLERİ.....	2
2.1. Yangın Algılayıcıları (Dedektörler)	2
2.1.1. Isı Algılayıcıları.....	3
2.1.1.1. Sabit Dereceli Algılayıcılar.....	3
2.1.1.2. Termistörle Yapılan Sabit Dereceli Algılayıcılar.....	4
2.1.1.3. Sürekli Tip Isı Algılayıcı.....	4
2.1.1.4. Nokta Tip Isı Algılayıcı.....	4
2.1.1.5. Kapalı Pnömatik Hat Tipi Isı Algılayıcı.....	5
2.1.2. Kombine Algılayıcılar.....	5
2.1.3. Termoelektrik Algılayıcılar.....	5
2.1.4. Duman Algılayıcıları.....	6
2.1.4.1. İyonizasyon Etkili Duman Algılayıcı.....	6
2.1.4.2. Optik Duman Algılayıcı.....	6
2.1.4.3. Işın (Beam) Algılayıcısı.....	7
2.1.5. Hazneli Duman Algılayıcıları.....	8
2.1.6. Gaz Duyarlı Yangın Algılayıcıları.....	8
2.1.6.1. Yarı İletken Gaz Duyarlı Yangın Algılayıcıları.....	8
2.1.6.2. Katalitik Elemanlı Gaz Duyarlı Yangın Algılayıcıları.....	8
2.1.7. Alev Algılayıcıları.....	8
2.1.7.1. Kızılötesi Alev Algılayıcı.....	9
2.1.7.2. Morötesi Alev Algılayıcıları.....	9
2.2. Çevre Koşullarının Algılayıcı Yanıtına Etkisi.....	9

2.3. Erken Uyarı Sistemleri.....	10
2.3.1. Tek ve Çok İstasyonlu Algılayıcılar.....	10
2.3.2. Mesken Yangın Uyarı Sistemleri.....	10
2.3.3. Konvansiyonel Sistemler.....	11
2.3.4. Analog Sistemler.....	12
BÖLÜM 3. BULANIK MANTIK	14
3.1. Kümeler.....	15
3.1.1. Keskin Kümeler.....	15
3.1.2. Bulanık Kümeler.....	17
3.1.2.1. Bulanık Kümelerde İşlemler.....	21
3.2. Bulanık İlişkiler.....	24
3.3. Bulanık İmplikasyon.....	26
3.4. Bulanık Çıkartım.....	27
3.5. Durulandırma.....	33
BÖLÜM 4. BİR BÖLGELİ YANGIN MODELİ ve YANGIN TESTLERİ.....	37
4.1. Fiziksel Değişkenler.....	37
4.2. Diferansiyel Eşitliklerle Temel Modelleme.....	38
BÖLÜM 5. BULANIK MANTIK İLE YANGIN ALGILAMA.....	46
5.1. Giriş ve Çıkış Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi.....	46
5.2. Bulanık Mantık Kurallarının Oluşturulması ve Giriş ile Çıkış Arasındaki İlişki.....	48
5.3. Simülasyon.....	53
SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	66
KAYNAKLAR.....	68
EKLER.....	69
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

EOL :Hat sonu direnci

μ_B :B Bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu

μ_A :A Bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu

R :Bulanık ilişki kümesi

E_i :Enerji

q_i :Yoğunluk

T_i :Sıcaklık

V_i :Hacim

m_i :Kütle



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Termistörle Yapılan Sıcaklık Artış Hızı Algılayıcının Blok Şeması.....	4
Şekil 2.2. Beam (Işın) algılayıcısının çalışmasını gösteren diyagram.....	7
Şekil 2.3. Konvansiyonel yangın algılama sistemine ait 3 bölge (zone) bir örnek.....	11
Şekil 2.4. Analog yangın algılama sisteminin bir yapıda uygulanmasının gösterilimi.....	12
Şekil 2.5. Analog yangın algılama sisteminde döngü (loop) yapısı.....	13
Şekil 3.1. B Kümesinin şeması ve Üyelik fonksiyonu.....	16
Şekil 3.2. Sürekli Üyelik Fonksiyonu.....	17
Şekil 3.3. Yarı Sürekli Üyelik Fonksiyonu.....	18
Şekil 3.4. Keskin Olmayan Kavramların Sürekli Üyelik Fonksiyonu.....	18
Şekil 3.5. Yamuk üyelik fonksiyonunun tolerans ve desteğinin gösterimi.....	21
Şekil 3.6. X ve Y kavramsal ifadelerinin tanımı.....	25
Şekil 3.7. MIN bağlantısı ile bulanık ilişkinin gösterimi.....	25
Şekil 3.8. X için sıcak Y için düşük kavramsal ifadeleri.....	28
Şekil 3.9. $x' = 0.6$ için MAX-MIN çıkartım olayının grafiksel gösterimi.....	29
Şekil 3.10. $x' = 0.6$ için MAX-PROD çıkartım olayının grafiksel gösterimi.....	31
Şekil 3.11. Max-Min Çıkartım Yöntemi.....	31
Şekil 3.12. Max-Prod ve Sum-Min Çıkartım Yöntemleri.....	32
Şekil 3.13. Sum-Prod Çıkartım Yöntemi.....	33
Şekil 3.14. Maksimum yönteminde birden fazla maksimum olma durumu.....	34
Şekil 3.15. Ağırlık merkezi yöntemi.....	35
Şekil 3.16. Ağırlık merkezi yönteminin dezavantaj durumuna bir örnek gösterim.....	35
Şekil 3.17. Bulanık Mantık Blok Şeması.....	36
Şekil 4.1. Ranza Yangınının (a) duman dedektörü (b) sıcaklık dedektörü (c) sprinklere verdiği yanıt ve (d) genel karakteristiği.....	41
Şekil 4.2. E.Dolabı Yangınının (a) duman dedektörü (b) sıcaklık dedektörü (c) sprinklere verdiği yanıt ve (d) genel karakteristiği.....	42
Şekil 4.3. K.Kulübe Yangınının (a) duman dedektörü (b) sıcaklık dedektörü (c) sprinklere verdiği yanıt ve (d) genel karakteristiği.....	43

Şekil 4.4. Çalışma Odası Yangınının (a) duman dedektörü (b) sıcaklık dedektörü (c) sprinklere verdiği yanıt ve (d) genel karakteristiği.....	44
Şekil 5.1. Bulanık Mantık ile Yangın Algılama Sisteminin blok diyagramı.....	46
Şekil 5.2. Sıcaklık ve Duman değişimlerine ait üyelik fonksiyonlarının gösterimi.....	47
Şekil 5.3. Çıkış üyelik fonksiyonu gösterimi.....	48
Şekil 5.4. Bulanık Mantık Giriş ve Çıkış Üyelik Fonksiyonları Arasındaki İlişki.....	49
Şekil 5.5. Sıcaklık ve Duman Değişimleri ile Çıkış Arasındaki İlişki.....	50
Şekil 5.6. Bulanık Mantıkda Ağırlık Merkezi Çıkartım Yöntemi Kullanıldığında Giriş ve Çıkış Üyelik Fonksiyonları Arasındaki İlişki.....	51
Şekil 5.7. Bulanık Durulaştırma Ağırlık Merkezi Yöntemi Kullanıldığında Sıcaklık ve Duman Değişimleri ile Çıkış Arasındaki İlişki.....	52
Şekil 5.8. Bulanık Yangın Algılama Sisteminin MATLAB'deki blok diyagram gösterimi.....	53
Şekil 5.9. Ranza Yangınının Duman ve Sıcaklık Karakteristiği.....	54
Şekil 5.10. Ranza Yangınının Duman ve Sıcaklık Değişimlerinin Çizimleri.....	55
Şekil 5.11. Ranza Yangını için Çıkış Akımı Şekli.....	56
Şekil 5.12. E.Dolabı Yangınının Duman ve Sıcaklık Karakteristiği.....	57
Şekil 5.13. E.Dolabı Yangınının Duman ve Sıcaklık Değişimlerinin Çizimleri.....	58
Şekil 5.14. E.Dolabı Yangını için Çıkış Akımı Şekli.....	59
Şekil 5.15. K.Kulübe Yangınının Duman ve Sıcaklık Karakteristiği.....	60
Şekil 5.16. K.Kulübe Yangınının Duman ve Sıcaklık Değişimlerinin Çizimleri.....	61
Şekil 5.17. K.Kulübe Yangını için Çıkış Akımı Şekli.....	62
Şekil 5.18. Ç.Odası Yangınının Duman ve Sıcaklık Karakteristiği.....	63
Şekil 5.19. Ç.Odası Yangınının Duman ve Sıcaklık Değişimlerinin Çizimleri.....	64
Şekil 5.20. Ç.Odası Yangını için Çıkış Akımı Şekli.....	65

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1. T_normu ve s_normu ve diğer operatörler.....	23
Tablo 3.2. Bulanık Denetimdeki Operatörlerden Bazıları.....	27
Tablo 3.3. X ve Y değerleri için relasyon matrisi tablosu.....	28
Tablo 3.4. Relasyon matrisi tablosunda $x' = 0.6$ için MAX-MIN çıkartım olayı.....	29
Tablo 3.5. Relasyon matrisi tablosunda $x' = 0.6$ için MAX-PROD çıkartım olayı.....	30
Tablo 5.1. Yangın test sonuçları ile elde edilen sıcaklık ve dumanın zamana bağlı değişim aralıkları.....	46
Tablo 5.2. Çıkışın durumuna göre yangın tipinin belirlenmesi.....	53



BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde doğal felaketlerden dolayı binlerce insanımız hayatını kaybetmektedir. Bu felaketlerden birisi de yangın olarak karşımıza çıkmaktadır. Yangına karşı yıllardır süregelen yalnızca erken tespit ve müdahaleydi. Bilimin hızla ilerlemesiyle yangın önleme konusunda da gelişmeler yaşanmaya başlandı. İlk olarak basit termistörlü sıcaklığa duyarlı yangın algılayıcıları ortaya çıktı. Ardından sıcaklık ve sıcaklık artış hızı dedektörleri geliştirildi. Daha sonra duman dedektörlerinin sıcaklık dedektörlerine karşı çok daha hızlı yangını algıladığı görüldü.

Bu gelişim günümüze kadar devam etti ve gelecekte de devam edecektir. Halen yangının nereden çıktığı, yangın çıkmadan önceki uyarı alarmı, algılayıcıların sistem tarafından kontrolü ve sistem ile haberleşmelerine kadar birçok yenilik yapılmıştır.

En son olarak yangın algılamada önde gelen ülkeler arasında sayılan İsviçre ve Kanada firmaları interaktif yangın algılama, yani akıllı yangın algılama adını verdikleri bir sistem geliştirdiler.

Her ne kadar iki firma kendi ürünlerinin akıllı sistem olduğunu söylese de, bu yangın algılama konusunda bir adım daha ileri gidildiğinin bir göstergesidir. Yapılan yangın test sonuçlarından binlerce değişik yangın materyalinin yangın karakteristiği çıkarılarak, Bulanık Mantık ile dedektörlerin yanlış alarm verme olasılığı sıfıra indirilmiştir.

Halen Bulanık Mantık ile yangın algılama konusunda İsviçre, Amerika ve Kanada'da bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Bunun yanı sıra yine Amerika'da National Institute of Standards and Technology bünyesinde bulunan Yangın ve Yangın Modellenmesi Laboratuvarında araştırma ve çalışmalar sürdürülmektedir.

BÖLÜM 2. YANGIN ALGILAMA SİSTEMLERİ

Bir yangın başlar başlamaz, çıktığı ortamda çeşitli şekillerde fark edilebilmesini sağlayacak değişiklikler yaratır. İnsanlar, görme, dokunma ve koku alma duyularının özelliğiyle çok iyi bir yangın algılayıcı olarak kabul edilebilirler. Bunun yanı sıra, insanlar bu duyular vasıtası ile algıladıklarını, deneyimleri ile karşılaştırarak tehlikeli veya önemsiz yangınlar ayırtedebilirler. Fakat, buna rağmen, insan algılarına her zaman güvenmek mümkün değildir. Bu yüzden bahsedilen çevredeki değişiklikleri fark edebilecek bazı mekanik, elektrik ve elektronik sistemler geliştirilmiştir.

Yangının, fark edilebilecek en yaygın belirtisi, ısı, duman ve ışık radyasyonudur. Fakat bütün yangınlarda bu belirtilerin görülmemesi, ayrıca yangın olmamasına rağmen benzer çevre koşullarının ortaya çıkabilmesi, algılama olayı meselesini biraz karıştırmaktadır. Yangın sırasında, çevrede ne tür değişikliklerin olabileceği ve bunlardan hangilerinin yangın olmadan da ortaya çıkabileceği, algılama sistemini seçip yerleştirecek olan yangın konusunda uzman mühendisin görevidir. Ayrıca bir yangında, bu belirtilerin hangi boyutlarda çıkabileceği de kesin olarak bilinmelidir. Hangi belirtinin daha önce meydana geleceği de önemli bir konudur.

Bu bölümde yangın algılamada kullanılan dedektör tipleri, dedektörlerin çalışma prensipleri ve günümüzde kullanılan yangın algılama sistemlerine genel bir bakış yer alacaktır.

2.1. Yangın Algılayıcıları (Dedektörler)

Geçmişten günümüze kadar kullanılan çeşitli tipteki yangın algılayıcılarının ve onların çalışma prensiplerinin neler olduğunu kısaca bu bölümde işlemeye çalışacağız. Sırasıyla şu algılayıcı tipleri şunlardır :

- 1- Isı algılayıcı
- 2- Kombine algılayıcı
- 3- Termoelektrik algılayıcı
- 4- Duman algılayıcı
- 5- Hazneli duman algılayıcı
- 6- Gaz duyarlı algılayıcı
- 7- Alev algılayıcı

2.1.1. Isı Algılayıcıları

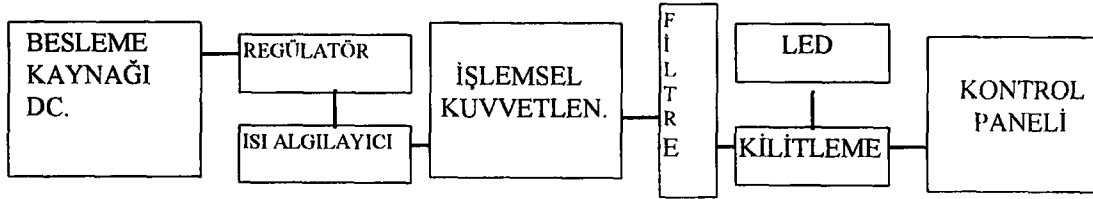
Isı algılayıcıları, en eski yangın algılayıcılarıdır. Isı algılayıcıları bazen sprinkler sistemleri ile birlikte kullanılırlar. Isı algılayıcıları, yangını algılayan en ucuz ve en doğru sistemler olmalarına rağmen, algılamada süresinin uzun olması gibi dezavantaja sahiptirler. Bu nedenle, ısı algılayıcıların kullanılmasına elverişli yerler, ısının hızla artmasının beklendiği küçük ve kapalı bölmeler diğer algılama sistemlerinin kullanılmasının sakıncalı olduğu yerler ve hızlı algılamanın bir sorun olmadığı alanlardır. Isı algılayıcıları yangında yayılan ısı enerjisi ile harekete geçerler ve genellikle tavana veya tavana yakın bir yere yerleştirilirler. Çalışma prensipleri ya sıcaklık daha önceden belirlenen bir değeri aştığında, ya da sıcaklık artış hızı belirli bir değere ulaştığında veyahut her iki özelliği de bünyesinde barındıracak şekilde olurlar.

2.1.1.1. Sabit Dereceli Algılayıcılar

Sabit dereceli algılayıcılar, ısı belirli bir dereceyi aştığı anda harekete geçecek şekilde yapılmışlardır. Algılayıcı kısmının ısınması belirli zaman almasından dolayı alarmların geçtikleri anda havanın sıcaklığı daha yüksek olur. Bu olaya ısı gecikme adı verilir. Sabit dereceli algılayıcılar 60°C 'den başlamak üzere çok sayıda ayar değeri ile çalıştırılabilirler.

2.1.1.2. Termistörle Yapılan Sabit Dereceli Algılayıcılar

Isıyla iç direnci değişen termistörler günümüzde çoğunlukla kullanılan ısı algılayıcılarda algılama elemanı olarak kullanılırlar. Elektronik devreye normal dirençlerle bağlanan termistör, ısıya normal dirençten daha fazla yanıt vererek elektriksel dengeyi bozup işlemsel kuvvetlendiricinin çıkışını aktifleştirir ve tristörle kilitleme devresini çalıştırarak üzerinde bulunan led'i yaktırır ve algılayıcının kontrol paneline alarm verdirmesini sağlar. Buna ait blok diyagram şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Termistörle Yapılan Sıcaklık Artış Hızı Algılayıcının Blok Şeması

2.1.1.3. Sürekli Tip Isı Algılayıcı

Sürekli tip algılayıcı, kapalı bir çevrim halinde tavana veya yan duvarda tavana yakın yerleştirilmiş bir metal borudan oluşur. Boru hatları normalde, her devrede en fazla 300 m boru olmak şartıyla, bir duvardan en fazla 4,5 m, aralarında ise 9 m uzaklıkla yerleştirilirler. Boruların alarm kontaklarını kapatmaya yetecek kadar uzun tutulamayacağı küçük alanlarda, hava bölmeleri veya tüp kangalları kullanılabilir.

2.1.1.4. Nokta Tip Isı Algılayıcı

Pnömatik ilkesi nokta algılayıcılarda kontakları kapatmak için kullanılır. Tek fark, bütün havanın bir tek kap içinde toplanmış olmasıdır.

2.1.1.5.Kapalı Pnömatik Hat Tipi Isı Algılayıcı

Bu tür algılayıcılarda dış hava ile herhangi bir bağlantı deliği bulunmaz. Sistem, içinde hidrojen gazıyla doyurulmuş özel bir tuz taşıyan bir boru şeklindedir. Normal sıcaklıklarda hidrojenin çoğu geçirgen tuz içinde tutulur ve tüp içindeki basınç düşüktür. Tüpün herhangi bir noktasında ısı yükselirse, hidrojen tuzdan kurtulur, iç basınç artarak diyafram basınç anahtarına bastırır, sistemde ayrıca normal sıcaklıklarda bulunan düşük basınca karşı ikinci bir basınç anahtarı daha vardır.

2.1.2. Kombine Algılayıcılar

Böyle algılayıcılarda yangına cevap verecek birden fazla eleman vardır. Algılayıcı tipine göre, harekete geçmesi için ya bir tek elemanın uyarılması ya da elemanların beraberce uyarılması gereklidir. Birinci tipe örnek olarak hem ısı artış hızı hem de sabit sıcaklık ilkeleriyle çalışan algılayıcılar verilebilir . Bunun avantajı, algılayıcının hem hızlı gelişen, hem de yavaş gelişen yangınlarda kullanılabilmesidir. En yaygın tipte, ısı artışı hızı için, delikli bir yarım küre ile esnek bir diyafram, sabit derece içinse bir metal çubuk ya da lehimli bir yay bulunur.

2.1.3. Termoelektrik Algılayıcılar

Alıcı elemanı bir termokupldan oluşan bu cihazlarla, sıcaklık artışına karşılık bir gerilim yükselmesi elde edilir. Bu gerilim, uygun düzenlerle izlenir ve belirlenmiş değeri aşarsa alarm verilir. Termopilli cihazlarda iki dizi termokupl bulunur. Bunlardan birisi, doğrudan çevre havası ile temastadır. Bir yangın sonucu ani sıcaklık artışı olunca açıktaki termokuplerin sıcaklığı daha hızlı yükselir ve bu nedenle bir potansiyel farkı sağlanır. Bu potansiyel farkı gerilim artışına çevrilerek alarm çaldırılır. Termo pil birimleri seri olarak ard arda bağlandığından bu gerilimler toplanır. Bu yüzden, termo pil algılayıcının duyarlılığı doğrudan içindeki termokupllerinin sayısına bağlıdır. Duyarlılık, ayrıca ısı radyasyonu termokupl yüzeylerinde odaklama yolu ile de artırılabilir.

2.1.4. Duman Algılayıcıları

Duman algılayıcıları bir çok yangını ısı algılayıcılarından önce haber verir. Bu algılayıcılar, çalışma ilkelerine göre tanımlanırlar. Çalışma ilkelerine göre iki çeşittirler:

- 1- İyonizasyon etkili duman algılayıcısı
- 2- Fotoelektrik (Optik) etkili duman algılayıcısı

Fotoelektrik sistemle çalışan duman algılayıcıları, daha büyük boyutlarda duman parçacıkları meydana geldiğinden küçük enerjili devam eden yangınları tespit etmede daha başarılıdırlar. İyonizasyon yöntemi ile çalışan algılayıcılar ise, çok sayıda küçük duman parçacıkları meydana getirdiğinden yüksek enerjili açık alevli yangınları daha çabuk tespit ederler.

2.1.4.1. İyonizasyon Etkili Duman Algılayıcı

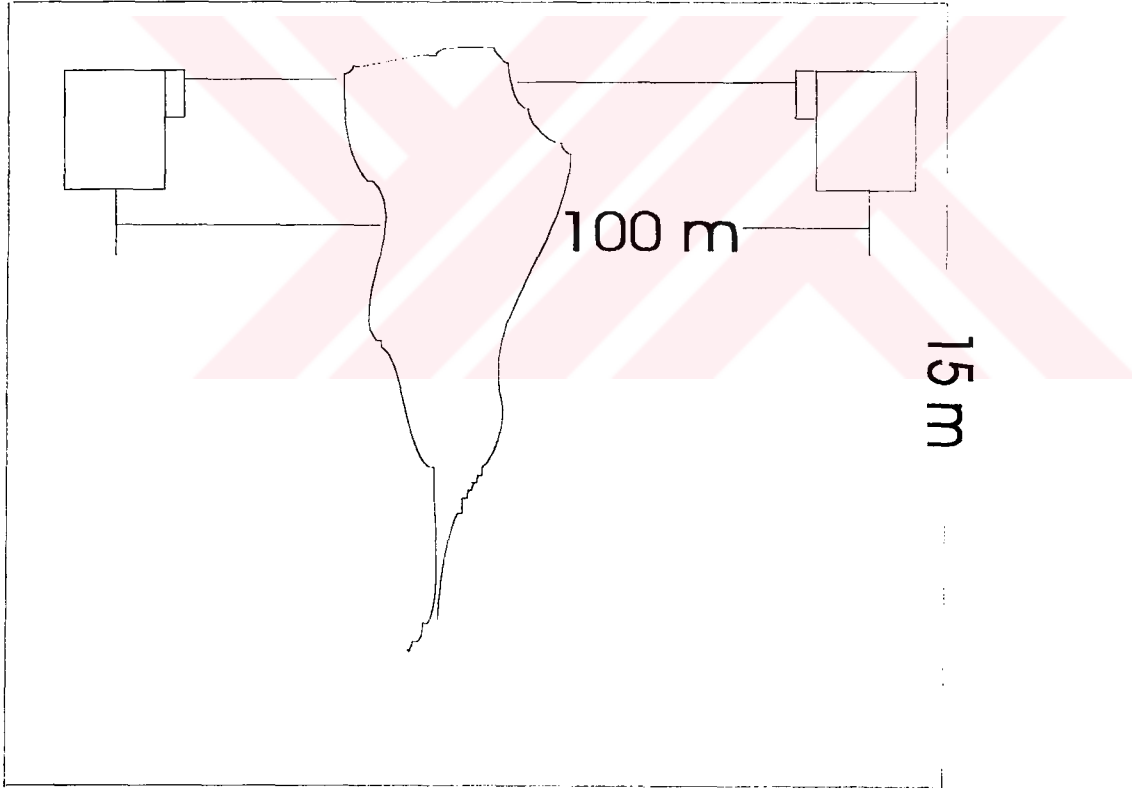
İyonizasyon etkili duman algılayıcılar genellikle spot tipindedir. Böyle bir algılayıcıda, duyarlı bölme içindeki havayı iyonize eden bir miktar radyoaktif madde bulunur. (Örneğin Amerikyum 241) İyonize olan hava iletkenleşir ve bölme içindeki iki elektroddan hava yolu ile akım akar. Bu bölme içine giren duman parçacıkları iyonlara yapışıp hareket yeteneklerini, dolayısıyla havanın iletkenliğini azaltır. İletkenlik belirli bir değerin altına düşünce algılayıcı harekete geçer.

2.1.4.2. Optik Duman Algılayıcı

Havaya yayılan yoğun duman parçacıkları bir ışık hüzmesinin geçişini bir ölçüde engeller. Bu etki, bir yangının varlığını belirlemek amacıyla kullanılabilir. Duman parçacıkları bir ışık yoluna girerse dağılmaya neden olurlar. Bu ilkeye göre çalışan duman algılayıcıları genellikle spot tipindedir. Bunlarda da bir ışık kaynağı ve birde ışığa duyarlı alıcı vardır, ancak öyle düzenlenmiştir ki normal şartlarda ışınlar alıcıya ulaşmaz. Hüzmeyle giren duman parçacıklarına çarpan ışınlar yansıyarak alıcıya ulaşır ve belirli bir eşik değerini aştığı anda alarmı çaldırırlar.

2.1.4.3. Işın (Beam) Algılayıcısı

Bu tip algılayıcılarda, bir ışık kaynağı ve karşısında ışığa duyarlı bir alıcı bulunur. Aralarına duman parçacıkları girince, alıcıya ulaşan ışık miktarı azalır ve alarm çalar. Işık kaynağı olarak genellikle led (ışık yayan diyot) kullanılır. Alıcı kısmında ise, ışığa duyarlı optik elemanlar (fotodiyot, fototransistör, foto rezistans , güneş pili vb.) vardır. Bu elemanlar, üzerine düşen ışıkla orantılı elektriksel olaylar meydana getirirler. Pratikte bu sistemler büyük açık alanlarda ve 5 metreden yüksek tavanlı yerlerde kullanılırlar. Alanın bir ucuna ışık kaynağı öteki ucunada alıcı yerleştirilir. Kontrol alanını genişletmek, ışığa arzu edilen yollardan geçirebilmek için bazen ayna kullanıldığı da olur. Şekil 2.2.'de beam algılayıcısının çalışması gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Beam (Işın) algılayıcısının çalışmasını gösteren diyagram.

