

57076

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAFİK AKIŞ SİSTEMİNİN
BULANIK MANTIKLA DENETİMİ


YÜKSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Remzi GÜMÜŞTAŞ

57076

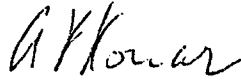
Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜH:
Enstitü Bilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜH

Bu tez 29/12/95 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



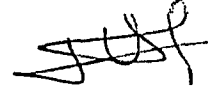
Jüri Başkanı

Doç. Dr. Hanane TAŞKIN



Jüri Üyesi

Prof. Dr. H. Ferit KONAR



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. H. Coşkun SÖKALP

ÖNSÖZ

"Trafik Akış Sisteminin Bulanık Mantıkla Denetimi" başlıklı bu çalışma, SAÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasının konusunun belirlenmesinden tamamlanana kadar her aşamada fikir ve katkılarıyla çalışmamı yönlendiren Sayın Hocam Doç. Dr. Harun TAŞKIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezin hazırlanmasında yardımlarını gördüğüm Sayın Hocalarım Yrd.Doç.Dr. Mustafa ÖZBAYRAK ve Yrd.Doç.Dr. H. Reşit YAZGAN'a, araştırma görevlisi arkadaşlarım Fahri BAZ, Mümtaz İPEK ve Adem GÖLEÇ'e teşekkür borçluyum.

Ayrıca sürekli ilgi ve desteğini gördüğüm hocalarıma, araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Adapazarı, 1995

Remzi GÜMÜŞTAŞ

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR.....	i
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iii
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Zeki Denetim Sistemleri	1
1.2. Zeki Denetim Sisteminin Zekası.....	2
1.3. Zeki Denetim Sisteminin Gerçekleşmesi.....	3
1.4. Mevcut Durum.....	5
BÖLÜM 2. BULANIK KÜME TEORİSİ.....	8
2.1. Bulanık Küme Teorisine Bir Bakış.....	8
2.2. Üyelik Derecesi Kavramı.....	8
2.3. Bulanık Mantık İşlemleri.....	9
2.4. Bulanık Küme ve Bulanık Mantık.....	11
BÖLÜM 3. BULANIK DENETİM SİSTEMLERİ.....	14
3.1. Bulanık Denetim.....	14
3.2. Bir Bulanık Mantık Denetleyicisinin Yapısı.....	19
3.3. Kuralların Oluşturulması.....	20
3.4. Bulanık Servo Denetleyici.....	21
3.5. Üyelik İşlevlerinin Bir Tablo Şeklinde Gösterimi.....	24
3.6. Bulanık Denetim Uygulama Alanları.....	25
3.7. Bulanık Denetimin Avantajları-Dezavantajları.....	26
BÖLÜM 4. BULANIK DENETİM ALGORİTMALARI.....	31
4.1. Bulanık Denetim Algoritması ve Matematiksel Modeli.....	31
4.1.1. Bulanık Haritalama.....	33
4.1.2. Bulanık Denetleyicinin Matematiksel Modeli.....	40
4.1.3. Bulanık Denetim Algoritmasının Analizleri.....	41
BÖLÜM 5. DENETİM SİSTEM TASARIM PROBLEMİ VE.....	42
ENDÜSTRİYEL SİSTEMLERE UYGULANMASI	
5.1. Denetim Sistem Tasarım Problemi.....	42
5.1.1. Denetim Yüzeyi.....	43
5.1.2. Denetim Sistem Tasarım Aşamaları.....	44
5.1.3. Bir Bulanık Sistem Tasarımındaki Varsayımlar.....	44
5.1.4. Bulanık Kural-Tabanlı Uzman Sistemler.....	45
5.1.5. Standard Bulanık Kural-Tabanlı Uzman Sistemler.....	48
5.1.6. Temel Standart Formlardaki Bileşik Kuralların Ayrıştırılması.....	
5.2. Endüstriyel Proseslerin Bulanık Denetimi.....	52
5.2.1. Bulanık Mantık Denetim Nedir?.....	52
5.2.2. Niçin Bulanık Mantık Kontrol Kullanıyoruz?.....	52
5.2.3. Bulanık Mantık Denetleyici Tasarım ve Uygulaması.....	53