2.1.5. Hazneli Duman Algılayıcıları

Bu algılayıcılar, genellikle örnek alma esası ile çalışırlar. Algılayıcı içindeki nem oranı yüksek bir bölmeye bir pompa vasıtası ile hava çekilir. Hava örneğinin rutubeti arttırıldıktan sonra bölme içindeki basınç biraz düşürülür. Eğer duman parçacıkları varsa havadaki nem, bunların etrafında yoğunlaşır ve bölme içinde bir bulut meydana gelir. Daha sonra, optik ilkelerle bu bulutun yoğunluğu ölçülür ve önceden belirli değerden fazla ise alarm verir.

2.1.6. Gaz Duyarlı Yangın Algılayıcıları

Bir yangın sırasında, çevre havasında bulunan gazlarda bir çok değişiklik meydana gelir. Deneyler sonucunda, gaz algılamasının ısı algılamasından hızlı, duman algılamasından ise yavaş olduğu belirlenmiştir. İki türde gaz algılayıcı vardır :

2.1.6.1. Yarı İletken Gaz Duyarlı Yangın Algılayıcıları

Yarı iletken tipteki yangın ve gaz algılayıcıları, yarı iletken elemandan meydana gelen elektriksel değişikliklerle çalışır. Ortamdaki gazın yoğunluğunu veya en düşük patlama seviyesini bizlere gösterir.

2.1.6.2. Katalitik Elemanlı Gaz Duyarlı Yangın Algılayıcıları

Katalitik elemanlı gaz algılayıcılarında, kendi değişmeden kalabildiği halde yanıcı gazların oksitlenmesini hızlandıran elemanlar kullanılır. Sonuçta elemanda meydana gelen sıcaklık artışı çalışmaya neden olur ve gazın algılanmasını sağlar.

2.1.7. Alev Algılayıcıları

Bir alev algılayıcı insan gözü tarafından görülebilen (4000-7700 angstrom) yada görülemeyen ışın enerjisine duyarlıdır. Yakıt yükleme platformları, endüstriyel işlem alanları, hiperbarik bölmeler, yüksek tavanlı alanlar ve patlama veya hızlı yangın söz

konusu olan alanlarda hızlı algılama kapasiteleri nedeniyle alev algılayıcıları tercih edilir. Diğer dedektör tipleri gibi alev algılayıcısı da birkaç kısma ayrılabilir. Bunlardan bazıları şunlardır

2.1.7.1. Kızılötesi Alev Algılayıcı

Kızılötesi algılayıcılarda, istenmeyen frekansları ayıklamak ve gelen enerjiyi ışığa duyarlı kısım üzerinde odaklamak amacıyla bir filtre ve lens sistemi kullanılır. Bu algılayıcıların en önemli sorunları, doğrudan güneş ışığından da etkilenebilmesidir.

2.1.7.2. Morötesi Alev Algılayıcıları

Mor ötesi algılayıcılarda, duyarlı eleman olarak ya sikonkarbid veya alüminyumnitrit gibi bir katı, yada gaz dolu bir tüp bulunur. Bu algılayıcılar da hem güneş ışığından hem de yapay ışıktan etkilenebilirler.

2.2. Çevre Koşullarının Algılayıcı Yanıtına Etkisi

Çevre koşulları, algılayıcıların cevabını, yerleştirilmesini ve seçilmesini belirler. Yanlış algılayıcı seçimi veya hatalı düzenleme, alarm vermemekten yanlış alarm vermeye kadar bir çok problem ortaya çıkarabilir. Bir algılayıcı seçimi yapılmadan önce, içinde bulunacağı ortamda yangın haricinde ne gibi durumlara maruz kalacağı belirlenmelidir. Mesela, morötesi veya kızılötesi algılayıcılar kullanılırken çevrede gaz veya ark kaynağı yapılıyorsa ışımaya enerjisinden dolayı yanlış alarmlar verilebilir. Duman algılayıcılarında sigara dumanı, mutfak buharları gibi nedenlerle de yanlış alarm problemi çıkabilir. İyonizasyon etkili duman algılayıcısının kullanıldığı yerde yoğun bir koku olmamalıdır.

Mekanik yollarla havalandırma yapılan binalarda hava girişleri civarında duman dağıtılacağı için algılayıcılar pervaneler yakınına yerleştirilmemelidir. Algılayıcılar, havayı çıkış deliklerinde karşılamalıdır. Ancak havalandırma sistemi kapatıldığında denge bozulacağı için çevreye ilave birkaç algılayıcı daha yerleştirilmelidir.

2.3. Erken Uyarı Sistemleri

Meskun binalarda, oturan ve çalışanların can güvenliğinin sağlanması için, atılacak üç adım vardır:

- 1- Yangın tehlikelerinin en aza indirilmesi,
- 2- Erken uyarı (alarm) sistemi yerleştirilmesi ve
- 3- Tehlike kaçış planlaması yapılması.

Erken uyarı sistemi tipleri şunlardır :

2.3.1. Tek ve Çok İstasyonlu Algılayıcılar

Tek istasyonlu bir algılayıcı içinde dedeksiyon (duyar) elemanı, elektrik veya mekanik kontrol parçaları, bir alarm çalma sistemi ve gerekli güç bağlantıları olan bütün bir sistemdir. Tek bir besleme hattı üzerinden binanın elektrik şebekesine bağlanmış birden çok algılayıcı sistemlere çok istasyonlu sistem adı verilir. Doğru bağlantı yapıldıysa, algılayıcılardan biri uyarıldığı anda bütün alarmlar birden çalmaya başlayacaktır.

2.3.2. Mesken Yangın Uyarı Sistemleri

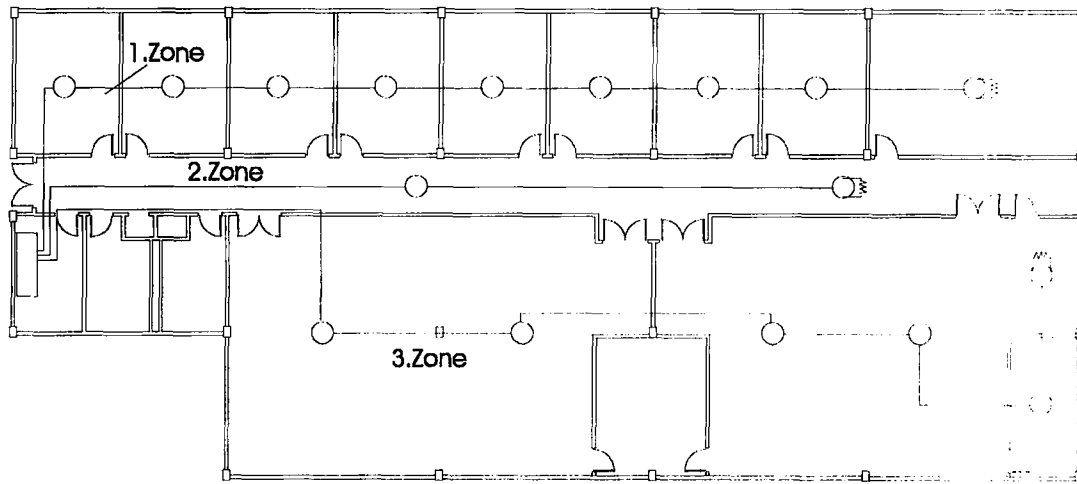
Tek ve çok istasyonlu algılayıcılara ek olarak, bölgesel yangın alarm sistemlerine benzeyen mesken yangın uyarı sistemleri de vardır. Bu sistemlerde, beslemesini bina elektriğinden alan, ayrıca en az 24 saat dayanacak bir de bataryası bulunan bir kontrol ünitesi vardır. Bu sistemlerde de, tek ve çok istasyonlu duman algılayıcıları veya ısı algılayıcıları kullanılır. Ancak, siren, boru, zil gibi ayrı alarm düzenleri de bulunur. Kontrol ünitesi, tehlikeyi bina dışında bir yerlere, mesela itfaiye teşkilatına haber verme amacı ile yerleştirilmiştir.

2.3.3. Konvansiyonel Sistemler

Bu sistemler daha çok fazla alanın kontrol edilmesinde kullanılır. Sisteme birden çok algılayıcı ve birden çok algılayıcı devresi bağlanabilmektedir. Algılayıcıların beslenmesi ve kontrolü aynı çift kablo üzerinden yapılır. İçinde bulunana aküler sayesinde elektrik kesintisinde dahi sistem en az 48 saat beslenir. Bu kontrol paneli istenirse söndürme sistemlerini çalıştırır. İstenilen yere telefon aracılığıyla yangın ihbarını iletir. Bu sistemlerde yangın tehlikesi olabilecek alan “zone” diye tabir edilen bölgelere ayrılır. Ana santralimizin veya panelimizin kapasitesine ve mahal durumlarına göre bölgelere ayrılır. Herbir zone’a panelin çıkış akımına bağlı olarak sınırlı sayıda algılayıcı bağlanabilir. (örneğin her zone’a 20 algılayıcı) Zone’a bağlanan algılayıcılardan hattın en sonundakine hat sonu direnci (EOL = End Of Line) bağlanır. Sistem algılayıcıdan gelen ihbarlara göre hareket eder. Konvansiyonel Yangın İhbar Paneli hattın omaj durumuna göre 3 ihbarda bulunabilir.

- 1- Yangın alarmı,
- 2- Kısa devre ve
- 3- Hat kopuk.

Şekil 2.3.’de 3 bölgeci yangın algılama sisteminin nasıl yapıldığı gösterilmiştir.



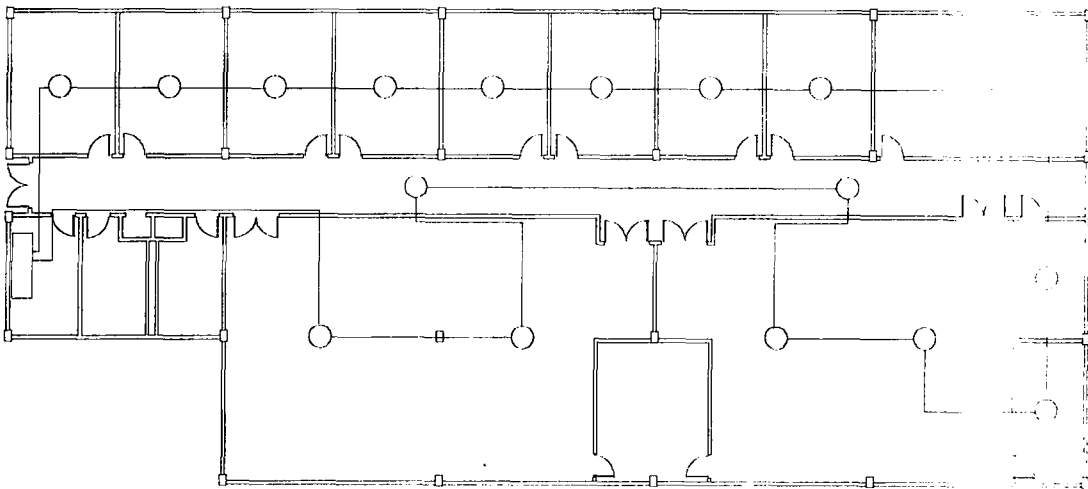
Şekil 2.3. Konvansiyonel yangın algılama sistemine ait 3 bölgeci (zone) bir örnek.

2.3.4. Analog Sistemler

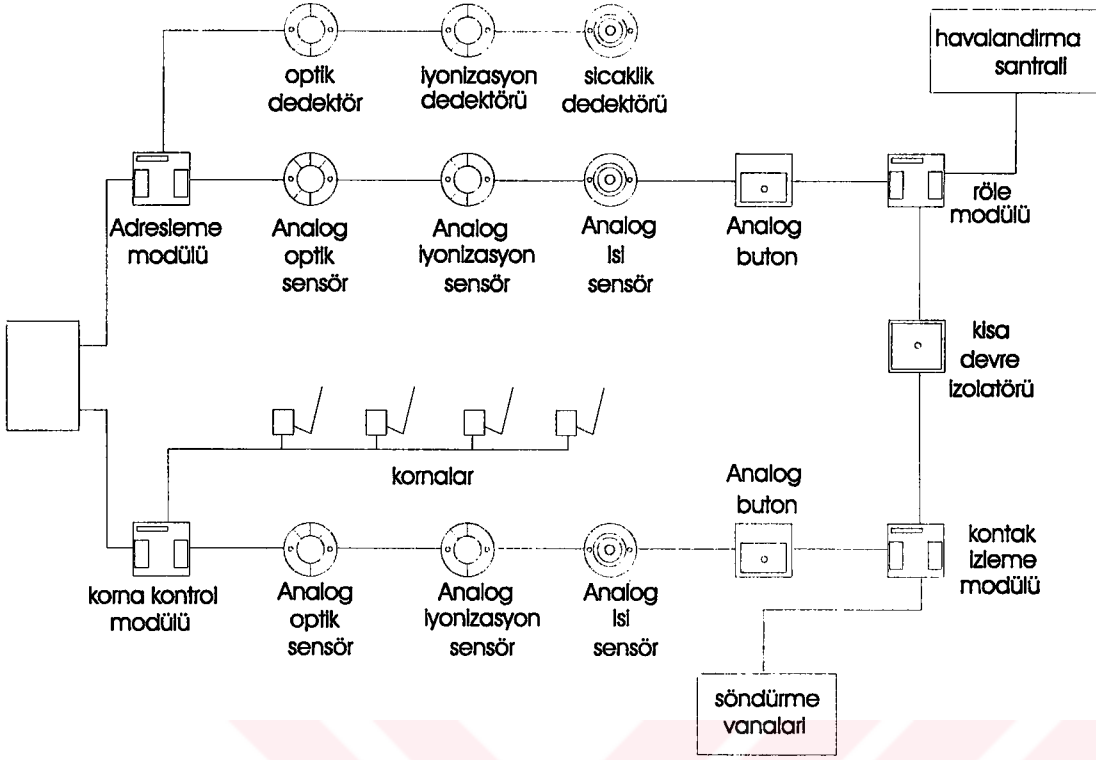
Bu sistemlerde panel ile algılayıcılar haberleşme yapmaktadırlar. Panelde herbir algılayıcıdan istenilen anda ölçüm sonucu, algılayıcıda çevre şartlarından ötürü bir problem olmuşsa bunun bildirim, yangın çıkmadan önce ön alarm görülebilir. Kablolama diğer sistemlere göre biraz farklıdır. Analog Yangın İhbar Panelinden çıkan bir çiftli kablo tüm yangın tehlikesi olan alanı dolaşır ve panele geri döner. Bu bir döngü oluşturduğundan herbir çift kablunun alanı dolaşıp dönmesine *Loop* adı verilir. (Şekil 2.5) Her loop'a 99 veya 127 adet yangın algılayıcısı, saha cihazları (adresleme modülü, korna modülü, kontak izleme modülü, röle modülü, ...) ve adresli yangın ihbar butonları bağlanabilir.

Sistemde her algılayıcıda mikroişlemci bulunup herbiri 1 adrese sahiptir. Herhangi bir anda gelen yangın, ön alarm, algılayıcı arızası ihbarları için bir kesme (interrupt) gönderip, durumu panele iletir. Panel bu ihbarı ön yüzünde bulunan LCD ekran üzerinden kişiye iletir.

Ayrıca sisteme bağlanan ikaz cihazlarının (korna, flaşör, seslendirme-anons sistemi) durumuna göre onları harekete geçirir. Algılayıcıların adreslemeleri diplerinde bulunan switch yardımıyla yapılır. Şekil 2.4.'de Analog yangın algılama sisteminin bir kata basit uygulaması gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Analog yangın algılama sisteminin bir yapıda uygulanmasının gösterilmesi.



Şekil 2.5. Analog yangın algılama sisteminde döngü (loop) yapısı.

BÖLÜM 3. BULANIK MANTIK

1965’de Zadeh tarafından *Fuzzy Logic* ilk defa ortaya atılmıştır. Fuzzy anlam olarak dilimizde bulanık, hayal olarak ifade edilebilir. Bu yüzden dilimize Bulanık Mantık olarak geçmiştir. Klasik mantıktan biraz farklıdır.(lojik) Bulanık mantıkta lojik olarak ifade edilen 1 ve 0 değerlerinden başka ara değerlere de bakılır. Klasik mantıktaki sıcak-soğuk, yavaş-hızlı, ağır-hafif gibi değerleri bulanık mantık az, biraz, çok gibi niteleyicilerle birlikte insan mantığına yakın hale getirmiştir.

Bulanık mantık olayların ne dereceye kadar olduğunu, ne dereceye kadar var olduğunu ölçer. Yani olayların oluşum derecesine bakar. Klasik mantıkta ise keskin sınır değerleri vardır. Bir eleman ya belirtilen kümenin elemanıdır veya değildir. Bu keskin değerler ile günümüzde bir çok problemle karşılaşmıştır. Örneğin otomasyonda sistem modeli tam olarak belirlenemez ise, bu sistemin kontrolünü klasik mantığa dayalı yapmak sorunlara yol açabilir. Oysa bulanık mantıkta o sistemi daha önce kullanmış insanın tecrübelerine dayanan önermeler esas alınır. Bir insanın bir sistemi veya bir cihazı kullanması için matematik modelini bilmesine gerek yoktur. Kısaca klasik kontrol yöntemleri ile çok zor denetlenen bir sistem, onu başarıyla kullanan bir insanın tecrübelerinden yararlanarak denetlenebilir.

Ancak bu kurallar da kişiden kişiye değişebilir. Bu sebeple birden fazla insanın deneyimlerinden faydalanmak sistemin kontrolünde göz önünde bulundurulabilir.

Bulanık mantık yapabilmek için elde yeterli sayıda önermeler bulunmalıdır. Bu önermelerin iyi bir şekilde ortaya çıkarılması bizim sistemin denetimini sağlıklı olarak yapabilmemizi sağlayacaktır. Önermelerin sayısı sistemin karmaşıklığına göre bazı hallerde onlarca, bazı hallerde ise birkaç taneyle sınırlı kalabilir.

Bilim adamlarınca bulanık mantık teorisinin, hava, doğal olaylar, denizler, ekonomi, borsa, seçimler gibi sistemlerin modellenmesi ve denetimi için en iyi çözüm olduğu savunulmaktadır. Bunun tek sebebi ise bulanık mantığın daha öncede belirttiğimiz gibi insan mantığına olan yakınlığıdır. Fakat klasik kontrol denklemleri elde edilmiş, yani sistemin modeli biliniyorsa veya yeterli olan sistemlerde bulanık bir yaklaşım kullanmak tavsiye edilmez.

Klasik mantıkla yeterli doğrulukta modellenmeyen çok karmaşık sistemlerde, lineer olmayan veya önemli derecede lineer olmayan sistemlerde, başlangıç koşullarında, veya tanımlamalarında belirsizlik olan sistemlerde bulanık mantık kullanılması en iyi çözümü verecektir.

Bulanık mantık yapay zeka ve yönetim gibi çok çeşitli alanlarda uygulanmış ve başarılı sonuçlar vermiştir. Bulanık mantıkta önermeler sıcak, soğuk tanımlamaları ile yapılabileceği gibi çok sıcak, az soğuk gibi tanımlarla da ifade edilebilir. Önermelerdeki sayının artması işaretleri izlemedeki hassasiyeti artırırken buna karşılık işlem hızını düşürür. Bir sistem için uygun seviye, deneysel sonuçların istenen performans ile karşılaştırılması sonucu bulunur.

Bulanık mantığın ortaya çıkması matematikte de bulanık kümeleri ortaya çıkarmıştır.

3.1. Kümeler

3.1.1. Keskin Kümeler

Kısaca uzayda elemanların oluşturduğu topluluklara küme denir. Bu küme uzayda belirli sayıdaki elemanı ile yerini alır. Örneğin :

$$B = \{x \in \mathbb{N} \mid 1 < x < 10\} \quad (3.1)$$

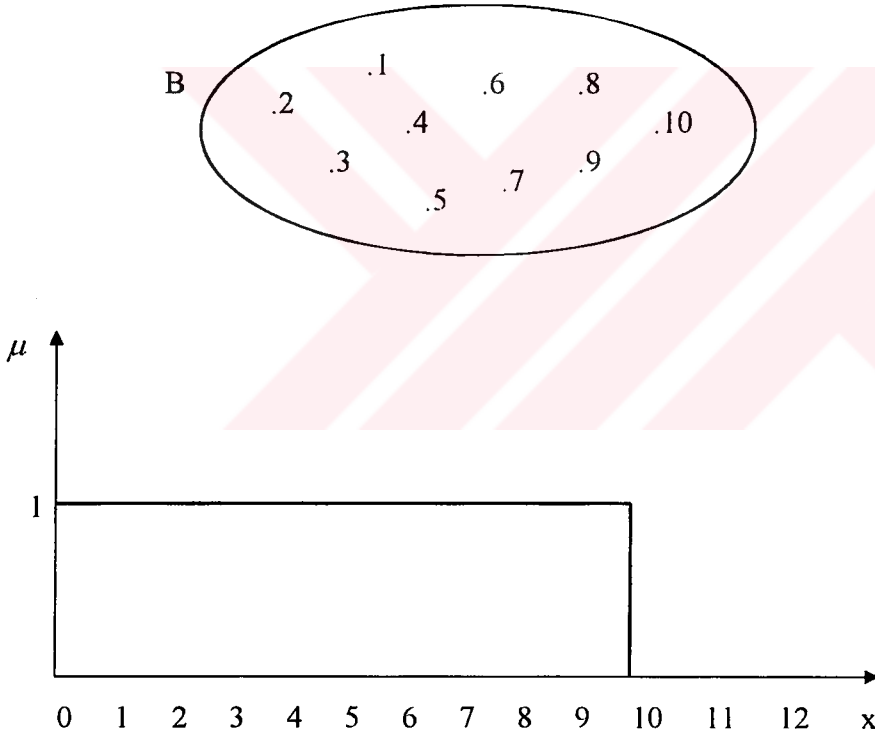
Bu küme 1 ile 10 arasındaki doğal sayıları içeren bir gruptur. Bu kümenin bir elemanı olması “*eleman*” \in işareti ile gösterilir. Kümenin bir elemanı için $1 \in B$ veya $7 \in B$ olarak yazılır. Buna karşılık 11 elemanı değildir bu kümenin. Buda $11 \notin B$ ile gösterilir.

Uzayda yer alan herhangi bir bilinmeyen elemanı x kabul edip; bu x elemanın B kümesinin elemanı olup olmadığını 2 seçenekli bir üyelik fonksiyonu μ_B ile gösterebilirsek; x elemanı B kümesinin elemanı ise $\mu_B = 1$ değerini, B kümesinin elemanı değil ise $\mu_B = 0$ değerini alır. Matematiksel olarak bunları ifade edecek olursak :

$$\mu_B = x \rightarrow \{0,1\} \quad (3.2)$$

$$\mu_B = \begin{cases} 1 & \text{eğer } x \in B \\ 0 & \text{eğer } x \notin B \end{cases} \quad (3.3)$$

Keskin kümelerde 3 temel işlem vardır. Bu temel işlemler Birleşme, kesişim ve tümleyen işlemleridir.



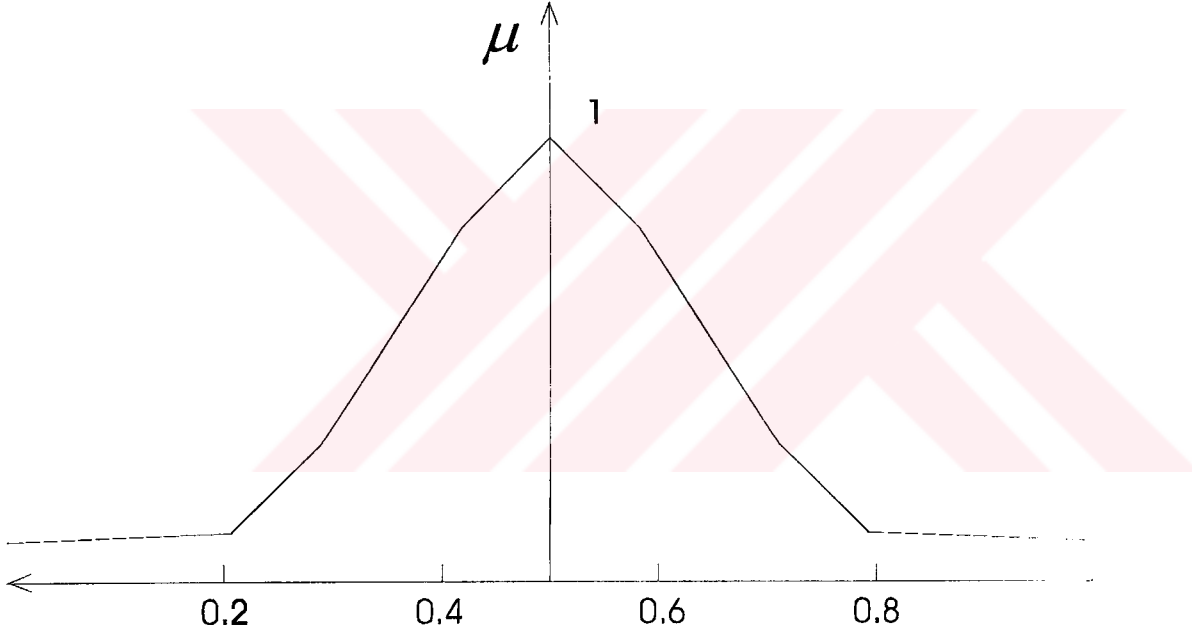
Şekil 3.1. B Kümesinin şeması ve Üyelik fonksiyonu.

3.1.2. Bulanık Kümeler

Bulanık küme kesin kümenin bir bakıma genelleştirilmiş halidir. Bir x değişkeninin 0-1 aralığında her değeri alabileceği bir üyelik fonksiyonu $\mu(x)$ vardır.

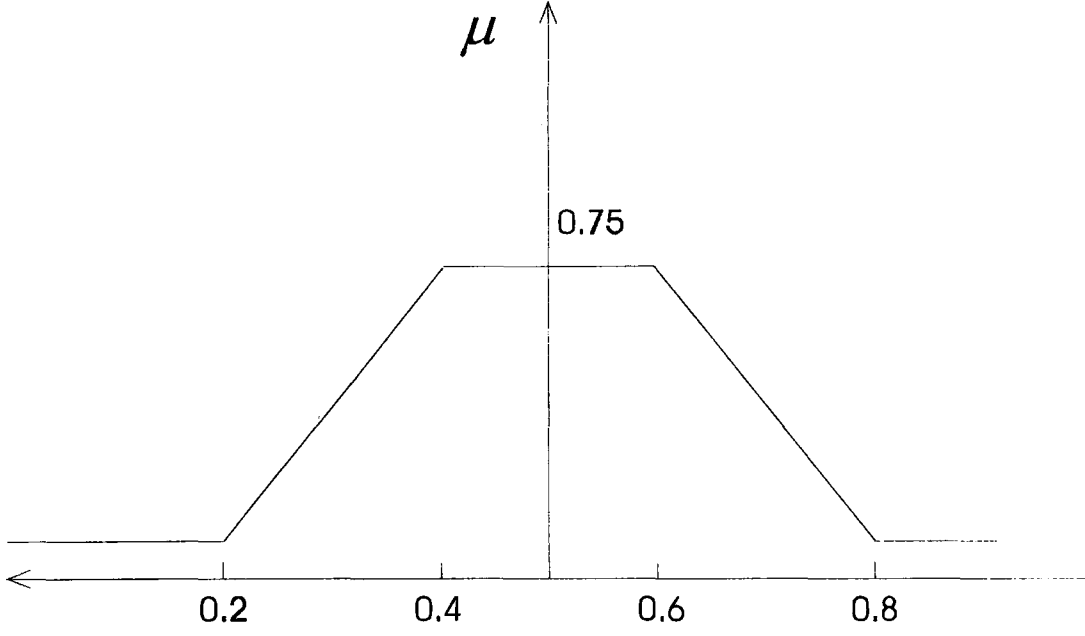
Bu üyelik fonksiyonları yapısına göre iki ayrı şekilde incelenebilir.

- 1- Sürekli Üyelik Fonksiyonları
- 2- Yarı Sürekli Üyelik Fonksiyonları



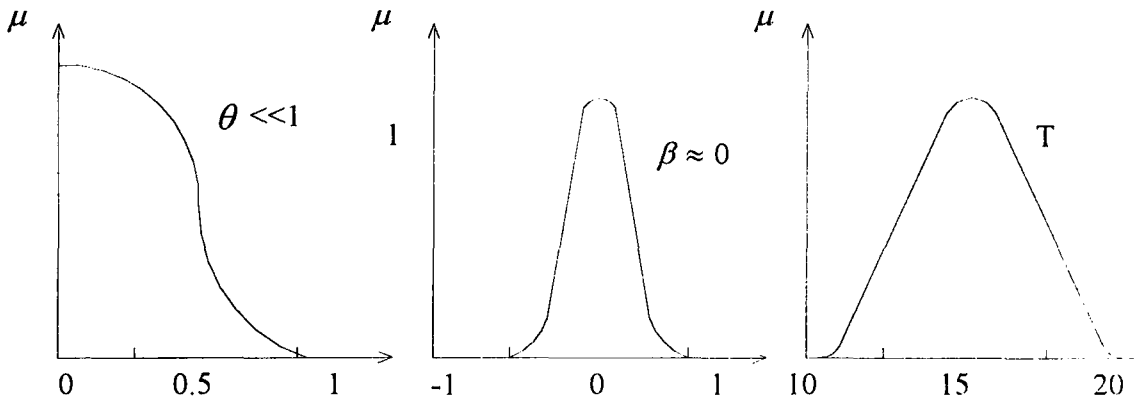
Şekil 3.2. Sürekli Üyelik Fonksiyonu.

Yarı sürekli üyelik fonksiyonlarda en önemli özellik birkaç değer ile tanımlanabilmesidir. Şekil 3.3.'de dört değerli bir yamuk üyelik fonksiyonu verilmiştir. Bu üyelik fonksiyonunda dört değere ihtiyaç olduğu açıktır. Aynı şekilde üyelik fonksiyonumuz üçgen fonksiyon da olabilirdi.



Şekil 3.3. Yarı Sürekli Üyelik Fonksiyonu

Matematikteki $\theta \ll 1$ veya $\beta \approx 0$ gibi keskin kümelerdeki iki değerli ifade ile pek uyuşmayan bir ifade ortaya çıkmaktadır. Bu tanımlamalar için değişik yorumlar alınabilir. Örneğin, θ değeri 0.5 iken, 1 sayısından çok küçük veya az küçük diye bir kaç yorum ortaya konulabilir. Veyahut β değeri 0.01 iken, yaklaşık kesin 0 sayıdır yada yaklaşık 0 sayısı olabilir denilebilir. Bu ifadeler bizim için keskin olmayan bulanık ifadelerdir.



Şekil 3.4. Keskin Olmayan Kavramların Üyelik Fonksiyonları.

Bulanık kümelerin matematiksel gösterimi ise şu şekildedir :

$$A = \{x, \mu_A(x) | x \in X\} \quad (3.4)$$

X kümesinin içindeki A bulanık kümedir. A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu,

$$\mu_A: x \rightarrow [0,1] \quad (3.5)$$

şeklinde gösterilir. μ_A fonksiyonu X temel kümesinin her bir elemanına karşılık gelen üyelik derecesini verir. Temel kümenin listelenen bütün elemanları dışında kalanların üyelik dereceleri sıfırdır.

Bulanık kümenin gösteriminde değişik ifadelere de rastlanabilir. Bunlardan birisi Zadeh'in bir Singleton için $\mu_F(x) / x$ yazım şeklidir. Bu yazım şekli için bulanık küme

$$F = \{\mu_F(x) / x | x \in X\} \quad (3.6)$$

şeklinde olur. F bulanık kümesi, tanımlı olduğu X uzayı sürekli ise;

$$F = \int_x A(x) / x dx \quad (3.7)$$

ile ifade edilir.

Bulanık kümede de klasik kümede olduğu gibi tanımlama, elemanların listelenmesi yoluyla yapılır. Bu durumda elemanların verileri yeterli değerlidir. Ayrıca herbir eleman için ilaveten kümeye ait olma derecesi de verilmelidir.

Tanım 3.1. F bulanık kümesi X uzayı içinde ise,

$$Y(F) = \max_{x \in X} \mu_F(x) \quad (3.8)$$

yükseklik olarak adlandırılır. Eğer $Y(F) = 1$ ise F normal küme, aksi halde normal küme değildir (*subnormal*) denir.

Tanım 3.2. F bulanık kümesi X uzayı içinde ise,

$$S(F) = \{x \in X | \mu_F(x) > 0\} \quad (3.9)$$

destek (support) adını alır.

Tanım 3.3. F bulanık kümesi X uzayı içinde ise,

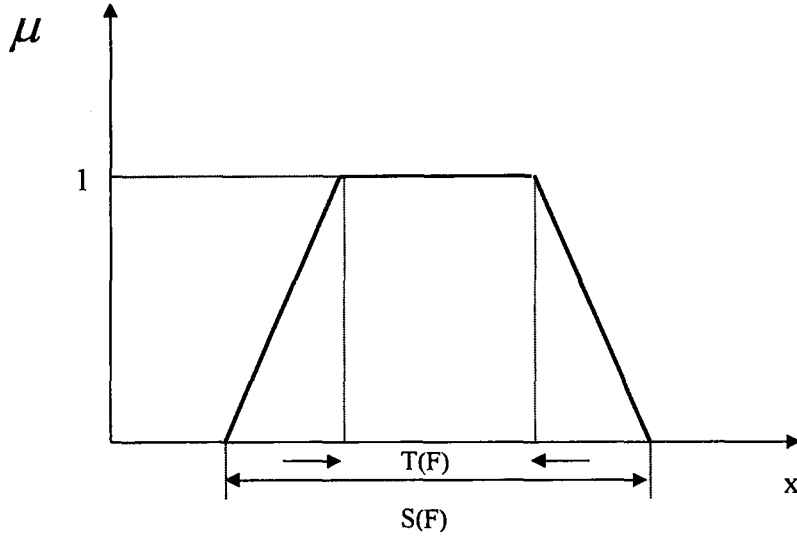
$$T(F) = \{x \in X | \mu_F(x) = 1\} \quad (3.10)$$

F kümesinin *Toleransı* olarak ifade edilir.

Bir bulanık kümenin desteği, temel kümenin yani X uzayının elemanlarından üyelik fonksiyon derecesi sıfırdan büyük olan elemanları içerir. Tolerans ise üyelik derecesi 1 olan elemanlardan meydana gelir.

Şekil 3.5.'de tolerans ve destek tanımları yamuk biçimli üyelik fonksiyonu üzerinde gösterilmiştir.

Üçgen biçimli kümede tolerans yalnızca bir model değerden oluşur. Singleton şeklindeki kümede tolerans ve destek aynı model değerden meydana gelir. Klasik kümelerde ise, tolerans ve destek aralığı aynıdır.



Şekil 3.5. Yamuk üyelik fonksiyonunun tolerans ve desteğinin gösterimi.

3.1.2.1. Bulanık Kümelerde İşlemler

Kesişim, birleşim, tümleyen kümeler gibi kavramlar bulanık kümeler için de önemlidir. M ve N X uzayında tanımlı bulanık iki küme ise, bulanık küme işlemleri ile ilgili tanımlamalar da şu şekilde olur:

Tanım 3.4. M ve N bulanık kümelerinin birleşimi R bulanık kümesidir. $R = M \cup N$ şeklinde yazılır. Toplam kümenin üyelik fonksiyonu,

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (3.11)$$

$$\mu_R(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (3.12)$$

şekillerinde tanımlanır.

Tanım 3.5. M ve N bulanık kümelerinin kesişimi P bulanık kümesidir. $P = M \cap N$ şeklinde yazılır. Üyelik fonksiyonu şu şekilde ifade edilir:

$$A \cap B = \int_0^x (\mu_A(x) \wedge \mu_B(x)) / x \, dx \quad (3.13)$$

$$\mu_P(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (3.14)$$

İki bulanık kümenin kesişiminin oluşturulması veya keskin olmayan ifadenin AND bağlantısının gerçekleştirilmesi için operatörler T_norm olarak ifade edilirler. Birleşim kümesinin oluşturulması veya OR bağlantısının gerçekleştirilmesi için ise operatörler s_norm olarak ifade edilirler.

Tanım 3.6. T_normu,

$$t : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1] \quad (3.15)$$

şeklinde tanımlanır ve aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- 1- $y \geq x$ ve $z \geq w$ için $y t z \geq x t w$
- 2- değişim özelliği vardır.
- 3- birleşim özelliği vardır.
- 4- $x t 0 = 0$; $x t 1 = x$ koşulu geçerlidir.

Tanım 3.7. s_normu,

$$s : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1] \quad (3.16)$$

şeklinde tanımlanır ve aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- 1- $y \geq x$ ve $z \geq w$ için $y \wedge z \geq x \wedge w$
- 2- değişim özelliği vardır.
- 3- birleşim özelliği vardır.
- 4- $x \wedge 0 = x$; $x \wedge 1 = 1$ koşulu geçerlidir.

Tablo 3.1. T_normu, s_normu ve diğer operatörler

AND T_norm $T(\mu_A(x), \mu_B(x))$	OR s_norm $s(\mu_A(x), \mu_B(x))$
Minimum $\text{MIN}(\mu_A(x), \mu_B(x))$	Maksimum $\text{MAX}(\mu_A(x), \mu_B(x))$
Drastik (Etkili) Çarpım $\text{MIN}(\mu_A(x), \mu_B(x))$ eğer $\text{MAX}(\mu_A(x), \mu_B(x)) = 1$ ise 0	Drastik (Etkili) Çarpım $\text{MAX}(\mu_A(x), \mu_B(x))$ eğer $\text{MIN}(\mu_A(x), \mu_B(x)) = 0$ ise 1
Sınırlı Fark (Lukasiewicz-AND) $\text{MAX}(0, \mu_A(x) + \mu_B(x) - 1)$	Sınırlı Toplam (Lukasiewicz-OR) $\text{MIN}(1, \mu_A(x) + \mu_B(x))$
Einstein Çarpımı $(\mu_A(x), \mu_B(x)) / (2 - (\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \mu_B(x)))$	Einstein Toplamı $(\mu_A(x) + \mu_B(x)) / (1 + \mu_A(x) \mu_B(x))$
Hamacher Çarpımı $(\mu_A(x) \mu_B(x)) / (\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \mu_B(x))$	Hamacher Toplamı $\mu_A(x) + \mu_B(x) - 2(\mu_A(x) \mu_B(x)) / (1 - \mu_A(x) \mu_B(x))$
Cebirsel Çarpım $\mu_A(x) \mu_B(x)$	Cebirsel Toplam $(\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \mu_B(x))$
Yager Operatörü $1 - \text{MIN}(\left((1 - \mu_A(x))^p + (1 - \mu_B(x))^p \right)^{1/p}, 1)$ $p \in R$	Yager Operatörü $\text{MIN}(\left(\mu_A(x)^p + \mu_B(x)^p \right)^{1/p}, 1)$ $p \in R$

Tanım 3.7. A bulanık kümesinin tümleyeni A^c ile gösterilir ve ifadesi de,

$$\mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (3.17)$$

şeklinde verilir. Örneğin kavramsal değişkenin soğuk olduğunu kabul edersek, bu kümenin tümleyen kümesi soğuk değil ile ifade edilen küme olur.

3.2. Bulanık İlişkiler

Bulanık ilişkiler, farklı temel kümeler içinde tanımlı olan kümeler arasındaki bağıntılardır. İlişkinin temel kümesi, birbiriyle bağıntıya giren büyüklüklerin temel kümelerinin çapraz çarpımı sonucu ortaya çıkar. Bulanık ilişkinin kendisi de bir kümedir. Bu küme ise temel kümelerin çapraz çarpım kümesinin bir alt kümesidir. Kısaca R bulanık ilişki kümesi.

$$R : (x, y) \in X \times Y \quad (3.18)$$

ile gösterilir.

Tanım 3.8. Temel kümelerin sıralı bir kümesi,

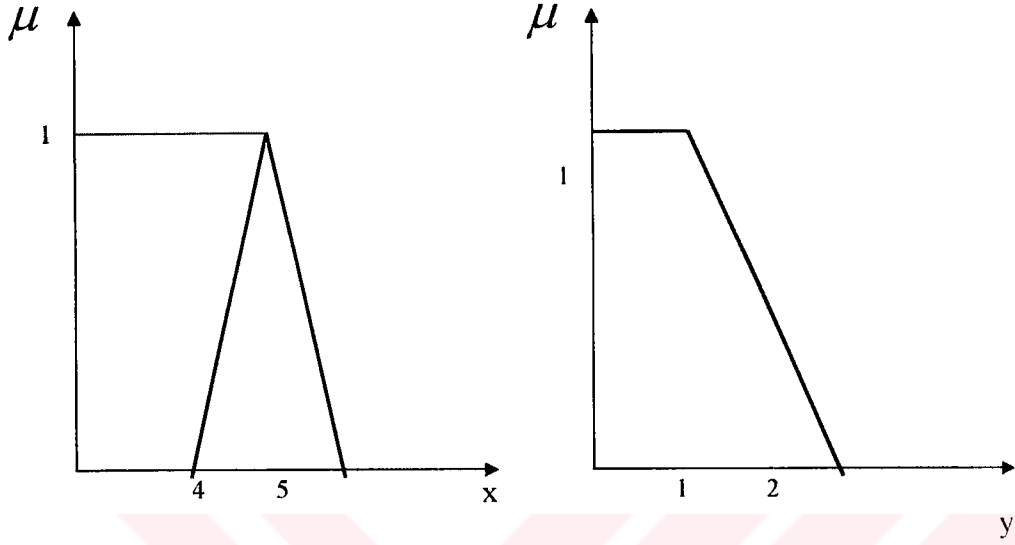
$$R = \left\{ \left((x_1, \dots, x_n), \mu_R(x_1, \dots, x_n) \right) \mid (x_1, \dots, x_n) \in X_1 \times \dots \times X_n \right\} \quad (3.19)$$

$X_1 \times \dots \times X_n$ 'in içinde n-kademeli bulanık ilişki olarak adlandırılır. R'nin üyelik fonksiyonu ise,

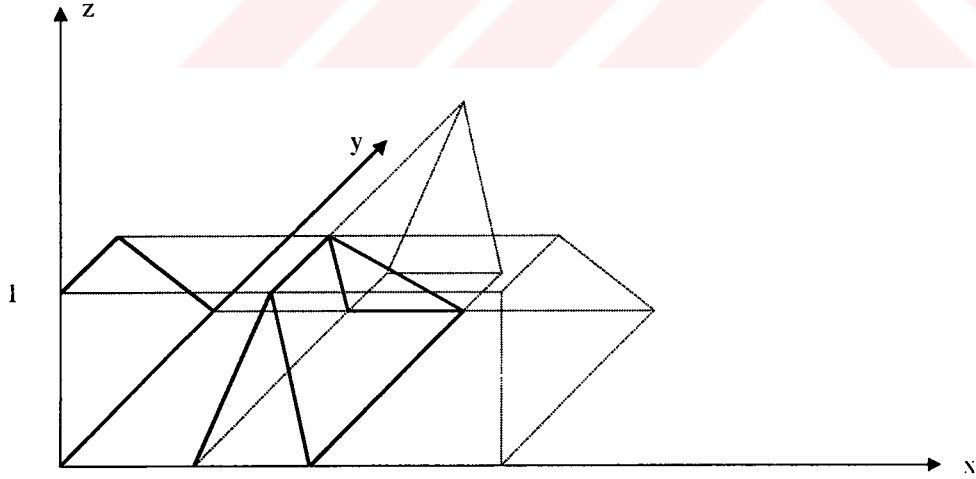
$$\mu_R : X_1 \times \dots \times X_n \rightarrow [0,1] \quad (3.20)$$

ifadesi ile gösterilir.

Birbirinden farklı temel kümelerde tanımlanmış bulanık kümelerin birbiriyle birleştirilmesiyle de bulanık ilişki oluşur. Bulanık ilişki R 'yi göstermek için birleştirilen kavramsal ifadeler aşağıda şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6. x ve y kavramsal ifadelerinin tanımı



Şekil 3.7. MIN bağlantısı ile bulanık ilişkinin gösterimi

Tanım 3.9. $X \times Y$ düzleminde R ve S iki basamaklı relasyon olsun. O halde kesişim $R \cap S$,

$$\mu_{R \cap S}(x, y) = \text{MIN}(\mu_R(x, y), \mu_S(x, y)) \quad (3.21)$$

ile gösterilir.

Tanım 3.10. $X \times Y$ düzleminde R ve S iki basamaklı relasyon olsun. O halde birleşim $R \cup S$,

$$\mu_{R \cup S}(x, y) = \text{MAX}(\mu_R(x, y), \mu_S(x, y)) \quad (3.22)$$

ile gösterilir.

3.3. Bulanık İmplikasyon

Bulanık İlişki bölümünden de anlaşılacağı gibi keskin olmayan ifadeler AND veya OR gibi bağıntılarla temel kümelerin çapraz çarpımı sonucu ortaya çıkan bulanık bağıntıya aktarılır.

Bulanık mantıkta şart ve sonuç kısımlarından oluşan kurallara bulanık implikasyon denilir. İki büyüklük (x ve y), ilişkiye girdiğinden dolayı, bu kural iki kademeli bulanık relasyon R olarak adlandırılır. Bulanık relasyonun üyelik fonksiyonu $\mu_R(x, y)$, şart kısmının üyelik fonksiyonundan $\mu_A(x)$ ve sonuç kısmının üyelik fonksiyonundan $\mu_B(y)$ elde edilir. Üyelik fonksiyonlarının birleştirilmesinde kullanılacak olan bulanık implikasyon tipi (operatör) problemin çözümü için son derece önemlidir. Şart kısmının üyelik fonksiyonunun 0 olması durumunda, yani şartlar karşılanmazsa, sonuç için 1 sabit değerini verir. Yani keskin olmayan implikasyonun gerçekleştirme şekli bulanık denetimde hiçbir anlam ifade etmez.

Keskin olmayan “Eğer, o halde” kuralının modellenmesi için gerçekleştirme şekillerinden en basit ve en çok kullanılanı MIN operatörüdür.

Cebirsel çarpım kullanımında MAX-PROD çıkartımından söz edilir. Bulanık mantıkta kullanılan diğer operatörlerden bazıları ise Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Bulanık Denetimdeki Operatörlerden Bazıları

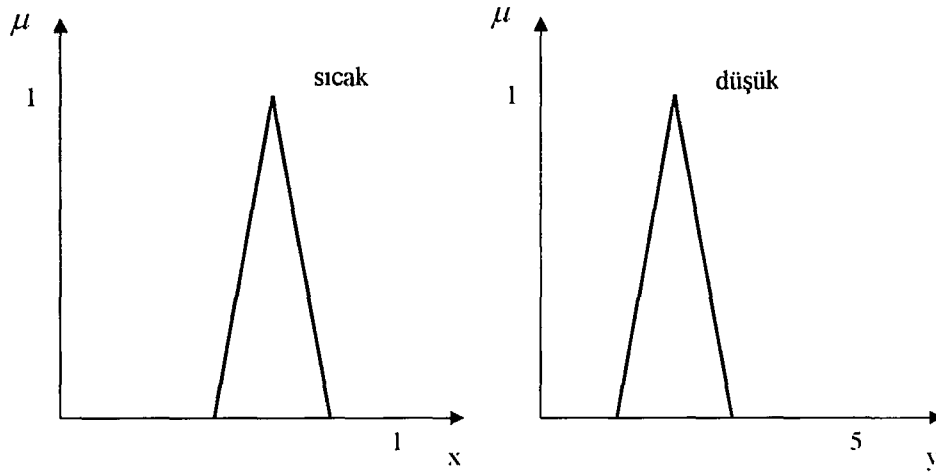
Bulanık İmplikasyon	$\mu_{A \Rightarrow B}(x, y)$
Zadeh İmplikasyon	$MAX(MIN(\mu_A(x), \mu_B(y)), 1 - \mu_A(x))$
Lukasiewicz İmplikasyon	$MIN(1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y))$
Sharp İmplikasyon	$MAX(1 - \mu_A(x), \mu_B(y))$
Kleene-Dienes İmplikasyon	1 eğer $\mu_A(x) < \mu_B(y)$ $\mu_B(y)$ aksi halde
Godel İmplikasyon	1 eğer $\mu_A(x) < \mu_B(y)$ 0 aksi halde

3.4. Bulanık Çıkartım

Keskin olmayan çıkartım yardımı ile, bulanık implikasyondaki kural keskin bir giriş değeri için değerlendirilir. Örneğin, Kural : IF x = sıcak THEN y = düşük seçilirse, bu kuralın mamdani implikasyonu yardımıyla üyelik fonksiyonu,

$$\mu_R = MIN(\mu_{sıcak}(x), \mu_{düşük}(y)) \quad (3.23)$$

şeklinde yazılır. Bulanık relasyonu yazabilmek için bulanık kümenin ilgili alanda amaca uygun şekilde öyle ayrıklaştırılmalıdır ki, relasyon matrisi elde edilsin. Şekil 3.8’de x için sıcak ve y için düşük ifadeleri gösterilmiştir.



Şekil 3.8. x için sıcak y için düşük kavramsal ifadeleri

Şekil 3.8'deki destek noktaları seçilecek olursa,

$$\begin{aligned} X &= \{0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9\} \\ Y &= \{1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0\} \end{aligned} \quad (3.24)$$

elde edilir. Bütün olası değer çiftleri için hesaplama yapılırsa aşağıdaki tablodaki relasyon matrisi oluşur.