5.2.4. Sadece Hatayı Kullanarak Bulanık Denetim Yapma.....	56
5.2.5. Denetleyici Algoritması için Gerekli Uzantılar.....	64
5.2.6. İmalat ve Endüstri Mühendisliğine Uygulamalar.....	66
BÖLÜM 6. TRAFİK SİSTEMİNİN DENETİMİNDE BULANIK MANTIK.....	68
6.1. Trafik Denetim Metotları.....	68
6.2. Araç Hareketi.....	68
6.3. Girdi.....	69
6.4. İşlem Modu.....	70
6.5. Değerlendirme Fonksiyonu.....	70
6.6. Bulanık Denetleyici.....	71
6.7. Girdi/Çıktı Üyelik Fonksiyonu.....	71
BÖLÜM 7. KAVŞAKLARDA TRAFİK AKIŞ DENETİMİNİN UYGULAMASI.....	74
7.1. Giriş.....	74
7.2. Gözlemler Sonucunda Elde Edilen Araç Sayıları.....	76
7.3. Kırmızı Işıktaki Bekleyen ve Yeşil Işıktaki Geçen Araç Sayılarının Ortalamaları.....	81
7.4. Kırmızı Işıktaki Bekleyen ve Yeşil Işıktaki Geçen Araç Sayısının Frekansının Belirlenmesi.....	91
7.5. Bulanık Alt Küme Terimlerinin Belirlenmesi.....	98
7.6. Kuralların Oluşturulması.....	100
7.7. Kırmızı Işıktaki Bekleyen ve Yeşil Işıktaki Geçen Araçların Ortalamalarının Ortalaması.....	106
7.8. Bulanık Alt Küme Terimleri İçin Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi.....	108
7.9. Kırmızı ve Yeşil Işık Yanma Süreleri İçin Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması.....	111
7.10. Simülasyon.....	118
7.10.1. Simülasyona Ne Zaman başvurulur?.....	118
7.10.2 Simülasyon Metodunun Faydaları.....	119
7.10.3 Simülasyon Yöntemi Ne Zaman Yararlı Olmayabilir.....	119
7.10.4 Kabul Edilen Varsayımlar.....	121
7.10.5 Kuyruk Sisteminin Simülasyonu.....	122
7.10.6 Sistemde Kullanılan Parametrelerin Dataları.....	123
7.10.7 Mevcut Sistemin Simülasyon Çıktısı.....	126
7.10.8 Teklif edilen sistemin Simülasyon çıktısı.....	128
7.10.9 Yeşil Işıktaki Geçen Ortalama Araç Sayısı İçin Anlamlılık Testi.....	130
7.10.10 Kırmızı Işıktaki Bekleyen Ortalama Araç Sayısı İçin Anlamlılık Testi.....	131
BÖLÜM 8. SONUÇLAR.....	132
BÖLÜM 9. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	134
KAYNAKLAR.....	135
EKLER.....	137
ÖZGEÇMİŞ.....	142

SİMGELER LİSTESİ

$\mu_A(x)$	A Bulanık Kümesinin Üyelik Derecesi
$\mu_{A+B}(x)$	A, B Bulanık Kümelerinin Bileşimi
$\mu_{A*B}(x)$	A, B Bulanık Kümelerinin Kesişimi
$\mu_{\sim A}(x)$	A Bulanık Kümesinin Farkı ($1-\mu_A(x)$)
R	İlişki Dizisi
u	Denetim Sinyali
e	Hata
Δe	Hatadaki Değişim
ce	Hata Değişimi
\in	Küme Elemanı
*	Çarpım İşlemi
A_i	A(X)' de A_i ' nin Kesiti
B_j	B(X)' de B_j ' nin Kesiti
A(X)	Bulanık Küme
\cup	Maksimum İşlem
α	"VE", "VEYA", "AKSI TAKTİRDE" Linguistik Bağlayıcılardan Herhangibiri
.	Mutlak Değer
[.]	En Büyük Tam Sayı
Sgn	Signum
D/A	Dijital Analog Çevirici
FP	Bulanık Oransal
FI	Bulanık İntegral
FPI	Bulanık Oransal İntegral
τ	Sürücü Reaksiyon Zamanı
\bar{X}_K	Kırmızıda Bekleyen Araçların Ortalama Miktarı
\bar{X}_Y	Yeşilde Geçen Araçların Ortalama Miktarı
K(s)	Kırmızı Işıқта Bekleyen Araç Sayısı