Tablo 3.3. X ve Y değerleri için relasyon matrisi tablosu

R		y				
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
x	0.5	0	0	0	0	0
	0.6	0	0.5	0.5	0.5	0
	0.7	0	0.5	1	0.5	0
	0.8	0	0.5	0.5	0.5	0
	0.9	0	0	0	0	0

Keskin giriş değeri $x' = 0.6$ alınır, bu keskin değer kuraldan sonuç çıkartabilmemiz için, bulanık relasyona yerleştirilirse,

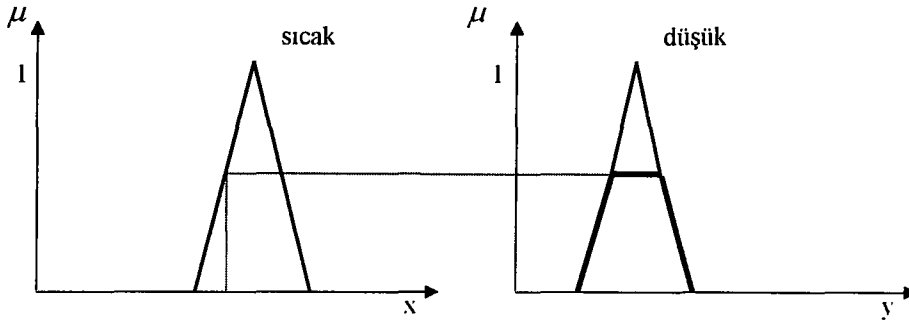
$$\mu_R(x', y) = \text{MIN}(\mu_{\text{sıcak}}(0.6), \mu_{\text{düşük}}(y)) = \text{MIN}(0.5, \mu_{\text{düşük}}(y)) \quad (3.25)$$

elde edilir. Dikkat edilecek olursa, relasyon ifadesi 0.5 ile sınırlandırılmış sonuç bulanık kümesi $\mu_{\text{düşük}}(y)$ olur. Bu sonuç çıkartım olarak ifade edilir. Grafik aklamında ise, sonuç bulanık kümesinin $\mu_{\text{düşük}}(y)$ 0.5 yüksekliğinde kesilmiş olur. $x' = 0.6$ keskin değeri için relasyon matrisinde çıkartım Tablo 3.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Relasyon matrisi tablosunda $x' = 0.6$ için MAX-MIN çıkartım olayı

R		y				
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	0.5	0	0	0	0	0
x	0.6	0	0.5	0.5	0.5	0
	0.7	0	0.5	1	0.5	0
	0.8	0	0.5	0.5	0.5	0
	0.9	0	0	0	0	0

Şekil 3.9'da $x' = 0.6$ için çıkartım olayı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.9. $x' = 0.6$ için MAX-MIN çıkartım olayının grafiksel gösterimi

Genel bir kural için , IF $x = A$ THEN $y = B$ keskin bir giriş değerin $x = x'$ olması halinde MAX-MIN çıkartımı,

$$\mu_{B'}(y) = \mu_R(x', y) = \text{MIN}(\mu_A(x'), \mu(y)) \quad (3.26)$$

sonuç bulanık kümesini verir. Bu bağıntı R olarak verilen bir kuralın "IF $x = A$ THEN $y = B$ " bir giriş bulanık kümesi için nasıl değerlendirileceğini gösterir.

Diğer bir çıkartım şekli ise, MAX-PROD çıkartımdır. Bunun için kural bağıntısı,

$$\mu_R(x, y) = \mu_{\text{sıcak}}(x) \cdot \mu_{\text{düşük}}(y) \quad (3.27)$$

şeklinde. Yukarıdaki örneğimiz için MAX-PROD çıkartımı kullanılırsa,

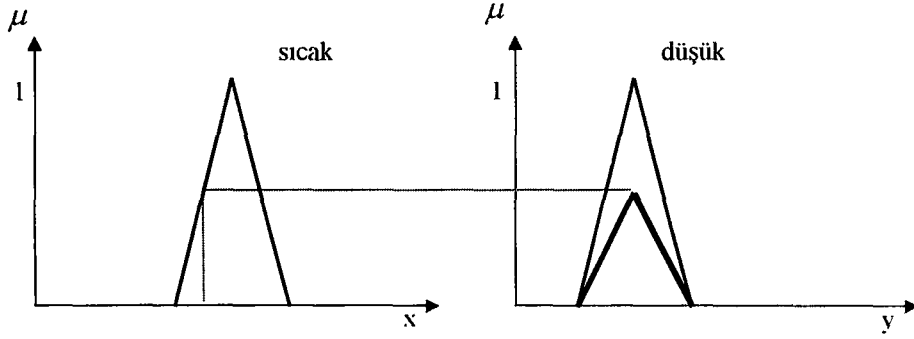
Tablo 3.5. Relasyon matrisi tablosunda $x' = 0.6$ için MAX-PROD çıkartım olayı

		y				
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
x	0.5	0	0	0	0	0
	0.6	0	0.25	0.5	0.25	0
	0.7	0	0.5	1	0.5	0
	0.8	0	0.25	0.5	0.25	0
	0.9	0	0	0	0	0

$x' = 0.6$ için ayrık bulanık sonuç kümesi,

$$b' = (0 \ 0.25 \ 0.5 \ 0.25 \ 0) \quad (3.28)$$

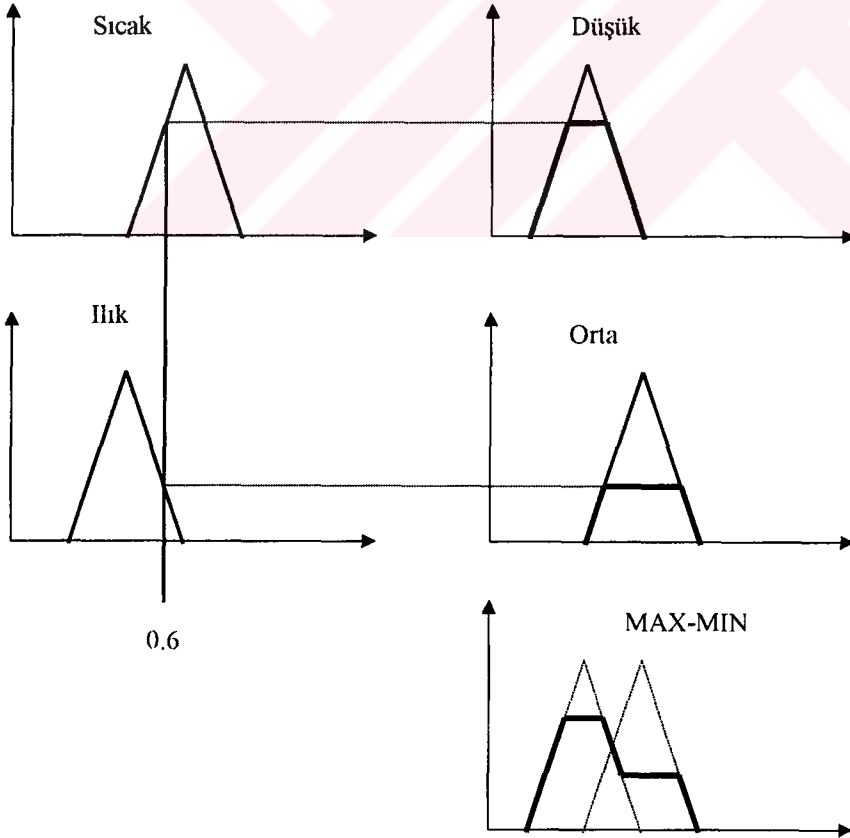
şeklinde elde edilir.



Şekil 3.10. $x' = 0.6$ için MAX-PROD çıkartım olayının grafiksel gösterimi

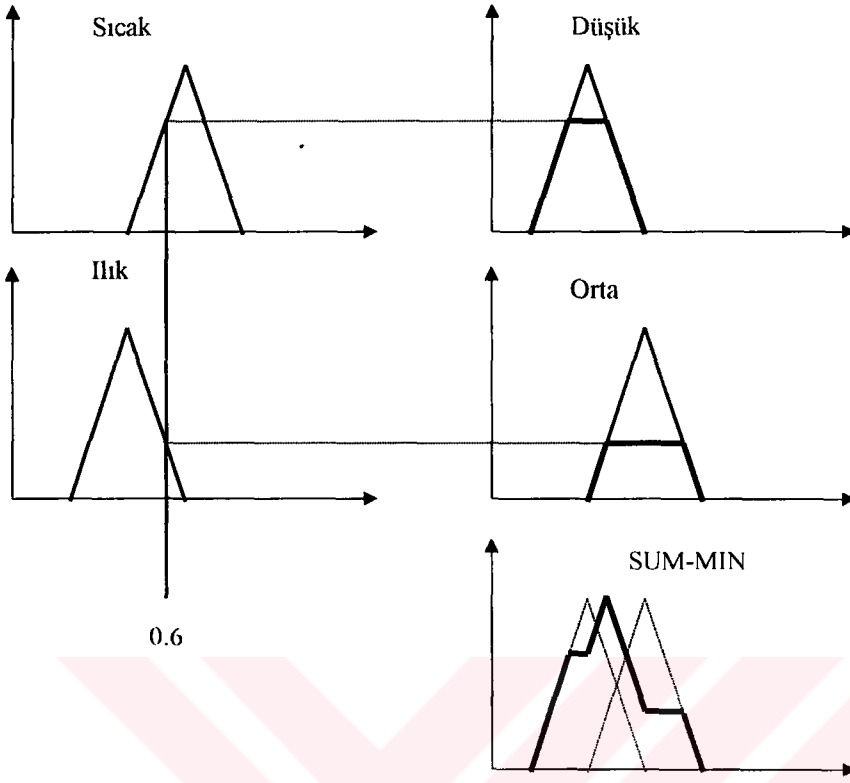
Çıkartım yöntemleri tabiki bunlarla sınırlı değildir. Aşağıda MAX-MIN, MAX-PROD ve diğer çıkartım yöntemlerinin grafiksel karşılaştırılması verilmiştir.

Eğer $x = \text{sıcak}$ ise $y = \text{düşük}$
 Eğer $x = \text{ılık}$ ise $y = \text{orta}$

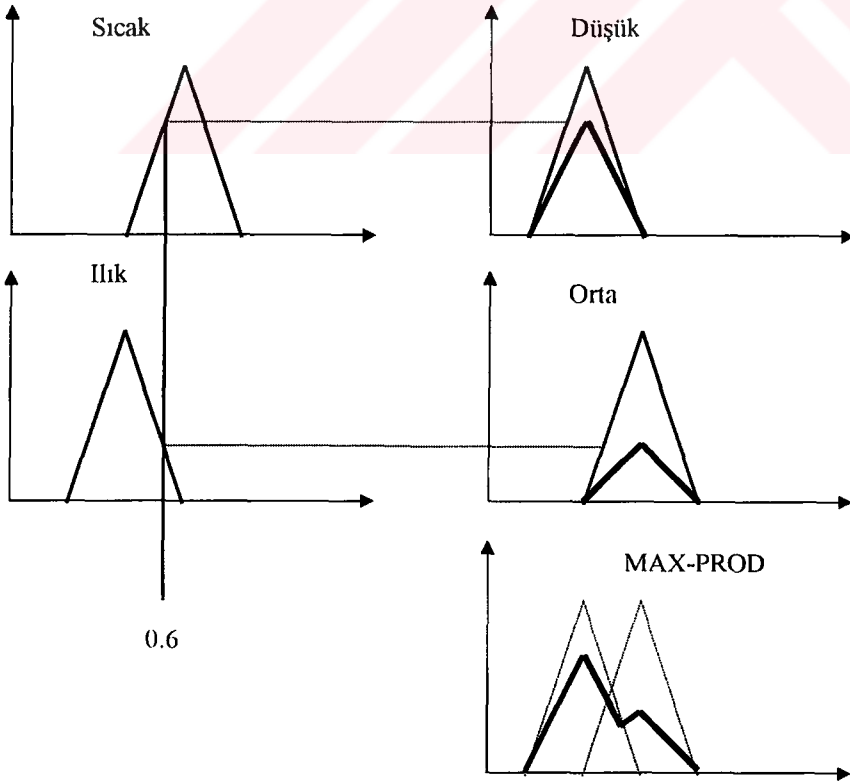


Şekil 3.11. Max-Min Çıkartım Yöntemi

Eğer x = sıcak ise y = düşük
Eğer x = ılık ise y = orta

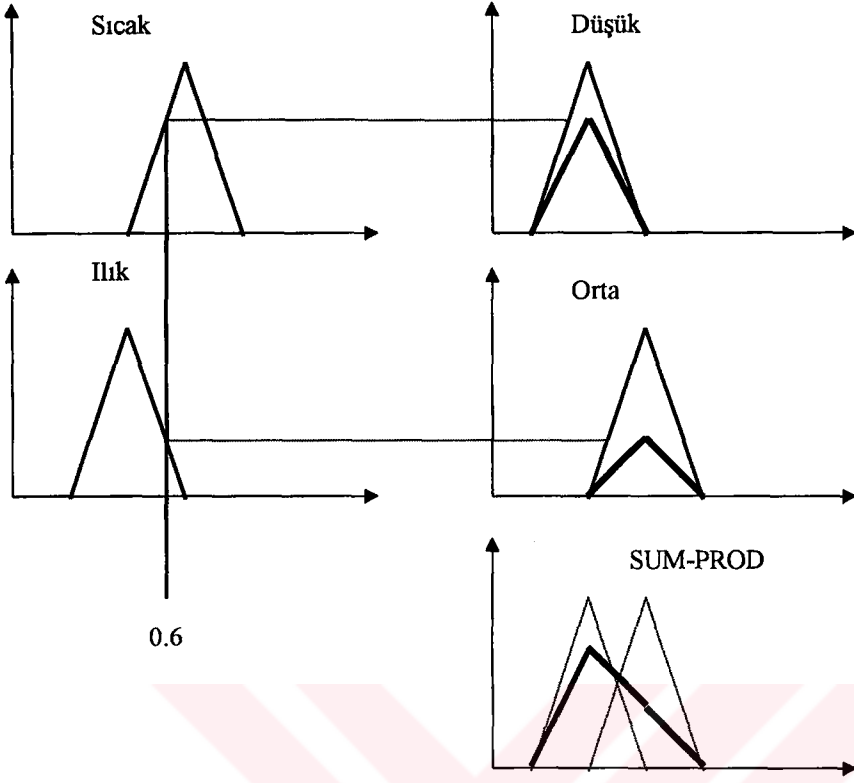


Eğer x = sıcak ise y = düşük
Eğer x = ılık ise y = orta



Şekil 3.12. Max-Prod ve Sum-Min Çıkartım Yöntemleri

Eğer x = sıcak ise y = düşük
Eğer x = ılık ise y = orta



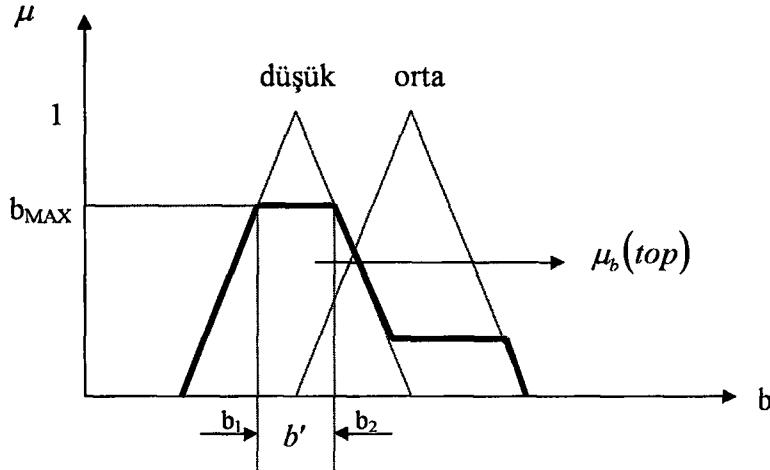
Şekil 3.13. Sum-Prod Çıkartım Yöntemi

3.5. Durulandırma

Durulandırmanın görevi, bulanık kümeden en uygun anlamlı keskin çıkış değerini elde etmektir. Hangi durulaştırma algoritmasının seçileceği konusunda herhangi bir işlem bulunmamakla beraber, birkaç yöntem aşağıda kısaca anlatılacaktır.

1- Maksimum Yöntemi

Bu yöntem durulandırma yöntemlerinin hepsini içine alır. Keskin çıkış değerinin bulunması için yalnızca en büyük karşılama derecesine sahip olan kural çıkışa gönderilir. Yani sonuç bulanık kümelerinden en büyük yüksekliğe sahip küme işleme tabi tutulur. Bu yöntemin dezavantajı, birden fazla maksimum değerinin olması durumunda karşılaşılan karar verme güçlüğüdür.(şekil 3.14) Bu dezavantaj için üç değişik uygulama vardır.



Şekil 3.14. Maksimum yönteminde birden fazla maksimum olma durumu

1. Ortalama değerin seçilmesi

Bu uygulamada maksimum aralığının ortalama değeri alınarak, keskin değer bulunur.

2. Sol kenar noktasının seçilmesi

Keskin çıkış değeri olarak aralığın alt sınırı olan b_1 seçilir.

3. Sağ kenar noktasının seçilmesi

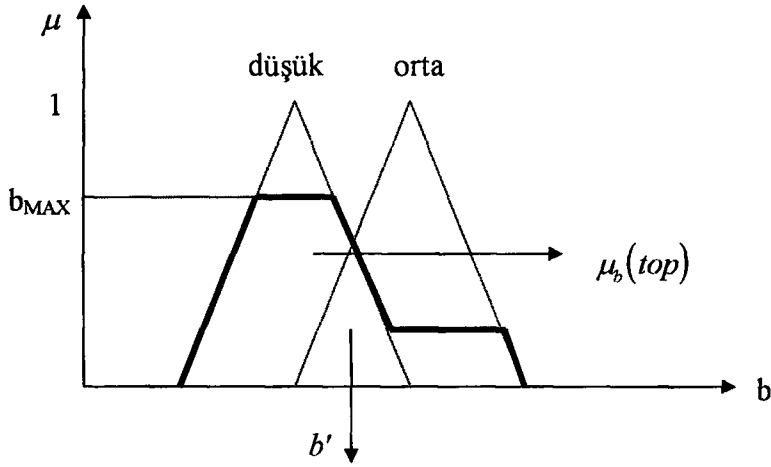
Keskin çıkış değeri olarak aralığın alt sınırı olan b_2 seçilir.

2- Ağırlık merkezi yöntemi

Bulanık durulandırma yöntemlerinden en çok kullanılanıdır. Keskin değer, toplam sonuç bulanık kümesi μ_{top} altındaki alanın ağırlık noktasının x eksenindeki değeridir. Bu değer,

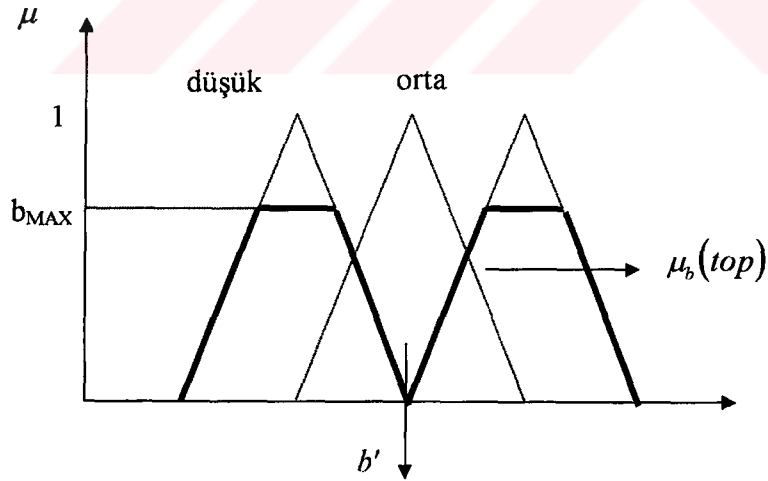
$$b' = \frac{\int b \mu_{top}(b) db}{\int \mu_{top}(b) db} \quad (3.29)$$

şeklinde bulunur. Şekil 3.15'de bu yöntem grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Ağırlık merkezi yöntemi

Maksimum yöntemine karşılık ağırlık merkezi yönteminde, toplam sonuç bulanık kümesi, bir bütün olarak ele alınır. Bu yöntemin dezavantajı ise, bulunan keskin çıkış değerinin toplam sonuç bulanık kümesine göre ihmal edilecek derecede veya çok küçük üyelik derecesine sahip olduğu durumdur. (şekil 3.16)



Şekil 3.16. Ağırlık merkezi yönteminin dezavantaj durumuna bir örnek gösterim

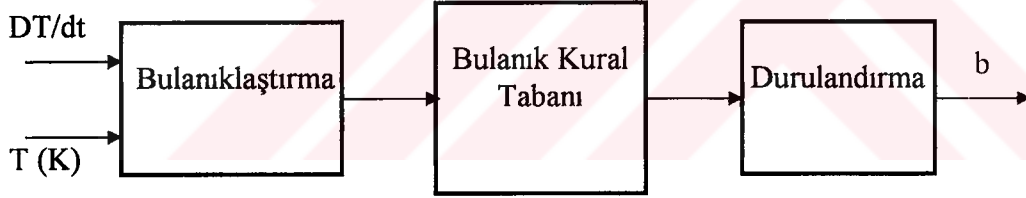
3- Yükseklik yöntemi

Eğer çıkış büyüklüğünün kavramsal ifadeleri tek darbe olarak tanımlı ise, ağırlık merkezi yöntemi faktöriyel ortalama değer hesabına dönüşür. Yani,

$$b' = \frac{\sum_{i=1}^m b_i h_i}{\sum_{i=1}^m h_i} \quad (3.30)$$

şeklinde uygun formülümüz olur. Burada b_i i'inci kurala ait çıkış darbenin değeri ve h_i ise, kuralın karşılama derecesidir.

Bulanık mantıkta durulandırma çıkışı artık bizim kullanacağımız gerçek çıktıdır. Bu bölümdeki bulanık mantık kısımlarının birleştirilmiş hali şekil 3.17'de dir.



Şekil 3.17. Bulanık Mantık Blok Şeması

BÖLÜM 4. BİR BÖLGELİ YANGIN MODELİ ve YANGIN TESTLERİ

Genel bir yangın modellenmesi olmadığı için bir odalı yangın modeli incelenebilir. Bu bölümde yer alan eşitlikler kütle korunumu, ideal gaz kanunu, yoğunluğun tanımı ve iç enerjinin tanımından yola çıkılarak çıkartılmıştır.

4.1. Fiziksel Değişkenler

Oda üst tabakada duman ve sıcak gazlar, alt tabakada ise hava olmak üzere iki bölüme ayrılır. Bir bölgesel yangın modeli, bölgedeki tek bir durumun bağımsızlığından yaklaşım yapılarak tanımlanan her bölgenin karakteristiğini verir. Her tabakadaki gaz, üst seviye için $i = \text{üst}$ ve alt seviye için $i = \text{alt}$ olmak üzere sırasıyla m_i , E_i , ρ_i , T_i ve V_i ile gösterilen kütle, içteki enerjinin, yoğunluğun, sıcaklığın ve hacmin karakteristiğine sahiptir. Oda P basıncının karakteristiğine de tam olarak sahiptir. Bu değişkenler aşağıdaki dört bağıntı ile verilmiştir:

$$E_i = c_v m_i T_i \quad (\text{içteki enerji}) \quad (4.1)$$

$$\rho_i = \frac{m_i}{V_i} \quad (\text{yoğunluk}) \quad (4.2)$$

$$P = R \rho_i T_i \quad (\text{ideal gaz kanunu}) \quad (4.3)$$

$$V = V_{alt} + V_{üst} \quad (\text{toplam hacim}) \quad (4.4)$$

Sabit hacim ve sabit basınçta özel ısılar c_v ve c_p , uluslararası gaz sabiti R ve ısıların oranı γ olmak üzere aşağıdaki denklemlerle bulunur :

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} \quad (4.5)$$

$$R = c_p - c_v \quad (4.6)$$

4.5 ve 4.6 eşitliklerinden,

$$\frac{R}{c_v} = \gamma - 1 \quad (4.7)$$

elde edilir. $c_p \approx 1000 \text{ kJ} / (\text{kgK})$ ve $\gamma \approx 1.4$

4.2.Diferansiyel Eşitliklerle Temel Modelleme

Her bir seviyedeki kütle için diferansiyel eşitlikler,

$$\frac{dm_{üst}}{dt} = m'_{üst} \quad (4.8)$$

$$\frac{dm_{alt}}{dt} = m'_{alt} \quad (4.9)$$

şeklinde verilir. $m'_{üst}$ ve m'_{alt} yangın ve havalandırma delikleri gibi kaynaklara bağlı olarak tabakalara kütle eklenme hızlarını gösterir. Termodinamiğin ilk yasasına göre (enerji korunumu), içteki enerjinin artış hızı ile genişlemeden dolayı tabakadaki işin toplamı, tabakaya toplanan enerjinin oranına eşittir. Diferansiyel eşitliklerden,

$$\frac{dE_{üst}}{dt} + P \frac{dV_{üst}}{dt} = q'_{üst} \quad (4.10)$$

$$\frac{dE_{alt}}{dt} + P \frac{dV_{alt}}{dt} = q'_{alt} \quad (4.11)$$

Aşağıda basıncın değişimi ile ilgili bir diferansiyel eşitlik verilmiştir.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dV_{üst}}{dt} + \frac{dV_{alt}}{dt} \quad (4.12)$$

4.10 ve 4.11 eşitlikleri toplanırrsa,

$$\frac{dE_{alt}}{dt} + \frac{dE_{üst}}{dt} = q'_{üst} + q'_{alt} \quad (4.13)$$

elde edilir. Eşitlik 4.1, 4.2, 4.3 kullanılarak,

$$\frac{dE_{üst}}{dt} = \frac{d(c_v m_{üst} T_{üst})}{dt} = \frac{c_v}{R} \frac{d(PV_{üst})}{dt} \quad (4.14)$$

$$\frac{dE_{alt}}{dt} = \frac{d(c_v m_{alt} T_{alt})}{dt} = \frac{c_v}{R} \frac{d(PV_{alt})}{dt} \quad (4.15)$$

elde edilir. Eşitlik 4.14 ile 4.15 toplanırssa,

$$\frac{dE_{üst}}{dt} + \frac{dE_{alt}}{dt} = \frac{c_v}{R} \frac{d(P(V_{üst} + V_{alt}))}{dt} \quad (4.16)$$

ve eşitlik düzenlenirse,

$$\frac{R}{c_v} (q'_{üst} + q'_{alt}) = V \frac{dP}{dt} \quad (4.17)$$

$$\frac{dP}{dt} = \frac{(\gamma - 1)}{V} (q'_{üst} + q'_{alt}) \quad (4.18)$$

bulunur. Eşitlik 4.14 ve 4.10 birleştirilirse,

$$q'_{üst} = \frac{c_v V_{üst}}{R} \frac{dP}{dt} + \left(\frac{c_v}{R} + 1 \right) P \frac{dV_{üst}}{dt} \quad (4.19)$$

elde edilir. Eşitlik 4.7 eşitlik 4.19'da yerine konulursa,

$$\frac{dV_{üst}}{dt} = q'_{üst} \frac{1}{P} \left(\frac{R}{R + c_v} \right) - \frac{c_v V_{üst}}{R} \frac{1}{P} \left(\frac{R}{R + c_v} \right) \frac{dP}{dt} \quad (4.20)$$

$$\frac{dV_{üst}}{dt} = q'_{üst} \frac{1}{P} \left(\frac{R}{R + c_v} \right) - \frac{V_{üst}}{P} \left(\frac{c_v}{R + c_v} \right) \frac{dP}{dt} \quad (4.21)$$

$$\frac{dV_{üst}}{dt} = q'_{üst} \frac{1}{P} \left(\frac{R / c_v}{(R + c_v) / c_v} \right) - \frac{V_{üst}}{P} \left(\frac{1}{(R + c_v) / c_v} \right) \frac{dP}{dt} \quad (4.22)$$

$$\frac{dV_{üst}}{dt} = \frac{1}{P\gamma} \left(q'_{üst} (\gamma - 1) - V_{üst} \frac{dP}{dt} \right) \quad (4.23)$$

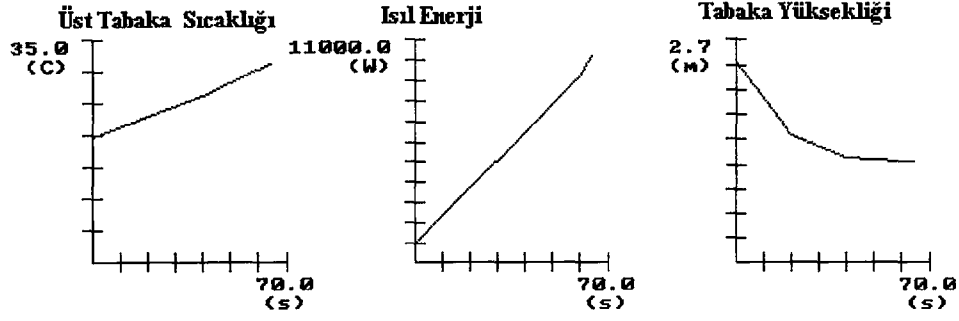
elde edilir. Eşitlik 4.18 eşitlik 4.23'de yerine konulursa,

$$\frac{dV_{üst}}{dt} = \frac{1}{P\gamma} \left(q'_{üst} (\gamma - 1) - V_{üst} \frac{(\gamma - 1)}{V} (q'_{üst} + q'_{alt}) \right) \quad (4.24)$$

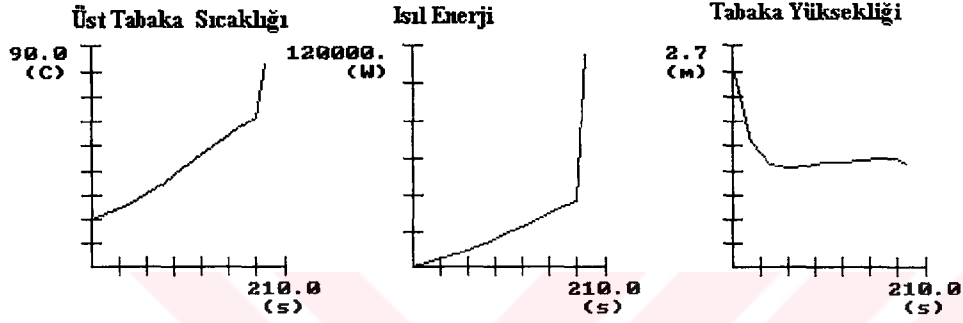
$$\frac{dV_{üst}}{dt} = \frac{(\gamma - 1)}{P\gamma} \left(\left(1 - \frac{V_{üst}}{V} \right) q'_{üst} - \frac{V_{üst}}{V} q'_{alt} \right) \quad (4.25)$$

bulunur.

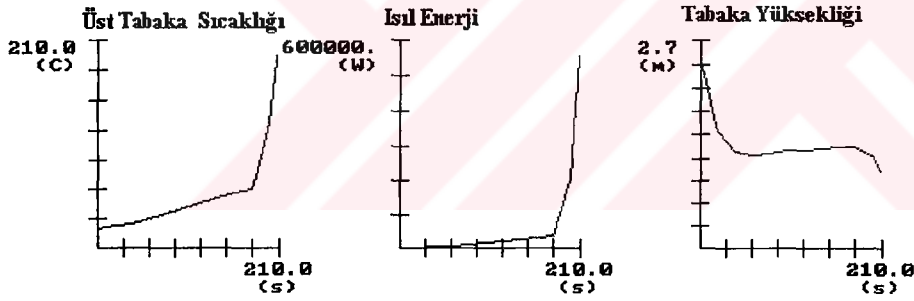
Bir bölgeyi yangın bölgesinde çeşitli materyaller yakılır ve bu materyallerin yangın anında ortamda göstermiş olduğu bir takım değişiklikler ele alınacak olursa, bu değişiklik materyallerin yangın sırasındaki cevaplarını karşılaştırma olanağı verir. Bu değişiklikler matematiksel modelde de belirtildiği gibi yangın enerjisi, duman tabakasının yüksekliği ve üst tabakadaki sıcaklıktır. Şekil 4.1.'de yangın test odasında yakılan dört değişik materyalin yangın enerjisi, duman tabakasının yüksekliği ve üst tabakadaki sıcaklık grafikleri verilmiştir.



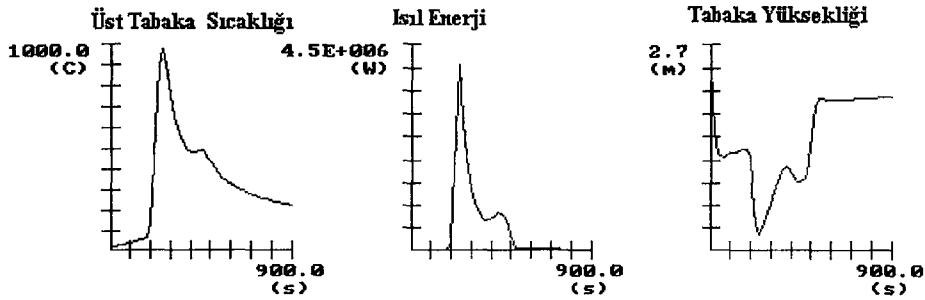
(a)



(b)

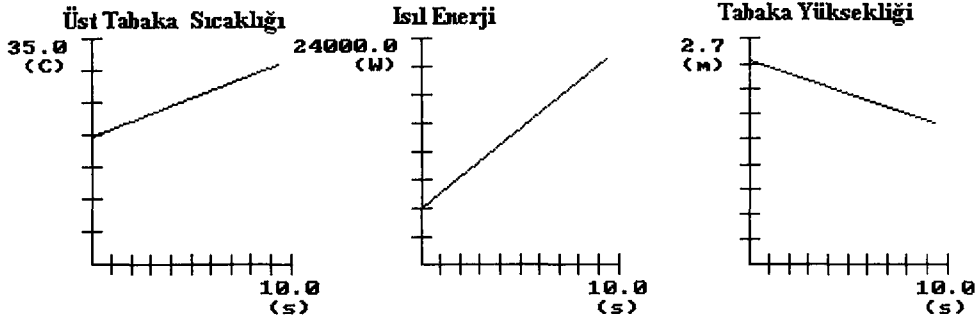


(c)

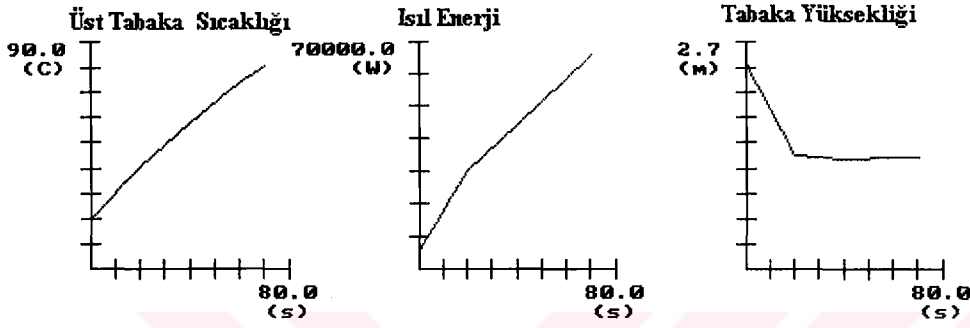


(d)

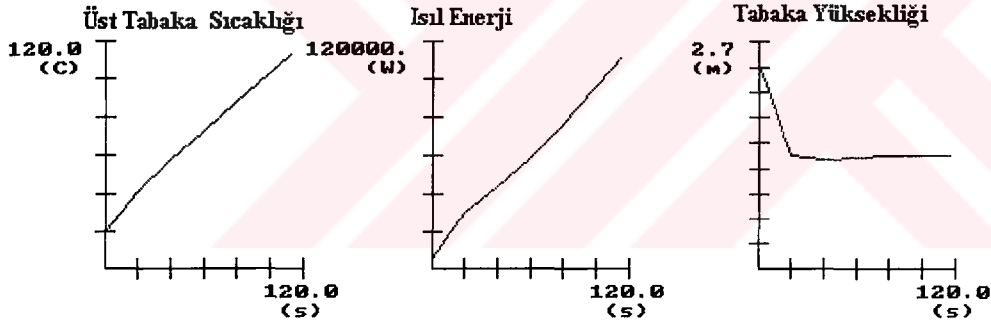
Şekil 4.1. Ranza Yangınının (a) duman dedektörü (b) sıcaklık dedektörü (c) sprinklere verdiği yanıt ve (d) genel karakteristiği.



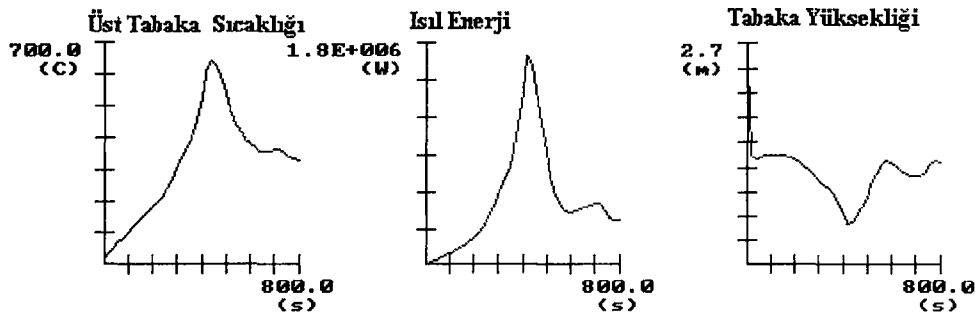
(a)



(b)

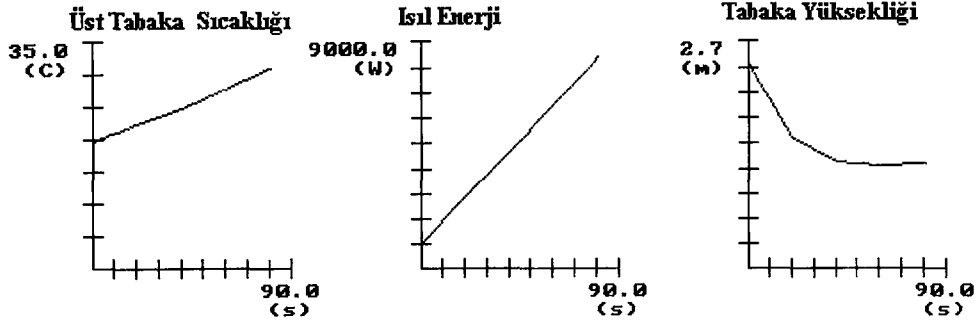


(c)

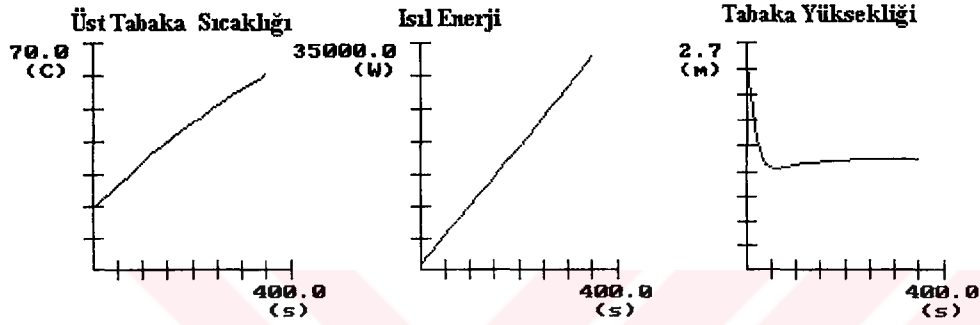


(d)

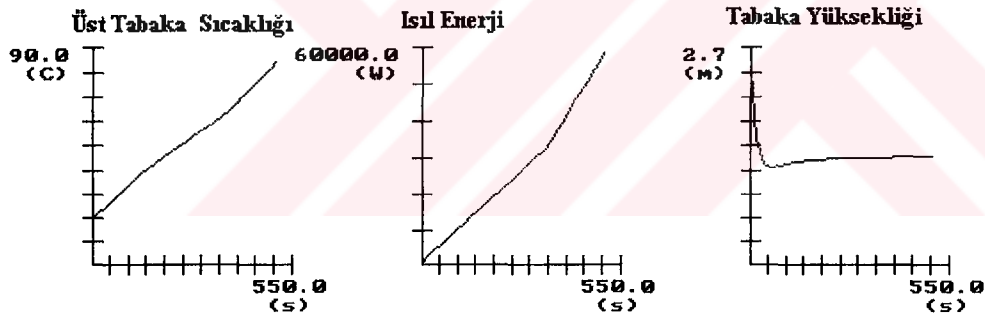
Şekil 4.2. Elbise Dolabı Yangınının (a) duman dedektörü (b) sıcaklık dedektörü (c) sprinklere verdiği yanıt ve (d) genel karakteristiği.



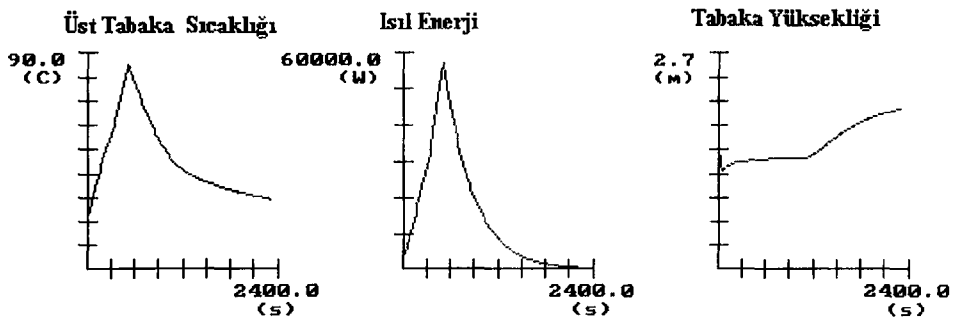
(a)



(b)

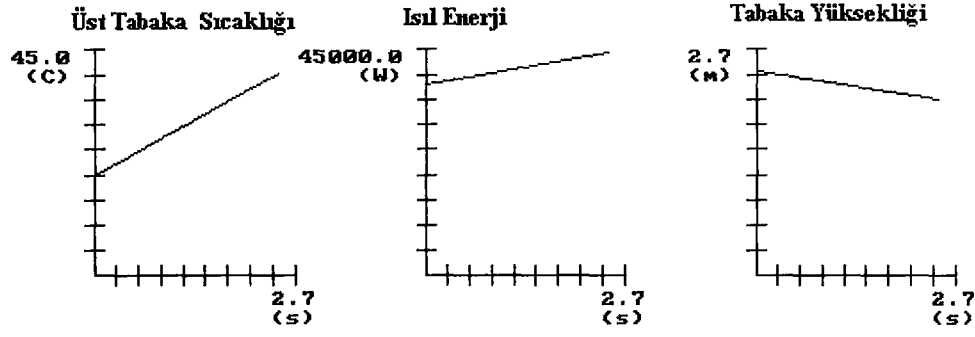


(c)

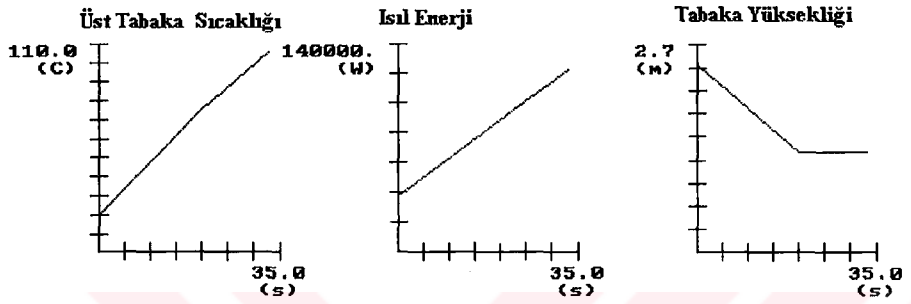


(d)

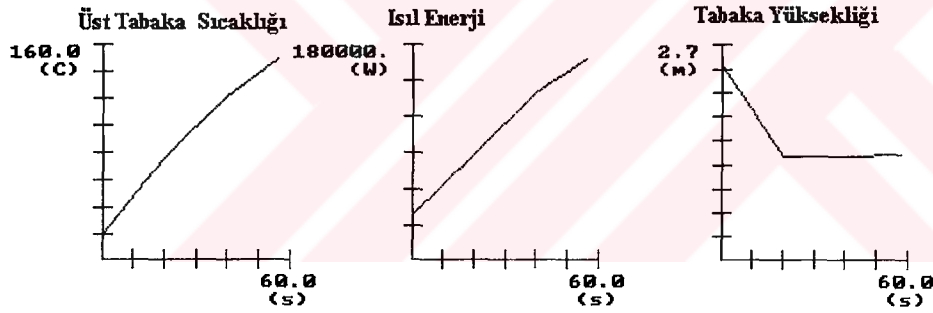
Şekil 4.3. K. Klübe Yangınının (a) duman dedektörü (b) sıcaklık dedektörü (c) sprinklere verdiği yanıt ve (d) genel karakteristiği.



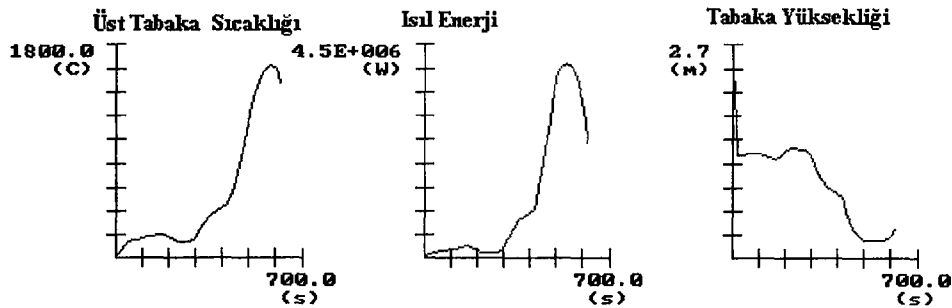
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4.4.Çalışma Odası Yangınının (a) duman dedektörü (b) sıcaklık dedektörü (c) sprinklere verdiği yanıt ve (d) genel karakteristiği.

Ek-1’de bu dört değişik materyalin sıcaklık ve duman yanıtlarına ilişkin datalar verilmiştir. Bölüm 5’de bu veriler doğrultusunda bulanık mantık ile ilgili giriş üyelik fonksiyonları oluşturulacaktır.



BÖLÜM 5. BULANIK MANTIK İLE YANGIN ALGILAMA

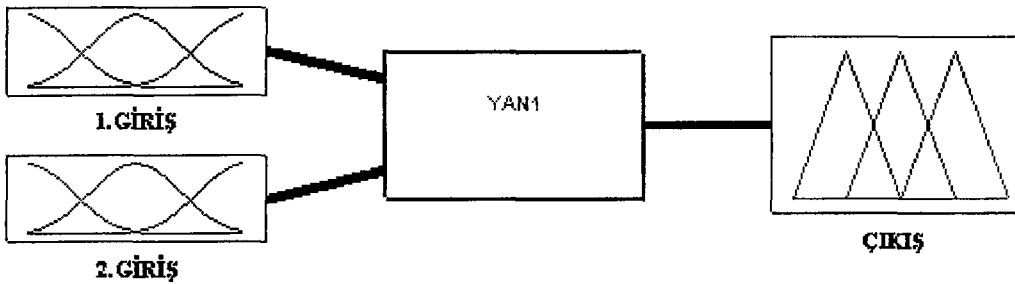
5.1. Giriş ve Çıkış Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi

Bu bölümde Bölüm 4’de elde edilen verilerin yardımıyla bulanık mantıkdaki üyelik fonksiyonları ve kuralları belirlenecektir. Bölüm 4’de bulunan sıcaklık ve duman fonksiyonlarının değişimleri ele alınacak olursa, karşımıza aşağıdaki gibi bir tablo çıkacaktır.

Tablo 5.1. Yangın test sonuçları ile elde edilen sıcaklık ve dumanın zamana bağlı değişim aralıkları

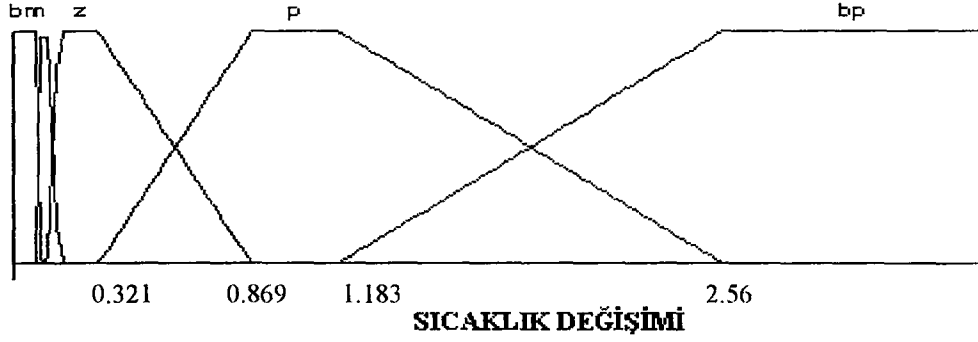
Yangın Materyali	dT/dt (Celcius/sn)	dH/dt (cm/sn)
Ranza	0.183-0.321	0.6-1.96
Elbise Dolabı	0.869-1.183	1.553-7.957
Çalışma Masası	0.117-0.135	0.297-1.402
Küçük Kulübe	2.56-4.00	3.434-9.00

Bu veriler kullanılarak yapılan bulanık mantık algılamanın blok diyagramı şekil 5.1’ de gösterilmiştir.



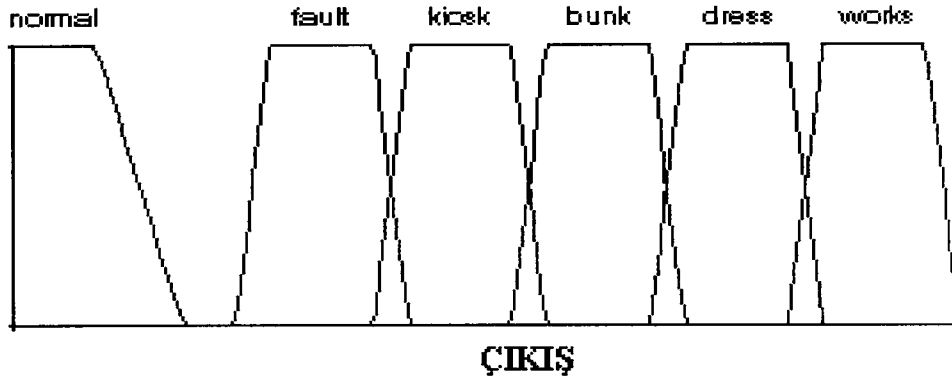
Şekil 5.1. Bulanık Mantık ile Yangın Algılama Sisteminin blok diyagramı

Sıcaklık ve dumanın zamana bağlı olarak değişimlerinin alındığı üyelik fonksiyonları ise şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Sıcaklık ve Duman değişimlerine ait üyelik fonksiyonlarının gösterimi

Giriş üyelik fonksiyonlarına karşılık bir de çıkış üyelik fonksiyonu belirlemek gerekmektedir. Bölüm 2’de anlatılan yangın algılama sistemlerinde panelin ihbarı, hattın omajı veya akımından anlaşılır. Normal çalışma anında yaklaşık olarak mikroamperler civarında olan akım değeri alarm anında miliamperlere çıkmaktadır. Bundan yola çıkarak çıkış üyelik fonksiyonu akım olarak alınmıştır. Şekil 5.3’de bu çıkış üyelik fonksiyonu verilmiştir.