$Y(s)$	Yeşil Işıқта Geçen Araç Sayısı
a_1, a_2, a_3	Bulanık Alt Kümeler
\bar{X}	Ortalama
$\overline{\bar{X}}$	Ortalamaların Ortalaması
δ	Standart Sapma



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil. 2.1	Bulanık Küme ile Klasik Kümenin Karşılaştırılması.....	9
Şekil. 2.2	Sıcaklık Giriş Parametresinin Üyelik Dereceleri.....	10
Şekil. 3.1	Bulanık Denetim Sisteminin Tanımı	14
Şekil. 3.2	Bulandırıcı (Fuzz), Bulanıklıktan Arındırma (De-Fuzz) ve..... Çıkarım Mekanizmasını Gösteren Tipik Bir Bulanık Kontrol Sistemi için Blok Diyagramı.....	15
Şekil. 3.3	Uyarlamalı Bulanık Denetim Sistemi.....	16
Şekil. 3.4	Bulanık Denetime Bir Örnek: Araba Fren Şiddetinin Denetimi.....	17
Şekil. 3.5	İki Araba Arasındaki Uzaklık, Arkadaki Arabanın Hızı ve Frenleme Şiddeti İçin Üyelik İşlevleri.....	18
Şekil. 3.6	Araba Fren Şiddetinin Denetimi Örneğinde Fren Şiddetinin Bulunması.....	19
Şekil. 3.7	Bir Bulanık Denetleyicinin Temel Yapısı	20
Şekil. 3.8	Hata (e) ve Hata Değişiminin Dilsel Değerlerinin Üyelik İşlevleri.....	22
Şekil. 3.9	Denetim Girdisinin Dilsel Değerlerinin Üyelik İşlevleri.....	22
Şekil. 5.1	p-Girdi ve m-Çıktı Sistemi için Bir Blok Diyagramı.....	45
Şekil. 5.2	Bir Uzman Kurallar Setinin Standart Formu	48
Şekil. 5.3	Standart Bulanık Kural-Tabanlı Sistem	49
Şekil. 5.4	S Sisteminde Tanımlanan KKTUS.....	50
Şekil. 5.5	Bulanık Mantık Denetleyicisinin Dizayn ve Uygulamasındaki Adımlar	56
Şekil. 5.6	Girdi R, Çıktı Y, Hata R-Y ve Denetim U Referanslı Denetim Sistemi	56
Şekil. 5.7	Bulanık Orantılı Denetimi Kullanan Bulanık Mantık Denetim	57
Şekil. 5.8	Bulanık Oransal Denetleyiciler İçin “Kazanç” Karakteristiği...	63
Şekil. 6.1	Kavşak.....	72
Şekil. 6.2	Yeşil Işık İçin Üyelik Fonksiyonları.....	73