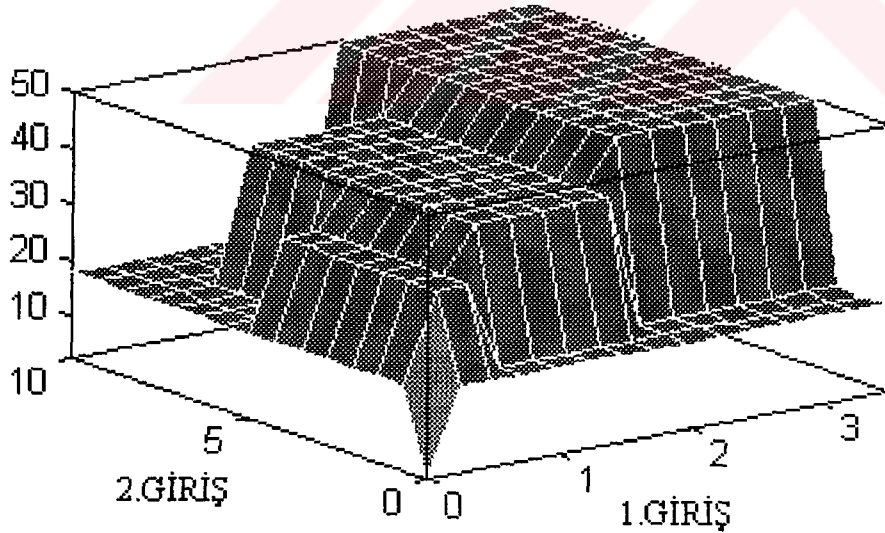
Şekil 5.3.Çıkış üyelik fonksiyonu gösterimi

5.2.Bulanık Mantık Kurallarının Oluşturulması ve Giriş ile Çıkış Arasındaki İlişki

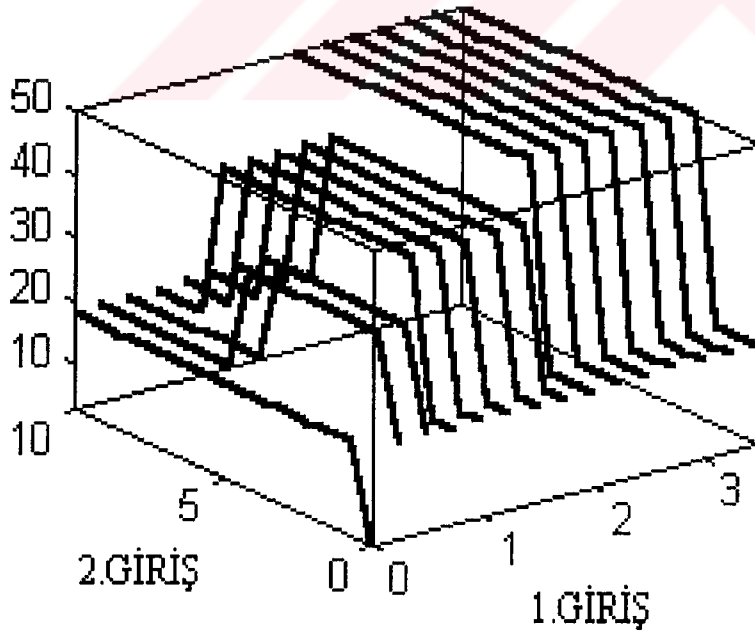
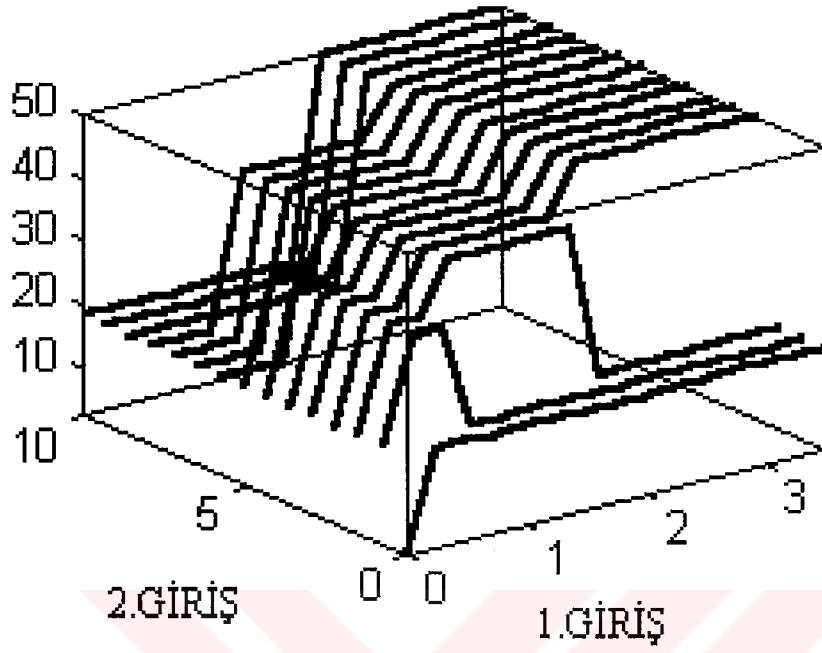
Bulanık mantık giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları belirlendikten sonra algılama kurallarını sisteme tanıtmak gereklidir. Bu kurallar aşağıda belirtildiği gibidir :

1. If (input1 is bn) and (input2 is n3) then (output is normal)
2. If (input1 is n) and (input2 is n3) then (output is kiosk)
3. If (input1 is z) and (input2 is n3) then (output is fault)
4. If (input1 is p) and (input2 is n3) then (output is fault)
5. If (input1 is bp) and (input2 is n3) then (output is fault)
6. If (input1 is bn) and (input2 is n2) then (output is fault)
7. If (input1 is n) and (input2 is n2) then (output is kiosk)
8. If (input1 is z) and (input2 is n2) then (output is bunk)
9. If (input1 is p) and (input2 is n2) then (output is fault)
10. If (input1 is bp) and (input2 is n2) then (output is fault)
11. If (input1 is bn) and (input2 is n1) then (output is fault)
12. If (input1 is n) and (input2 is n1) then (output is kiosk)
13. If (input1 is z) and (input2 is n1) then (output is bunk)
14. If (input1 is p) and (input2 is n1) then (output is dress)
15. If (input1 is bp) and (input2 is n1) then (output is fault)

16. If (input1 is bn) and (input2 is p1) then (output is fault)
17. If (input1 is n) and (input2 is p1) then (output is fault)
18. If (input1 is z) and (input2 is p1) then (output is bunk)
19. If (input1 is p) and (input2 is p1) then (output is dress)
20. If (input1 is bp) and (input2 is p1) then (output is works)
21. If (input1 is bn) and (input2 is p2) then (output is fault)
22. If (input1 is n) and (input2 is p2) then (output is fault)
23. If (input1 is z) and (input2 is p2) then (output is fault)
24. If (input1 is p) and (input2 is p2) then (output is dress)
25. If (input1 is bp) and (input2 is p2) then (output is works)
26. If (input1 is bn) and (input2 is p3) then (output is fault)
27. If (input1 is n) and (input2 is p3) then (output is fault)
28. If (input1 is z) and (input2 is p3) then (output is fault)
29. If (input1 is p) and (input2 is p3) then (output is fault)
30. If (input1 is bp) and (input2 is p3) then (output is works)



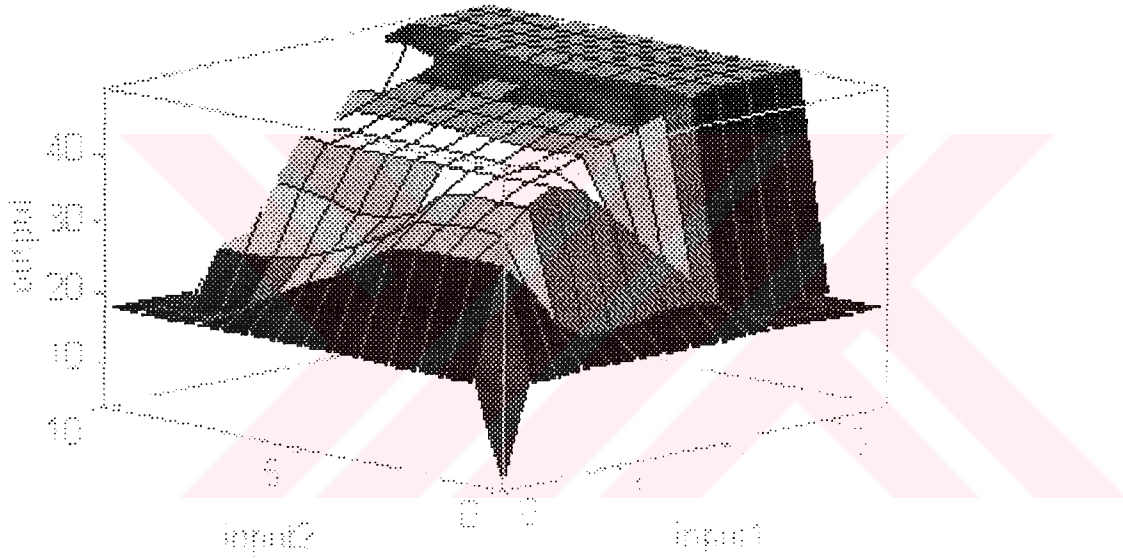
Şekil 5.4. Bulanık Mantık Giriş ve Çıkış Üyelik Fonksiyonları Arasındaki İlişki



Şekil 5.5. Sıcaklık ve Duman Değişimleri ile Çıkış Arasındaki İlişki

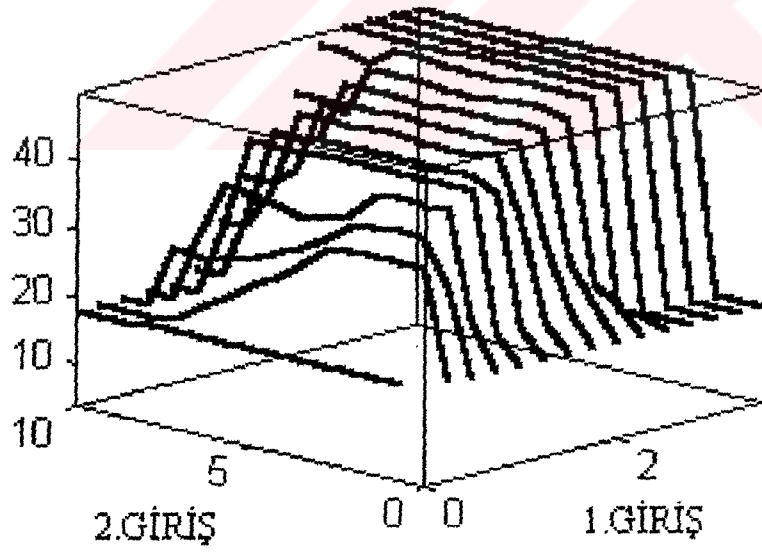
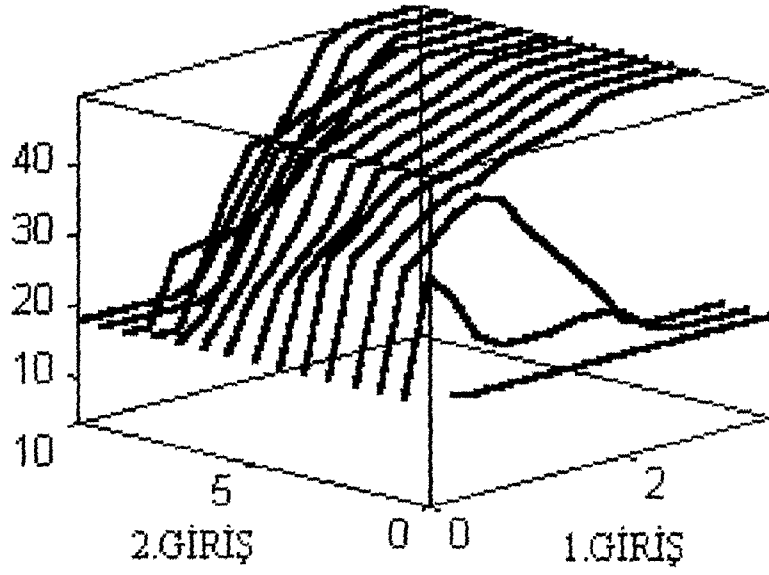
Şekil 5.4’de Bulanık çıkartım olarak momentum yöntemi kullanımı ile elde edilen giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları arasındaki 3 boyutlu ilişki gösterilmiştir. Yine şekil 5.5’de ise bu 3 boyutlu ilişkinin giriş üyelik fonksiyonları için ayrı ayrı gösterimi yer almaktadır.

Karşılaştırma açısından bir başka durulaştırma yöntemi olarak da ağırlık merkezi durulaştırma yöntemini kullanacak olursak şekil 5.6 ve şekil 5.7’deki gösterimleri elde ederiz.



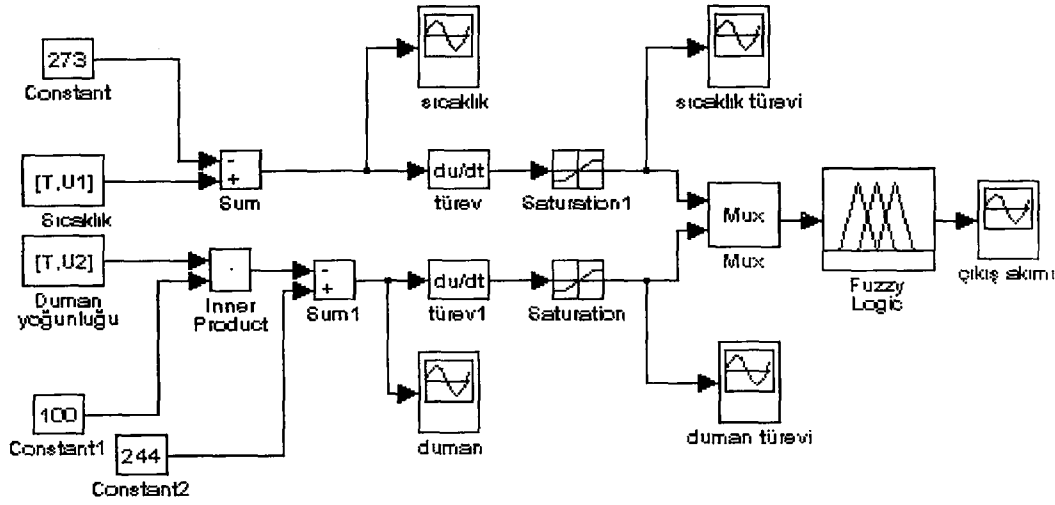
Şekil 5.6. Bulanık Mantıkta Ağırlık Merkezi Çıkartım Yöntemi Kullanıldığında Giriş ve Çıkış Üyelik Fonksiyonları Arasındaki İlişki

İki durulaştırma yöntemi arasından momentum yöntemini kullanmanın sebebi, ağırlık merkezi çıkartım yönteminin bulanık mantıkla yangın algılamada hatalı durulandırma sonuçları vermesidir. Bölüm 3’de bu çıkartım yöntemi ile ilgili dezavantajlar anlatılmıştır.



Şekil 5.7. Bulanık Durulaştırma Ağırlık Merkezi Yöntemi Kullanıldığında Sıcaklık ve Duman Değişimleri ile Çıkış Arasındaki İlişki

5.3. Simülasyon



Şekil 5.8. Bulanık Yangın Algılama Sisteminin MATLAB'deki blok diyagram gösterimi

Simülasyonlar MATLAB programında hazırlanmıştır. Şekil 5.8'de sistemin blok diyagramı gösterilmiştir. Giriş değerleri olarak gözüken T,U1 ve T,U2 matrisleri sırasıyla sıcaklık ve duman yoğunluğu ile ilgili 4.bölümde de anlatılan verileri okur. Simülasyon sonuçları sırasıyla verilmiştir. Çıkış akımına göre sistem yangın tipini yorumlayabilmektedir. (Tablo 5.2)

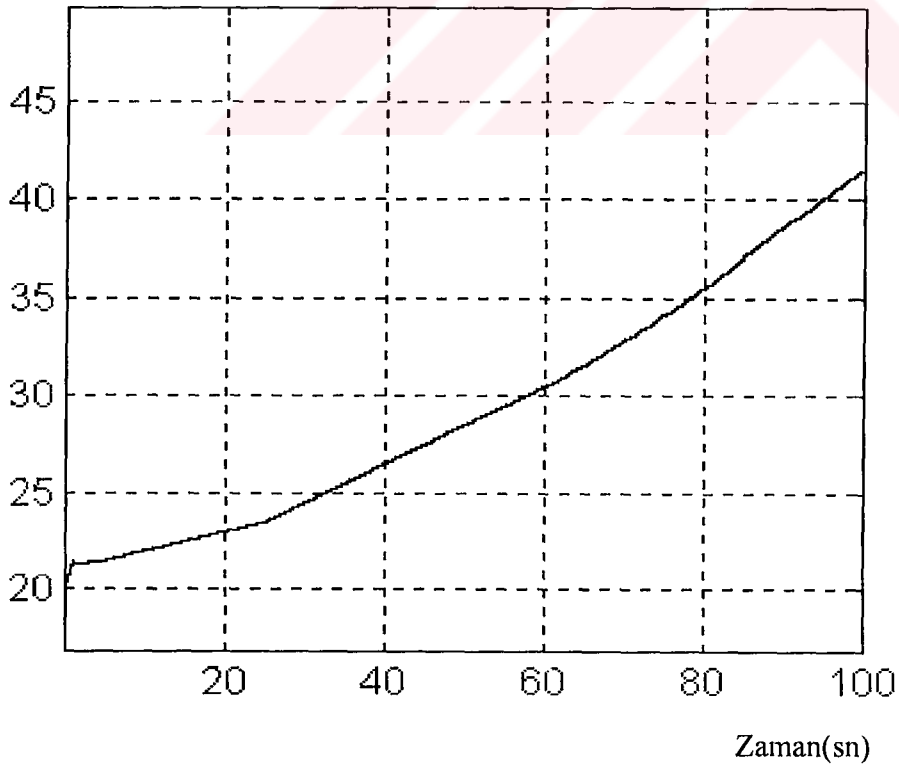
Tablo 5.2. Çıkışın durumuna göre yangın tipinin belirlenmesi

Çıkış Durumu	Çıkış Akımı (mA)
Normal	0-10
Hata	13-21
Küçük kulübe	23-29
Ranza	31-37
Elbise Dolabı	39-45
Çalışma Odası	47-55

Duman Yoğunluğu

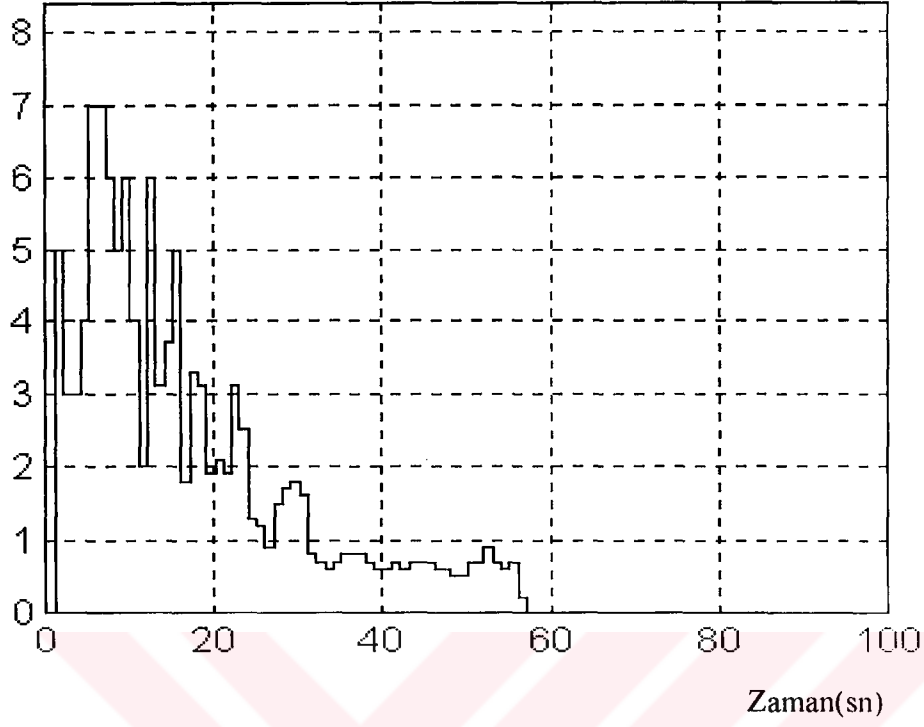


Sıcaklık

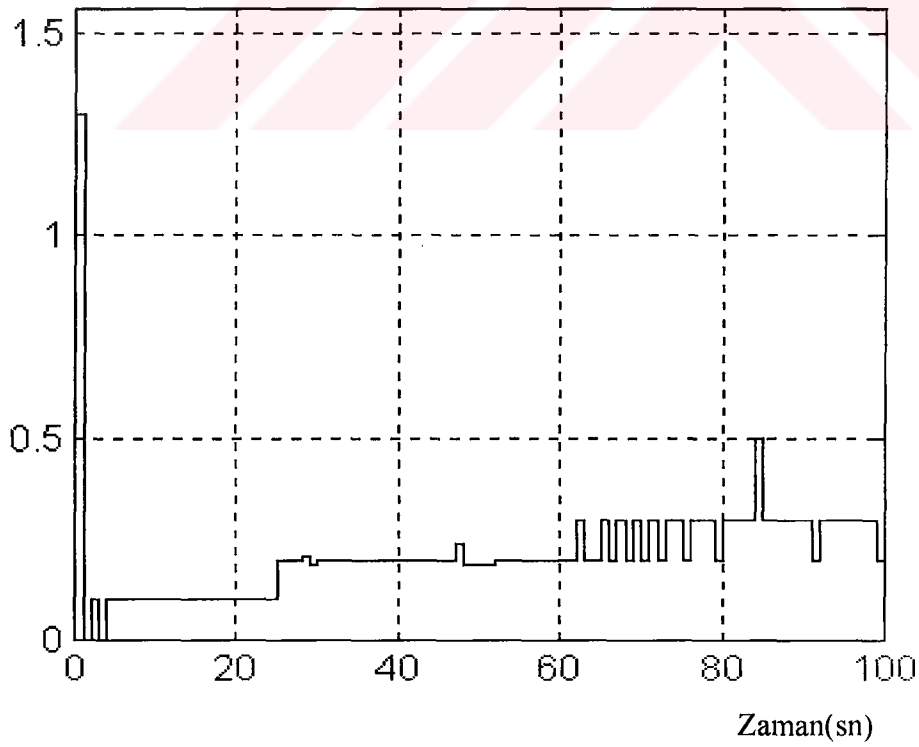


Şekil 5.9. Ranza Yangının Duman ve Sıcaklık Karakteristiği

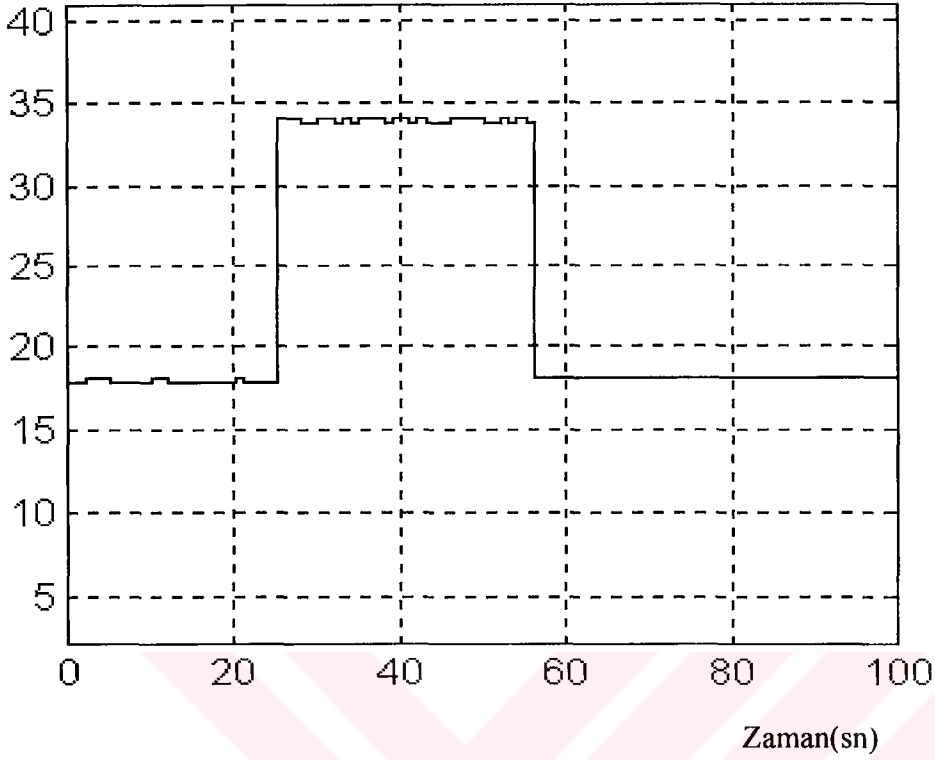
Duman Değişimi



Sıcaklık Değişimi



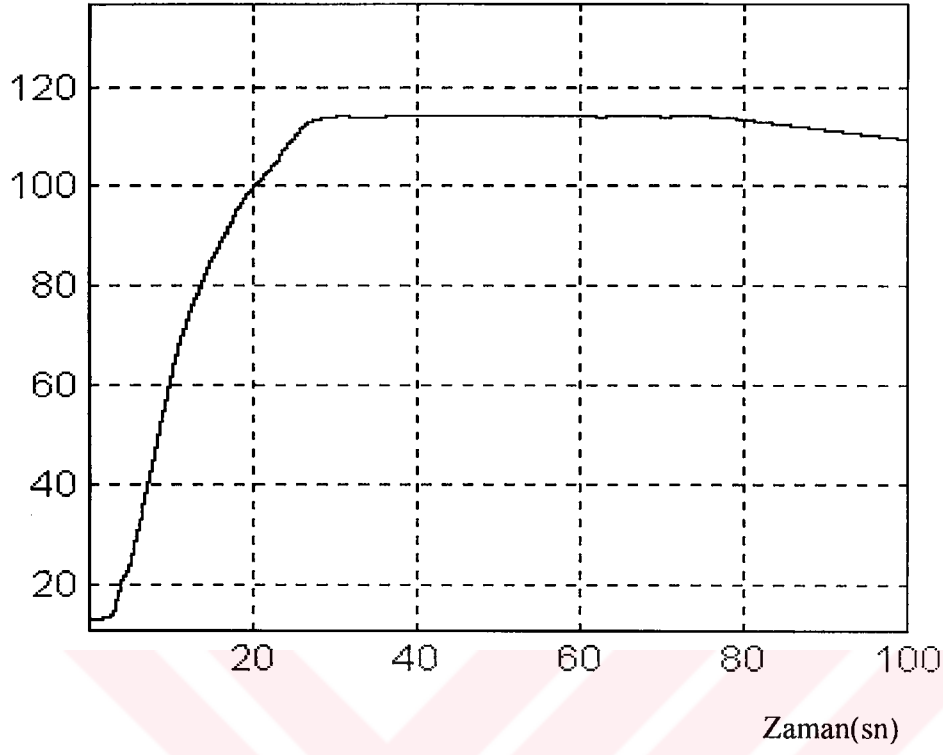
Şekil 5.10. Ranza Yangının Duman ve Sıcaklık Değişimlerinin Çizimleri



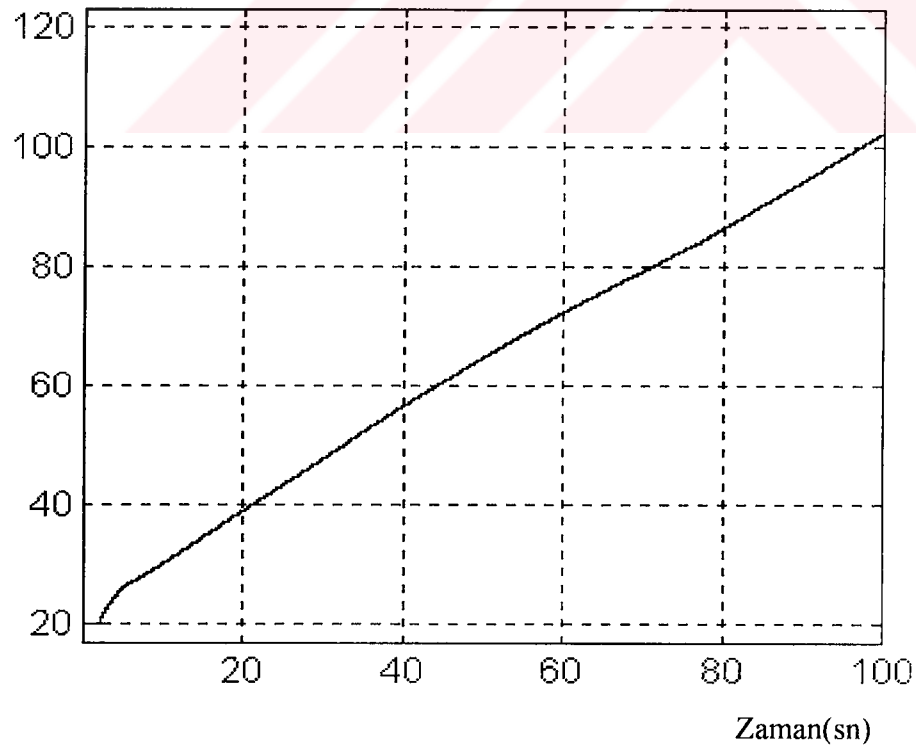
Şekil 5.11. Ranza Yangını için Çıkış Akımı Şekli

Ranza yangını için Tablo 5.2'de gösterilen akım değerleri 31-37 mA'idi. 23. saniyede sistem çıkışı 33-34 mA arasında gözükmektedir. Bu durum sistemin 23. saniyede Ranza yangını algıladığını ifade etmektedir. Yine yaklaşık 57.saniye civarlarında sistem hata konumuna gelmektedir. Bunun sebebi duman yoğunluğunun belirli bir seviyede sınırlı kalmasından kaynaklanmaktadır. Bu sınırlı kalma duman değişiminin, yani türevinin sıfır olması anlamına geldiğinden bulanık mantık çıkışımız hata aralığını çıkış olarak kabul edecektir. Ama yangın algılamada yangın algıladığımız süre önemli olduğu için bu çıkış aslında asıl amacı etkilememektedir.