Şekil 6.3	Kırmızı Işık İçin Üyelik Fonksiyonları.....	73
Şekil 6.4	Zaman İçin Üyelik Fonksiyonları.....	73
Şekil 6.5	Kavşakta Oluşan Durum Değişikliğinin Üyelik Fonksiyonu....	73
Şekil 7.1	1 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı	91
Şekil 7.2	1 Nolu Işıқта Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	91
Şekil 7.3	2 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	91
Şekil 7.4	2 Nolu Işıқта Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	92
Şekil 7.5	3 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	92
Şekil 7.6	3 Nolu Işıқта Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	92
Şekil 7.7	4 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	93
Şekil 7.8	4 Nolu Işıқта Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	93
Şekil 7.9	5 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	93
Şekil 7.10	5 Nolu Işıқта Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	94
Şekil 7.11	1 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı	94
Şekil 7.12	1 Nolu Işıқта Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	94
Şekil 7.13	2 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	95
Şekil 7.14	2 Nolu Işıқта Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	95
Şekil 7.15	3 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	95
Şekil 7.16	3 Nolu Işıқта Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	96
Şekil 7.17	4 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	96
Şekil 7.18	4 Nolu Işıқта Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	96
Şekil 7.19	5 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	97
Şekil 7.20	5 Nolu Işıқта Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	97
Şekil 7.21	Kırmızı Işıқта Bekleyen ve Yeşil Işıқта Geçen Araç Sayısı için Üyelik Fonksiyonu.....	99
Şekil 7.22	K(t) Çıkış Üyelik Fonksiyonu.....	100
Şekil 7.23	Düşük (D), Orta (O), Yüksek (Y) için Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi.....	108
Şekil 7.24	Düşük (D) için Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi.....	108
Şekil 7.25	Orta (O) için Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi.....	109
Şekil 7.26	Yüksek (Y) için Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi.....	109
Şekil 7.27	a_1, a_2, a_3 Bulanık Alt Kümelerinin Sayısal Üyelik Dereceleri....	110

Şekil	7.28	Kırmızı Işık İçin Kurallara Dayanarak Oluşturulmuş Üyelik Fonksiyonları.....	112
Şekil	7.29	Kırmızı Işık İçin Üyelik Fonksiyonlarının Ağırlık Merkezi.....	113
Şekil	7.30	Yeşil Işık İçin Kurallara Dayanarak Oluşturulmuş Üyelik Fonksiyonları.....	116
Şekil	7.31	Yeşil Işık İçin Üyelik Fonksiyonlarının Ağırlık Merkezi.....	117
Şekil	7.32	Tek Kuyruk, Tek Kuyruk Hizmet sistemi.....	122
Şekil	7.33	1 Nolu Işığa Ait dağılım Grafiği.....	124
Şekil	7.34	2 Nolu Işığa Ait dağılım Grafiği.....	124
Şekil	7.35	3 Nolu Işığa Ait dağılım Grafiği.....	124
Şekil	7.36	4 Nolu Işığa Ait dağılım Grafiği.....	125
Şekil	7.37	5 Nolu Işığa Ait dağılım Grafiği.....	125
Şekil	7.38	Mevcut Sistemde Kırmızı Işıқта Bekleyen Araçların Grafiği...	127
Şekil	7.39	Mevcut Sistemde Yeşil Işıқта Geçen Araçların Grafiği.....	127
Şekil	7.40	Teklif Edilen Sistemde Kırmızı Işıқта Bekleyen Araçların Grafiği.....	129
Şekil	7.41	Teklif Edilen Sistemde Yeşil Işıқта Geçen Araçların Grafiği...	129