Duman Yoğunluğu

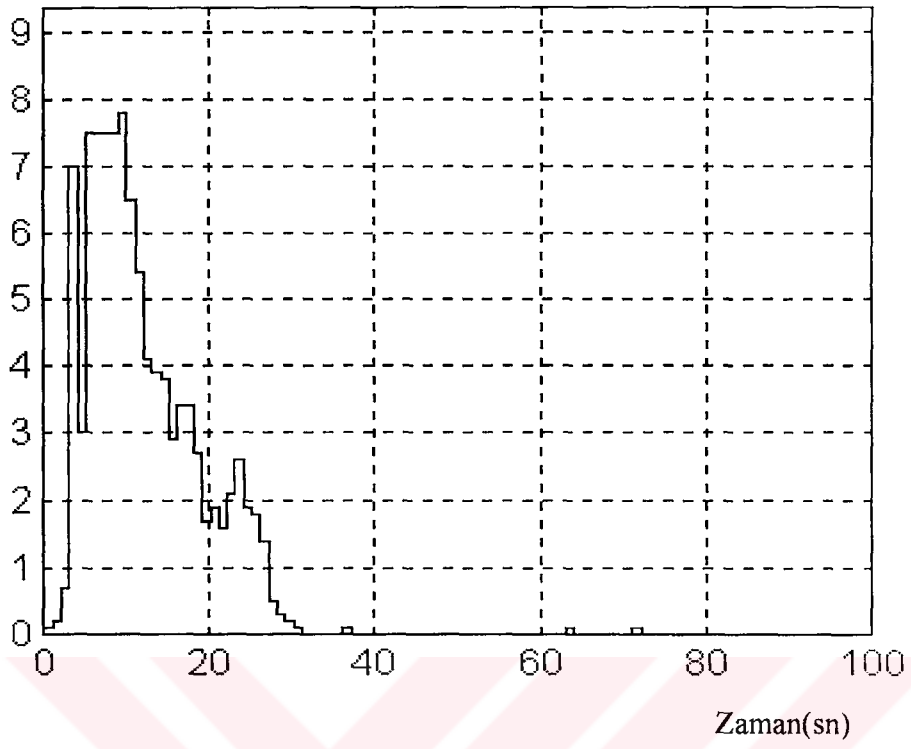


Sıcaklık

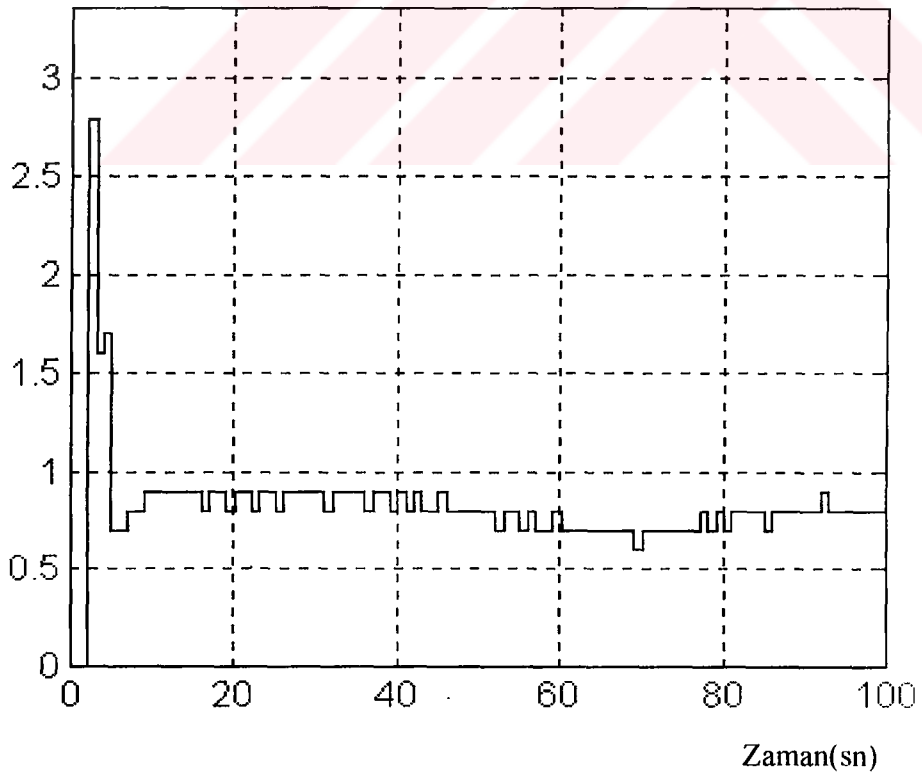


Şekil 5.12. Elbise Dolabı Yangının Duman ve Sıcaklık Karakteristiği

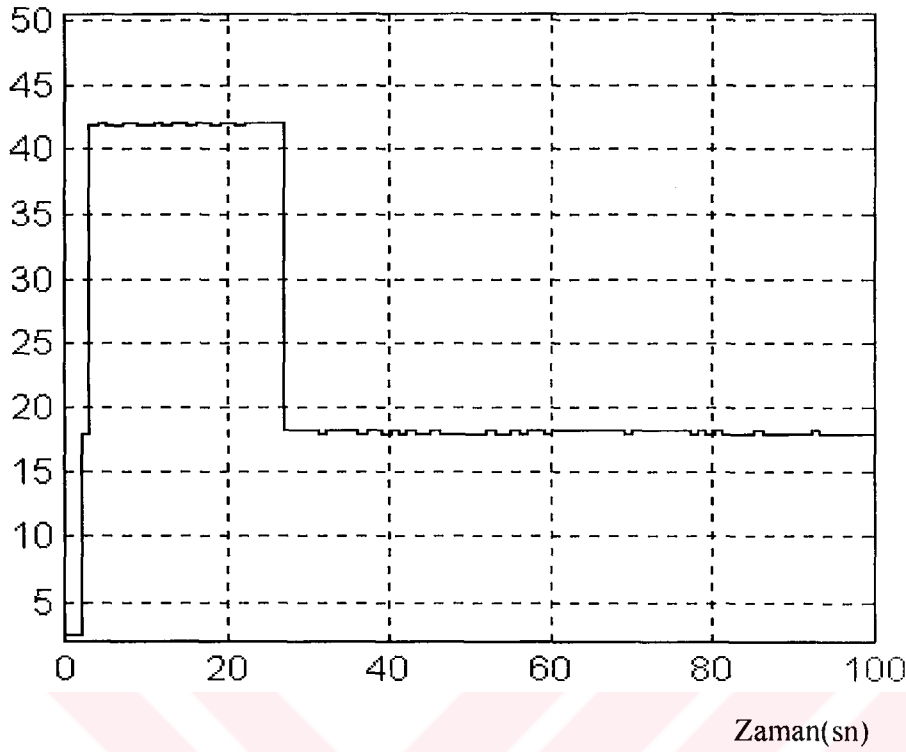
Duman Değişimi



Sıcaklık Değişimi

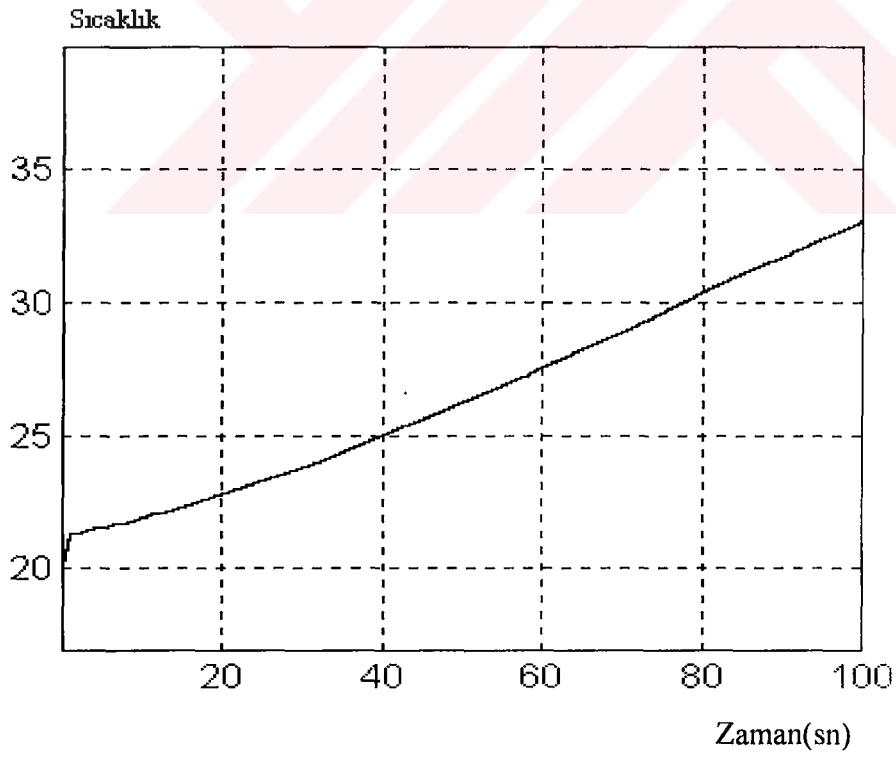
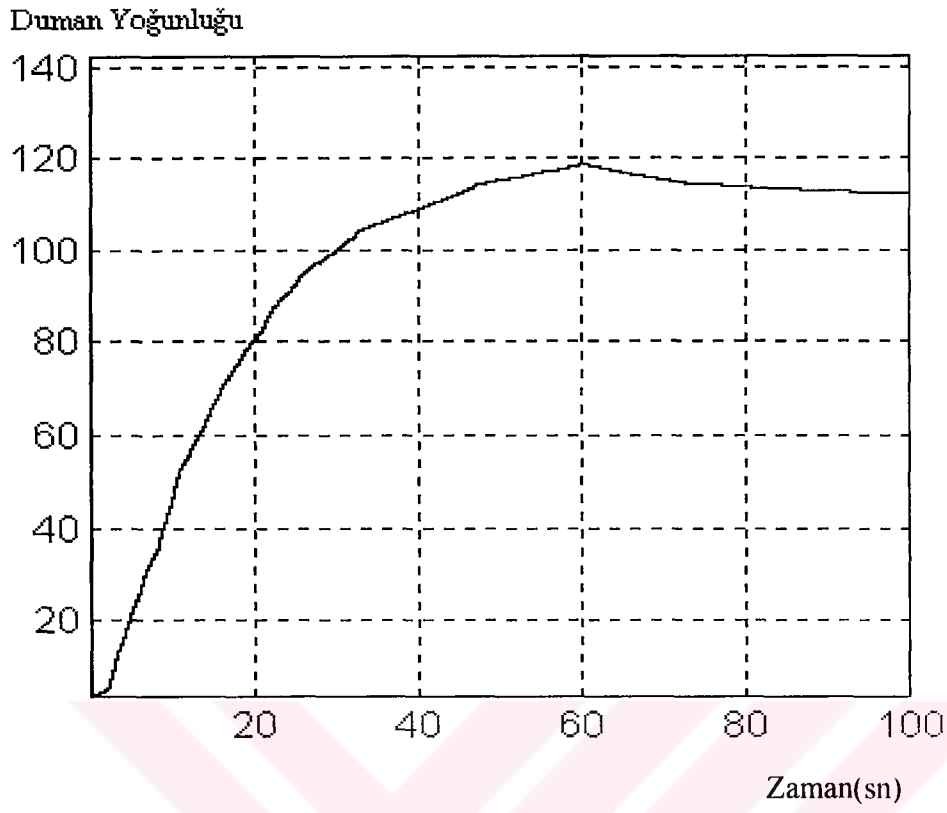


Şekil 5.13. Elbise Dolabı Yangınının Duman ve Sıcaklık Değişimi Çizimleri



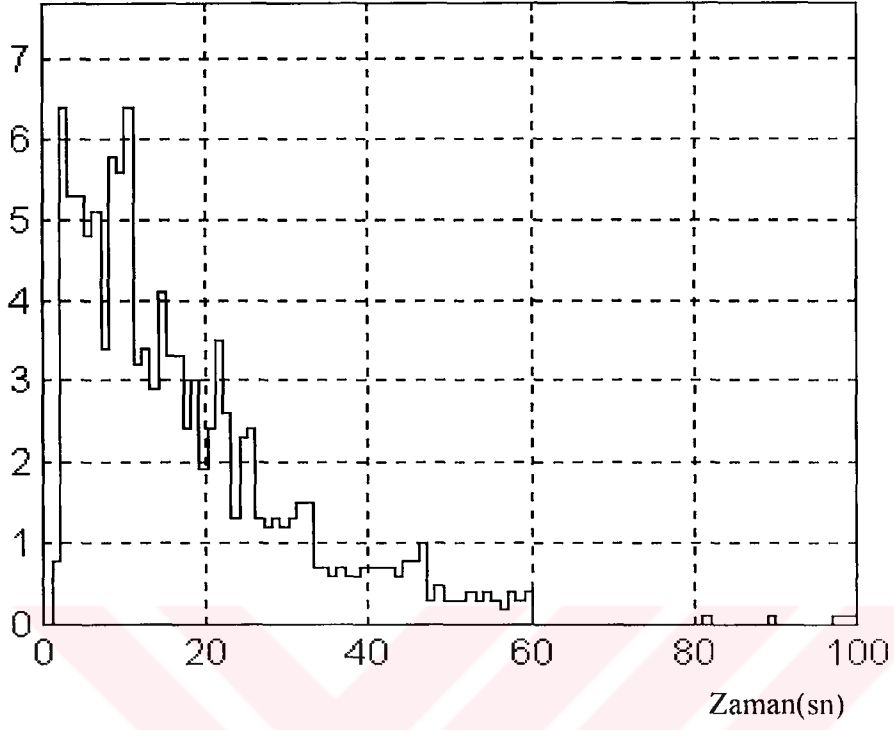
Şekil 5.14. Elbise Dolabı Yangını için Çıkış Akımı Şekli

E. Dolabı yangını için Tablo 5.2'de gösterilen akım değerleri 39-45 mA'idi. 3. saniyede sistem çıkışı 41-43 mA arasında gözükmektedir. Bu durum sistemin 3. saniyede E.Dolabı yangını algıladığını ifade etmektedir. Yine yaklaşık 26.saniye civarlarında sistem hata konumuna gelmektedir. Bunun sebebi duman yoğunluğunun belirli bir seviyede sınırlı kalmasından kaynaklanmaktadır. Bu sınırlı kalma duman değişiminin, yani türevinin sıfır olması anlamına geldiğinden bulanık mantık çıkışımız hata aralığını çıkış olarak kabul edecektir. Ama yangın algılamada yangın algıladığımız süre önemli olduğu için bu çıkış aslında asıl amacı etkilememektedir.

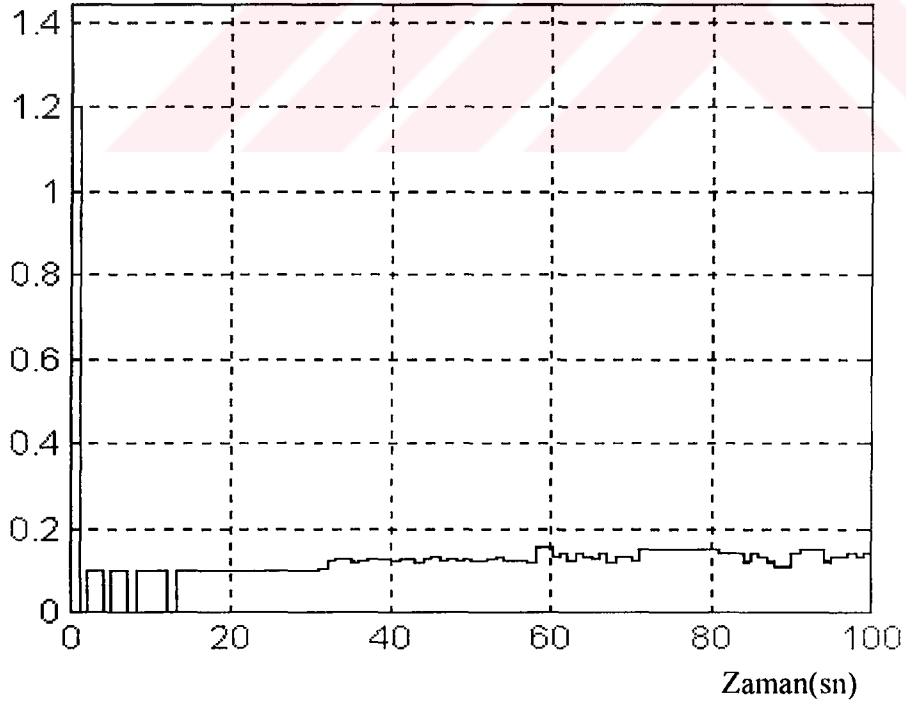


Şekil 5.15. Küçük Klübe Yangının Duman ve Sıcaklık Karakteristiği

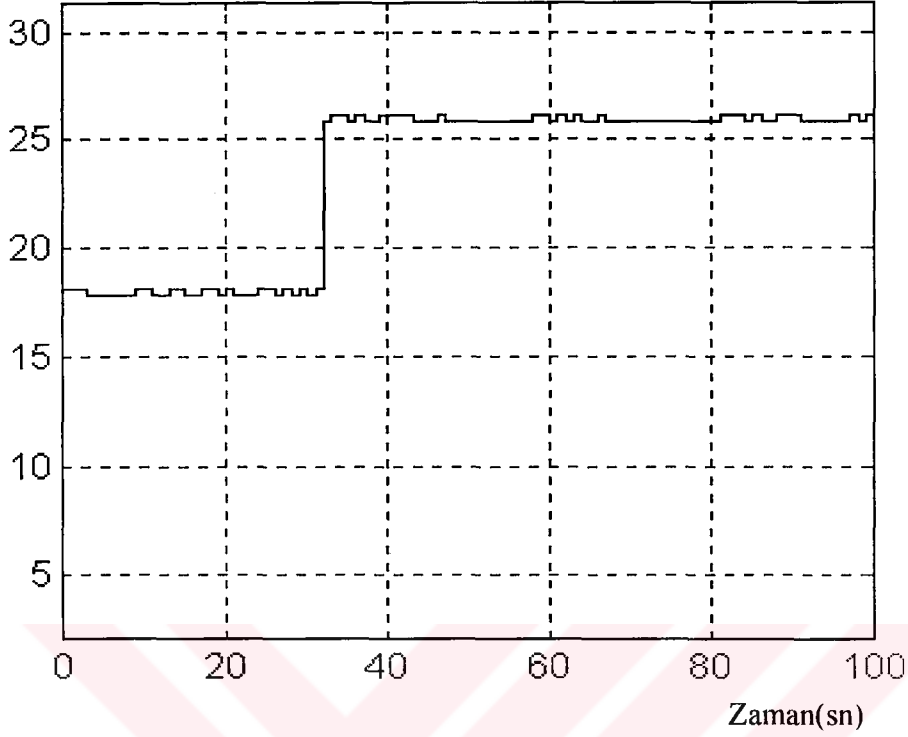
Duman Değişimi



Sıcaklık Değişimi



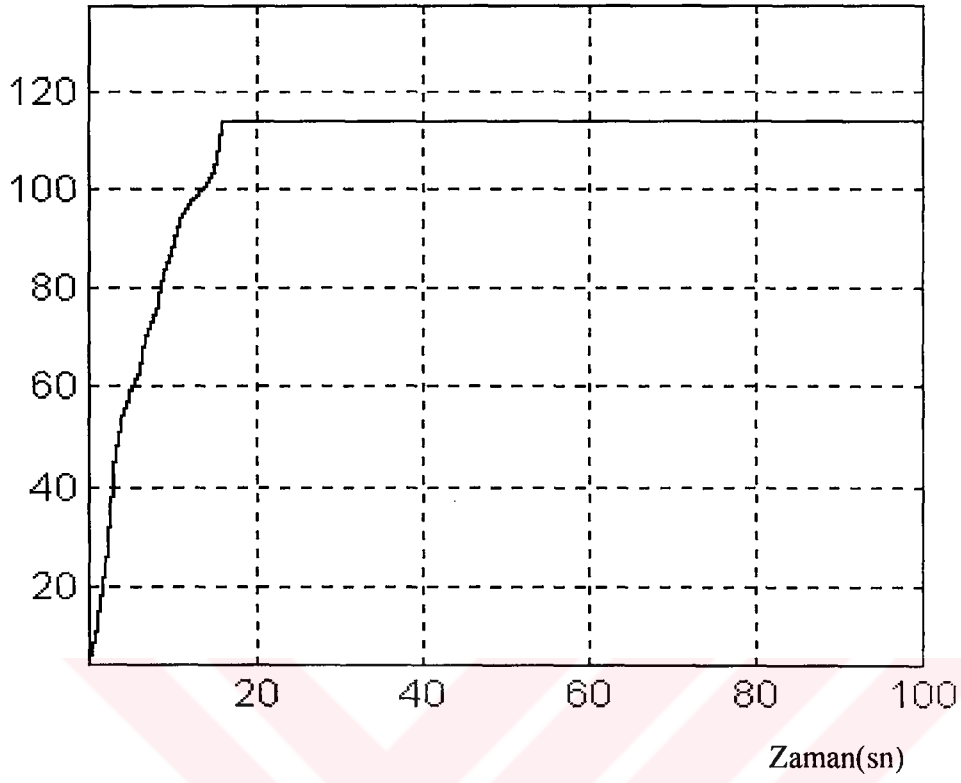
Şekil 5.16. Küçük Klübe Yangının Duman ve Sıcaklık Değişimi Çizimleri



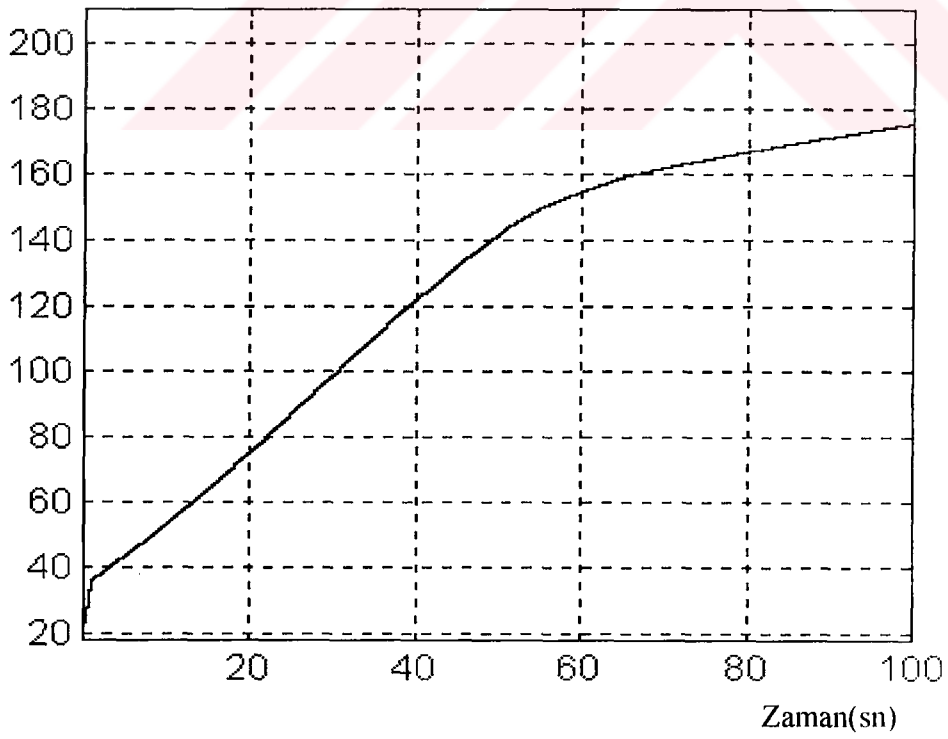
Şekil 5.17. Küçük Klübe Yangını için Çıkış Akımı Şekli

K.Klübe yangını için Tablo 5.2’de gösterilen akım değerleri 23-29 mA’idi. 32. saniyede sistem çıkışı 26-27 mA arasında gözükmektedir. Bu durum sistemin 32. saniyede K.Klübe yangını algıladığını ifade etmektedir. Yine yaklaşık şekilde gözükmesine de 145.saniye civarlarında sistem hata konumuna gelmektedir. Bunun sebebi duman yoğunluğunun belirli bir seviyede sınırlı kalmasından kaynaklanmaktadır. Bu sınırlı kalma duman değişiminin, yani türevinin sıfır olması anlamına geldiğinden bulanık mantık çıkışımız hata aralığını çıkış olarak kabul edecektir. Ama yangın algılamada yangın algıladığınız süre önemli olduğu için bu çıkış aslında asıl amacı etkilememektedir.