TABLolar LİSTESİ

Tablo. 3.1	Bulanık Denetleyici İçin Kural Tabanı.....	23
Tablo. 3.2	Üyelik İşlevlerinin Bir Matris Şeklinde İfadesi.....	24
Tablo. 3.3	Bulanık Denetim Uygulamaları.....	27
Tablo. 5.1	Denetim Sinyal Notasyonu ve Bulanık Hata.....	53
Tablo. 5.2	e_a 'nın Sürekli Değerlerine Uygun Kesikli e_i Değerleri.....	57
Tablo. 5.3	Bulanık Alt Küme Terimlerine Uygun Sembolik Etiketler.....	59
Tablo. 5.4	Bulanık Alt Küme Terimlerine Uygun Öznel Olarak Belirlenmiş Üyelik Fonksiyonları	59
Tablo. 5.5	E=PB ve U=PO Arasındaki İlişki İçin Üyelik Dereceleri Dizisi.....	60
Tablo. 5.5	E=PB ve U=PO Arasındaki İlişki İçin Üyelik Dereceleri Dizisi.....	60
Tablo. 5.7	E=PK ve U=PO Arasındaki İlişki İçin Üyelik Dereceleri Dizisi.....	61
Tablo. 5.8	E=PS ve U=PO Arasındaki İlişki İçin Üyelik Dereceleri Dizisi.....	61
Tablo. 5.9	E'nin Pozitif Değerleri İçin U Çıktı Sinyalleri.....	64
Tablo. 5.10	E'nin Bütün Değerleri İçin U Çıktı Sinyalleri.....	64
Tablo. 5.11	Çıktı Artışsız Olduğunda Bir Bulanık Oransal (FP), Bir Bulanık..... İntegral (FI) ve Bir Bulanık Oransal İntegral (FPI) Denetleyici Uygulamak İçin Gerekli Girdiler.....	65
Tablo. 5.12	Çıktı Artışlı Olduğunda Bir Bulanık Orantılı, Bir Bulanık İntegral ve Bir Bulanık Orantılı İntegral Denetleyici Uygulamak İçin Gerekli Girdiler.....	65
Tablo. 7.1	1 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı	76
Tablo. 7.2	2 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı.....	76
Tablo. 7.3	3 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı.....	77
Tablo. 7.4	4 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı.....	77
Tablo. 7.5	5 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı.....	78
Tablo. 7.6	6 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı.....	78
Tablo. 7.7	7 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı.....	79
Tablo. 7.8	8 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı.....	79
Tablo. 7.9	9 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı.....	80
Tablo. 7.10	10 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı.....	80
Tablo. 7.11	1 Nolu Işıhta Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı	81
Tablo. 7.12	1 Nolu Işıhta Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	81

Tablo. 7.13	2 Nolu Işıktaki Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	82
Tablo. 7.14	2 Nolu Işıktaki Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	82
Tablo. 7.15	3 Nolu Işıktaki Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	83
Tablo. 7.16	3 Nolu Işıktaki Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	83
Tablo. 7.17	4 Nolu Işıktaki Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	84
Tablo. 7.18	4 Nolu Işıktaki Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	84
Tablo. 7.19	5 Nolu Işıktaki Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	85
Tablo. 7.20	5 Nolu Işıktaki Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	85
Tablo. 7.21	1 Nolu Işıktaki Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı	86
Tablo. 7.22	1 Nolu Işıktaki Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	86
Tablo. 7.23	2 Nolu Işıktaki Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	87
Tablo. 7.24	2 Nolu Işıktaki Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	87
Tablo. 7.25	3 Nolu Işıktaki Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	88
Tablo. 7.26	3 Nolu Işıktaki Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	88
Tablo. 7.27	4 Nolu Işıktaki Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	89
Tablo. 7.28	4 Nolu Işıktaki Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	89
Tablo. 7.29	5 Nolu Işıktaki Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı.....	90
Tablo. 7.30	5 Nolu Işıktaki Yeşilde Geçen Araç Sayısı.....	90
Tablo. 7.31	Bulanık Alt Küme Teorisine Uygun Sembolik Etiketler.....	98
Tablo. 7.32	Kırmızı ve Yeşil Işıktaki Araç Sayısı ile İlgili Kural Tablosu.....	98
Tablo. 7.33	Bulanık Alt Küme Terimleri için Üyelik Fonksiyonları (Kırmızı İçin).	110
Tablo. 7.34	Bulanık Alt Küme Terimleri için Üyelik Fonksiyonları (Yeşil İçin).	110
Tablo. 7.35	Sistem Dataları	123

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Bulanık Denetim, Linguistik,

Yapılan çalışmada, bulanık denetleyicinin üç girişi vardır: Yeşil ışıkta ortalama trafik yoğunluğu, kırmızı ışık arkasındaki ortalama trafik yoğunluğu ve değişim süresi. Kırmızı ve yeşil ışıklardaki trafik yoğunluğunu belirten 3 adet üyelik fonksiyonu vardır. Bu fonksiyonlar: Düşük, Orta ve Yüksek'tir. Yeşil ışık, kırmızı ışık ve değişim zamanını saniye olarak zamanı belirten üyelik fonksiyonlarının aynı olması teoride ve kural tablosunu oluşturmada kolaylık sağlaması bakımından uygun görülmüştür.