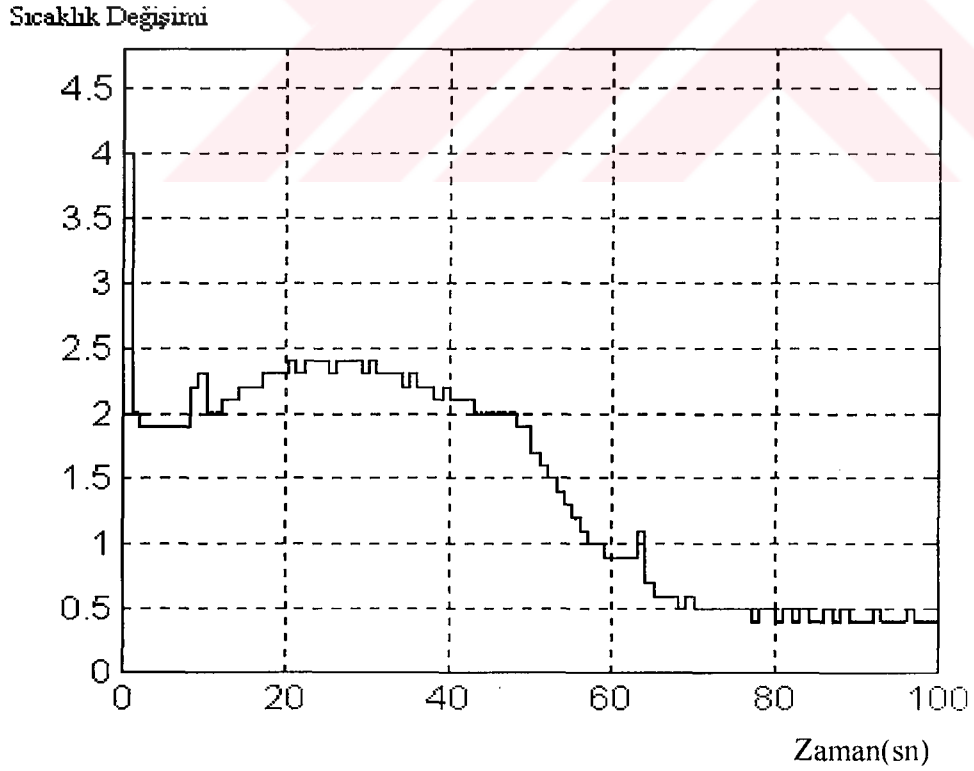
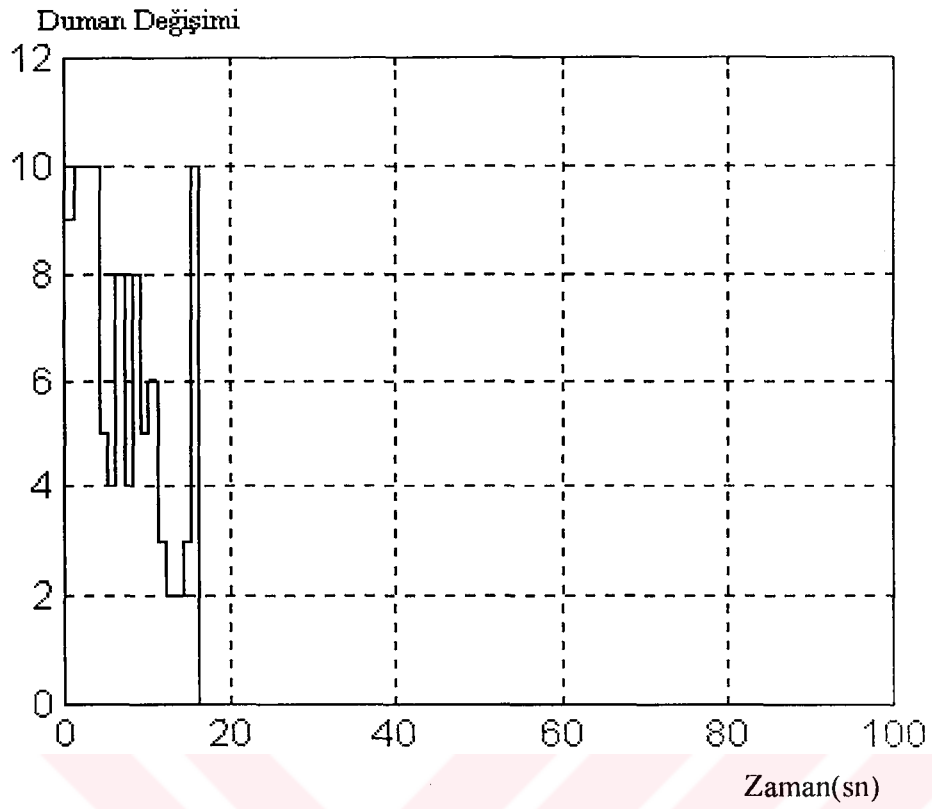
Duman Yoğunluğu



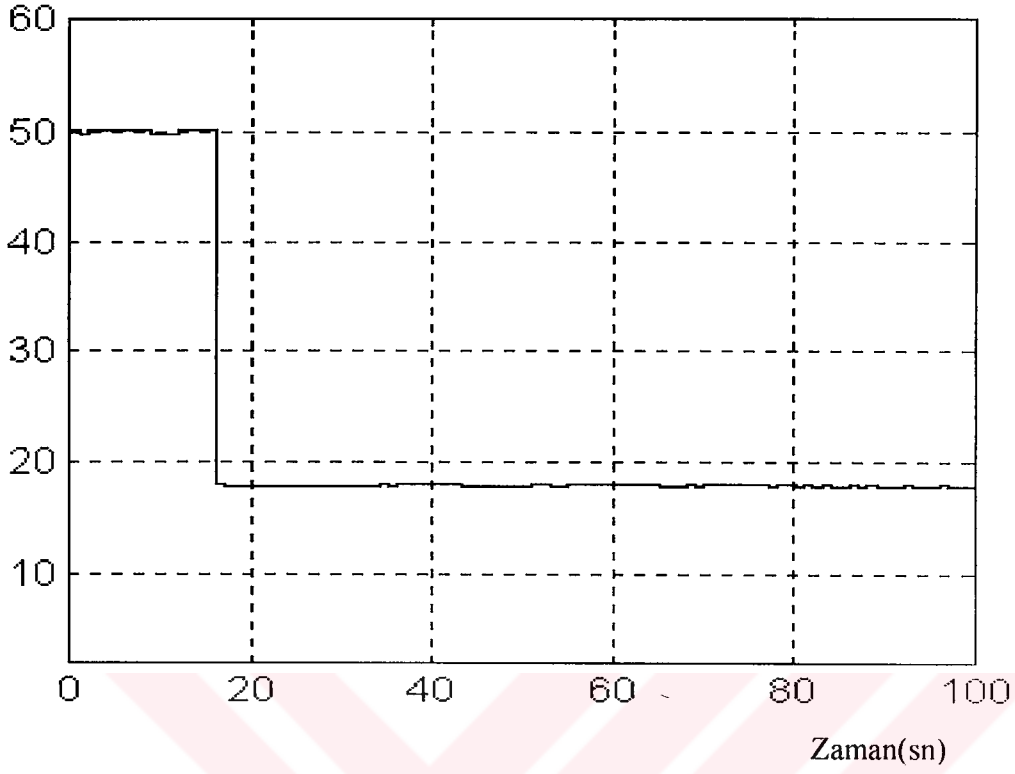
Sıcaklık



Şekil 5.18. Çalışma Odası Yangının Duman ve Sıcaklık Karakteristiği



Şekil 5.19. Çalışma Odası Yangının Duman ve Sıcaklık Değişimi Çizimleri



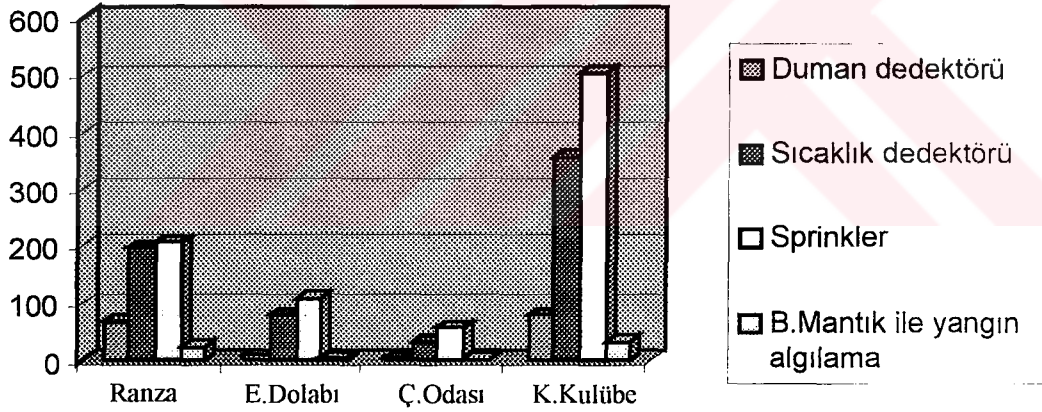
Şekil 5.20. Çalışma Odası Yangını için Çıkış Akımı Şekli

Ç.Odası yangını için Tablo 5.2’de gösterilen akım değerleri 47-55 mA’idi. 0.5. saniyede sistem çıkışı 49-51 mA arasında gözükmemektedir. Bu durum sistemin 0.5. saniyede Ç.Odası yangını algıladığını ifade etmektedir. Yine yaklaşık 18.saniye civarlarında sistem hata konumuna gelmektedir. Bunun sebebi duman yoğunluğunun belirli bir seviyede sınırlı kalmasından kaynaklanmaktadır. Bu sınırlı kalma duman değişiminin, yani türevinin sıfır olması anlamına geldiğinden bulanık mantık çıkışımız hata aralığını çıkış olarak kabul edecektir. Ama yangın algılamada yangın algıladığınız süre önemli olduğu için bu çıkış aslında asıl amacı etkilememektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Klasik yangın algılama yöntemleri ile bu tezde yapılan bulanık mantık tabanlı yangın algılama yönteminin karşılaştırılması kullanılan dört çeşit yangın materyali için aşağıdaki tabloda ve grafikte verilmiştir.

Yangın Materyali	Duman dedektörü algılama süresi	Sıcaklık dedektörü algılama süresi	Sprinklerin algılama süresi	B.Mantık tabanlı algılama süresi
Ranza	68	195	204	23
E.Dolabı	9	78	109	3
Ç.Odası	2,5	32	58	0,5
K.Kulübe	80	356	505	32



Duman dedektörleri ile yangın algılama süresinin yaklaşık üçte biri sürede bulanık mantık ile yangının algılandığı görülmektedir. Bulanık mantık ile yangın algılama'da çoklu sensörlere ihtiyaç vardır. Bu tip algılayıcılar üzerinde duman ve sıcaklık sensörünün bulunması gereklidir. Algılayıcılarda bulunan çiftli sensörden gelecek veriler ışığında algılayıcı kendi kendine yangını algılayacak ve ana panelin ihbar verdirmesini sağlayacaktır.

Bu sistemde, Bölüm 2’de anlatılan analog yangın algılama sistemine benzer bir haberleşme ve döngü söz konusudur. Analog yangın algılama sisteminde ayarlanan belirli eşik seviyeleri (duman, sıcaklık) aşıldığında, algılayıcı sisteme kesme göndererek panelin ihbarı kullanıcıya iletmesini sağlar.

Bulanık mantık ile yangın algılama da ise çift sensörlü algılayıcılar verileri değerlendirerek kendisi yangının olup olmadığına karar vererek bunu panele bildirir.

Günümüzde dünyada ve Türkiye’de kullanılan interaktif bulanık mantıkla yangın algılama sistemlerinde daha da gelişmiş yöntemler kullanılmaktadır.

Sistemdeki her sensör birbirleriyle de veri sorgulaması yapabilmektedir. Sistemin avantajı sigara dumanı, toz, parfüm veya ağır kokulu maddeler gibi yalancı ihbara sebebiyet verebilecek materyallere karşı duyarsız olmasıdır. Bunun sebebi ise bulanık mantık ile oluşturulan bilgi tabanında bu materyallerin karakteristiklerinin yer almamasıdır.

Bu tezde yapılan çalışmalar (interaktif) akıllı yangın algılama sistemlerin temelini oluşturan konuları içermektedir. Bu çalışma, tüm yangın materyallerine ait verilerin alınması ve bu veriler ile oluşturulan bulanık bilgi tabanının her dedektöre bir epromla kaydedilmesi şeklinde geliştirilebilir ve finansal kaynak ile beraber uygulamaya yönelik hale de getirilebilir.

KAYNAKLAR

- 1- WILLIAM F.MOSS, 1998, A One Room Zone Fire Model, pp.1-3, USA
- 2- GIACHINO J.M, Smart Sensors, 1986, vol.10 pp.239-241
- 3- ZADEH L.A, 1978, Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility, pp.2-3
- 4- ÇAKIR BEKİR, 1997, Bulanık Mantık Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli
- 5- BENJAMİN C.KOU, DUANE C. HANSELMAN, 1994, Matlab Tools for Control System Analysis and Design, P.Hall, USA
- 6- YAVUZ S.METİN, 1995, Yangın Algılama ve Söndürme Sistemleri, İTÜ Y.Lisans Tezi, İstanbul
- 7- DIDIER DUBOIS, HENRI PRADE, RONALD R.YAGER, 1997, Fuzzy Information Engineering, USA
- 8- BUILDING AND FIRE RESEARCH LABORATORY, USA
- 9- NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY, Gaithersburg
- 10- G.MARIUS, E.BENOIT, L.FOULLOY, 1997,Fuzzy Sensors, pp.7-10, Fransa

EKLER

DRESS			KIOSK		
Time (sn)	Upper Temp.(K)	Inter. Height (m)	Time (sn)	Upper Temp.(K)	Inter. Height (m)
0	293.1	2.4	0	293.1	2.4
1	297.9	2.3	1	294.3	2.4
2	298.5	2.3	2	294.3	2.3
3	299.2	2.2	3	294.4	2.3
4	299.9	2.1	4	294.5	2.2
5	300.6	2.0	5	294.5	2.2
6	301.4	1.9	6	294.6	2.1
7	302.2	1.9	7	294.7	2.1
8	303.1	1.8	8	294.7	2.0
9	304.0	1.7	9	294.8	2.0
10	304.9	1.7	10	294.9	1.9
11	305.8	1.6	11	295.0	1.9
12	306.7	1.6	12	295.1	1.8
13	307.6	1.5	13	295.1	1.8
14	308.5	1.5	14	295.2	1.8
15	309.3	1.5	15	295.3	1.7
16	310.2	1.4	16	295.4	1.7
17	311.1	1.4	17	295.5	1.7
18	311.9	1.4	18	295.6	1.6
19	312.8	1.4	19	295.7	1.6
20	313.7	1.4	20	295.8	1.6
21	314.5	1.3	21	295.9	1.6
22	315.4	1.3	22	296.0	1.5
23	316.3	1.3	23	296.1	1.5
24	317.1	1.3	24	296.2	1.5
25	318.0	1.3	25	296.3	1.5
26	318.9	1.3	26	296.4	1.4
27	319.8	1.3	27	296.5	1.4
28	320.7	1.3	28	296.6	1.4
29	321.6	1.3	29	296.7	1.4
30	322.4	1.3	30	296.8	1.4
31	323.3	1.3	31	297.0	1.4
32	324.2	1.3	32	297.1	1.4
33	325.1	1.3	33	297.2	1.3
34	326.0	1.3	34	297.3	1.3
35	326.8	1.3	35	297.4	1.3
36	327.7	1.3	36	297.6	1.3
37	328.6	1.3	37	297.7	1.3
38	329.4	1.3	38	297.8	1.3
39	330.3	1.3	39	298.0	1.3
40	331.1	1.3	40	298.1	1.3
41	332.0	1.3	41	298.2	1.3
42	332.8	1.3	42	298.4	1.3
43	333.6	1.3	43	298.5	1.3
44	334.5	1.3	44	298.6	1.3
45	335.3	1.3	45	298.8	1.3
46	336.1	1.3	46	298.9	1.3
47	336.9	1.3	47	299.1	1.2

48	337.7	1.3	48	299.2	1.2
49	338.5	1.3	49	299.3	1.2
50	339.3	1.3	50	299.5	1.2
51	340.0	1.3	51	299.6	1.2
52	340.8	1.3	52	299.8	1.2
53	341.6	1.3	53	299.9	1.2
54	342.3	1.3	54	300.1	1.2
55	343.1	1.3	55	300.2	1.2
56	343.8	1.3	56	300.4	1.2
57	344.5	1.3	57	300.5	1.2
58	345.3	1.3	58	300.7	1.2
59	346.0	1.3	59	300.8	1.2
60	346.7	1.3	60	301.0	1.2
61	347.4	1.3	61	301.1	1.2
62	348.1	1.3	62	301.3	1.2
63	348.8	1.3	63	301.4	1.2
64	349.5	1.3	64	301.6	1.2
65	350.2	1.3	65	301.8	1.2
66	350.9	1.3	66	301.9	1.2
67	351.6	1.3	67	302.1	1.2
68	352.2	1.3	68	302.2	1.2
69	352.9	1.3	69	302.4	1.2
70	353.6	1.3	70	302.5	1.2
71	354.3	1.3	71	302.7	1.2
72	355.0	1.3	72	302.8	1.2
73	355.7	1.3	73	303.0	1.2
74	356.4	1.3	74	303.1	1.2
75	357.1	1.3	75	303.3	1.2
76	357.9	1.3	76	303.4	1.2
77	358.6	1.3	77	303.6	1.2
78	359.4	1.3	78	303.8	1.3
79	360.1	1.3	79	303.9	1.3
80	360.9	1.3	80	304.1	1.3
81	361.7	1.3	81	304.2	1.3
82	362.5	1.3	82	304.4	1.3
83	363.3	1.3	83	304.5	1.3
84	364.0	1.3	84	304.7	1.3
85	364.8	1.3	85	304.8	1.3
86	365.6	1.3	86	305.0	1.3
87	366.4	1.3	87	305.1	1.3
88	367.2	1.3	88	305.3	1.3
89	368.0	1.3	89	305.4	1.3
90	368.8	1.3	90	305.6	1.3
91	369.7	1.3	91	305.7	1.3
92	370.5	1.3	92	305.9	1.3
93	371.3	1.3	93	306.0	1.3
94	372.1	1.3	94	306.2	1.3
95	372.9	1.3	95	306.3	1.3
96	373.7	1.3	96	306.4	1.3
97	374.5	1.3	97	306.6	1.3
98	375.3	1.3	98	306.7	1.3

99	376.1	1.3	99	306.9	1.3
100	376.9	1.3	100	307.0	1.3
101	377.7	1.3	101	307.2	1.3
102	378.5	1.3	102	307.3	1.3
103	379.3	1.3	103	307.4	1.3
104	380.1	1.3	104	307.6	1.3
105	380.9	1.3	105	307.7	1.3
106	381.7	1.3	106	307.9	1.3
107	382.5	1.3	107	308.0	1.3
108	383.3	1.3	108	308.1	1.3
109	384.1	1.3	109	308.3	1.3
110	384.9	1.3	110	308.4	1.3
111	385.7	1.3	111	308.5	1.3
112	386.5	1.3	112	308.7	1.3
113	387.3	1.3	113	308.8	1.3
114	388.1	1.3	114	309.0	1.3
115	388.9	1.3	115	309.1	1.3
116	389.6	1.3	116	309.2	1.3
117	390.4	1.3	117	309.4	1.3
118	391.2	1.3	118	309.5	1.3
119	392.0	1.3	119	309.6	1.3
120	392.7	1.3	120	309.7	1.3
121	393.5	1.3	121	309.9	1.3
122	394.3	1.3	122	310.0	1.3
123	395.1	1.3	123	310.1	1.3
124	395.8	1.3	124	310.3	1.3
125	396.6	1.4	125	310.4	1.3
126	397.4	1.4	126	310.5	1.3
127	398.1	1.4	127	310.7	1.3
128	398.9	1.4	128	310.8	1.3
129	399.7	1.4	129	310.9	1.3
130	400.5	1.4	130	311.0	1.3
131	401.3	1.4	131	311.2	1.3
132	402.1	1.4	132	311.3	1.3
133	402.9	1.4	133	311.4	1.3
134	403.7	1.3	134	311.5	1.3
135	404.5	1.3	135	311.7	1.3
136	405.4	1.3	136	311.8	1.3
137	406.2	1.3	137	311.9	1.3
138	407.1	1.3	138	312.0	1.3
139	408.0	1.3	139	312.2	1.3
140	408.8	1.3	140	312.3	1.3
141	409.7	1.3	141	312.4	1.3
142	410.6	1.3	142	312.5	1.3
143	411.4	1.3	143	312.6	1.3
144	412.3	1.3	144	312.8	1.3
145	413.2	1.3	145	312.9	1.3
146	414.1	1.3	146	313.0	1.3
147	414.9	1.3	147	313.1	1.3
148	415.8	1.3	148	313.2	1.3
149	416.7	1.3	149	313.4	1.3

150	417.6	1.3	150	313.5	1.3
151	418.5	1.3	151	313.6	1.3
152	419.3	1.3	152	313.7	1.3
153	420.2	1.3	153	313.8	1.3
154	421.1	1.3	154	313.9	1.3
155	422.0	1.3	155	314.1	1.3
156	422.9	1.3	156	314.2	1.3
157	423.7	1.3	157	314.3	1.3
158	424.6	1.3	158	314.4	1.3
159	425.5	1.3	159	314.5	1.3
160	426.3	1.3	160	314.6	1.3
161	427.2	1.3	161	314.8	1.3
162	428.1	1.3	162	314.9	1.3
163	429.0	1.3	163	315.0	1.3
164	429.8	1.3	164	315.1	1.3
165	430.6	1.3	165	315.2	1.3
166	431.4	1.3	166	315.3	1.3
167	432.2	1.3	167	315.4	1.3
168	432.9	1.3	168	315.6	1.3
169	433.6	1.3	169	315.7	1.3
170	434.3	1.3	170	315.8	1.3
171	435.0	1.3	171	315.9	1.3
172	435.7	1.3	172	316.0	1.3
173	436.4	1.3	173	316.1	1.3
174	437.1	1.3	174	316.2	1.3
175	437.8	1.3	175	316.3	1.3
176	438.4	1.3	176	316.5	1.3
177	439.1	1.3	177	316.6	1.3
178	439.7	1.3	178	316.7	1.3
179	440.4	1.3	179	316.8	1.3
180	441.0	1.3	180	316.9	1.3
181	441.6	1.3	181	317.0	1.3
182	442.3	1.3	182	317.1	1.3
183	442.9	1.3	183	317.2	1.3
184	443.6	1.3	184	317.3	1.3
185	444.2	1.3	185	317.5	1.3
186	444.8	1.3	186	317.6	1.3
187	445.4	1.3	187	317.7	1.3
188	446.1	1.3	188	317.8	1.3
189	446.8	1.3	189	317.9	1.3
190	447.5	1.3	190	318.0	1.3
191	448.2	1.3	191	318.1	1.3
192	448.9	1.3	192	318.2	1.3
193	449.7	1.3	193	318.3	1.3
194	450.5	1.3	194	318.4	1.3
195	451.3	1.3	195	318.5	1.3
196	452.1	1.3	196	318.7	1.3
197	453.0	1.3	197	318.8	1.3
198	453.8	1.3	198	318.9	1.3
199	454.7	1.3	199	319.0	1.3
200	455.5	1.3	200	319.1	1.3

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 1991 yılında girdiği Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Bölümü'nden 1995 yılında Elektronik ve Haberleşme Mühendisi olarak mezun oldu. Ekim 1995 tarihinde Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.

Ekim 1998 tarihinden itibaren Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