Uygulamamızdaki kural sayısı, her giriş için üyelik fonksiyonlarının sayısından çıkarılan giriş kombinasyonlarının sayısına eşittir. Mesela üçer üyelik fonksiyonuna sahip olan iki giriş vardır, buna karşılık kural sayısı dokuza eşittir.

Adapazarı Atatürk Bulvarındaki trafik denetiminde önceden belirlenmiş ışık değiştirme periyodu esaslı baz alınarak, fakat önceden belirlenmiş değişim zamanını ve ışıkları değiştirebilen sensörlerin kullanım yaklaşımı teorik olarak düşünülüp klasik kapalı döngü ışık sisteminin gerçek gözlem verileri kullanılarak bulanık denetim uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada bulanık denetimin kullanılmasındaki amaç, trafik denetiminde bulanık mantığın kullanılmasının diğer klasik ve matematiksel algoritmalarından oluşan denetim sistemlerine karşı cazip kılan en önemli faktör belli bir zaman diliminde trafik akış hızının ve maliyet açısından performansın klasik denetime nazaran daha iyi sonuçlar vermesinden kaynaklanmaktadır.

Bulanık mantık trafik ortamının denetimi için alternatif bir metot olarak kullanılabilir. Bir trafik ortamı, kavşağa gelen ve giden şeritler, kavşak, araç trafiği ve sinyal lambalarından oluşmaktadır.

Bulanık denetimin en büyük avantajı, trafik yoğunluğunun oldukça düzensiz olduğu ortamlarda göstermektedir. Bulanık denetleyiciler ışıkları, daha önceden belirlenen bir periyottan daha çok maksimum geçişi sağlayacak şekilde değiştirmesidir. Bu durum, araçların trafik sisteminde daha az bekleme ve daha fazla hareket etme sürelerine sahip olmalarını sağlar.

Bulanık denetimin diğer bir avantajı da, bulanık denetleyici büyük ölçüde devamlı değişen trafik modelini kontrol edebilmektedir. Bu özellik, bulanık denetleyiciyi tekrar kullanılabilir kılmaktadır ki bu klasik yöntemlerde olmayan bir özelliktir. Sadece bu özellik bile bulanık denetimi tercih edilir kılabilir. Bununla birlikte tekrar kullanım özelliği trafik denetim sistem maliyetlerini düşürebilir.

Mevcut klasik metotların çoğunda kavşaklardaki trafik denetimi istatistiksel verilere dayanarak ışık sürelerini belirleyip değiştirmeye giderken, bulanık denetim ise kavşağa giren araçların sayısını belirleyip buna göre sinyali değiştirmektedir. Bu ise değişken trafik yoğunlukları durumunda daha iyi sonuçlar almasını sağlar.

Adapazarı Atatürk Bulvarında bulunan 5 ayrı noktalarda oluşan bir kavşakta, yapılmış olan çalışma sonucunda kırmızı ışık yanma süresinin 63 sn den 33 sn ye. Yeşil ışık yanma süresinin de 35 sn den 18 sn ye indirgenmiştir. Bulunmuş olan bu çevrim sürelerinin iki faydasından bahsetmek mümkündür. Birinci fayda, belli bir zaman diliminde kırmızı ve yeşil ışıkların periyodundaki artışlar trafik akış zamanını artıracaktır. İkinci fayda ise trafik akış hızındaki artış kırmızı ışıkta araç bekleme süresini azaltacağından maliyetten önemli ölçüde (yaklaşık %50) tasarruf sağlanmış olacaktır.

SUMMARY

Keywords: Fuzzy Logic, Linguistic,

Fuzzy Control can be used as an alternative in order to control traffic problem. The traffic problem consists of coming and going lane, junction, traffic jam and traffic light.

In this study, fuzzy control has three inputs. First input is average traffic density while green light is on. Second input is average traffic density while red light is on. Third input is time of variation. There are three membership functions which show traffic density for red and green light. There are low, medium, high. Red light, green light and time of variation are defined in terms of second; this assumption is chosen because theory of problem and rule table can be easily established.

In this study, an application has been carried out on Atatürk Boulevard at Adapazarı. In this application, period of light changing was assumed as a base; light changing time which can be determined beforehand and sensor which changes lights were included theoretically. Observation data which are produced by classic closed loop system were used.

As shown in this study, the purpose of choosing fuzzy control is that it achieves better performances in terms of traffic flow and cost than classic and mathematical algorithm.

An important advantage of fuzzy control can be observed in an unsteady traffic density case. Fuzzy control changes traffic lights in order to achieve maximum passing instead of predetermined fixed light changing time. As a result, waiting time will be less and moving time will be long.

In addition to the above advantages of fuzzy control, it controls a traffic model which continuously changes. It is going to be used repeatedly because of this characteristic. This advantage can be a reason to prefer fuzzy control. In addition, repeatedly using reduces also cost of the traffic control.

Time of light in the current traffic control is based on statistical data in most of the classical approaches. But, fuzzy control determines firstly the number of cars around junction and then it changes traffic signal. Therefore, results will be much better particularly under a changeable traffic density conditions.

In this study, an experiment has been carried out on the junction which has five roads on Atatürk Boulevard at Adapazarı. As a result of this experiment, period of red and green light are equal to 33 and 18 consequently. These results have two advantages. First of them, time of traffic flow will be increased because period of red and green light are increased. Second of them, increment of traffic flow reduces waiting time while red light is on, so that cost of the system (approximately 50%) will be less.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Zeki Denetim Sistemleri (ZDS)

Optimal denetim, uyarlamalı denetim gibi ileri denetim tekniklerinin çoğu havacılık endüstrisi tarafından incelenmiş ve/veya uygulanmıştır. Diğer endüstriler temelde onların çok ucuz, güvenilir, iyi çalışan ve bu alanda çalışan mühendis ve teknisyenler için minimum teknik bilgi gerektirdiğinden klasik oransal, integral ve türevsel(PID) denetleyicilerle ilgilenmişlerdir. Denetim sistemi tam yük, kötü durum için tasarlanır ve operatör tarafından düzenli olarak yeniden ayarlaması gerekecektir. "Optimal denetimi kullanmak niçin sözkonusu değil?" diye sorulduğunda bilinen bir cevap almak doğrusal formda sistemin tam bir model gerektirdiğidir. Doğrusal modeller birçok sistemler için mevcut olmayabilir ve alan teknisyeni veya süreç operatörü ile haberleşilir. Örnek olarak yıllardır birçok binada konfor şartına bağlı olma durumu (havalandırma) klasik denetleyiciler tarafından gerçekleştirilmiştir. Bir yapının termodinamik modeli yüzlerce durum değişkenli ileri derecede doğrusal olmayan bir model olacak ve mevcut olmayan veya (bulunamayan) ve ölçülemeyen bir çok parametreleri kapsayacaktır. Bundan başka basit matematiksel ilişki ile temsil edilemeyen değişken bağımlılıkları vardır. Arazi (emlak) tabloları sıcaklık ve basınçla ifade edilen ve önemli konfor şartı olan izafi nemi ifade etmede bir araç olarak kullanılır. Klasik denetleyicilerin başarısına rağmen büyük binalarda havalandırmanın yetersiz ve çok enerji tüketen işlem olduğu bilinen bir durumdur[1].

Konfor denetimi, klasik denetimin ötesinde denetim tekniklerindeki ilerlemelerden yararlanmayan birçok sistem örneklerinden biridir. Bu sistemlerin enerji yeterliliğinde yalnızca %1'lik iyileşme ulusal seviyede milyarlarca yıllık tasarıfa dönüşür. Böylece büyük ekonomik katkıların tasarlanan denetim sistemleri tarafından gerçekleştirilebildiği aşıkardır. Açıklığın operatöre basit gelmesi, ucuz olması, doğrusallığın (sistemin) olması, nitel ve nicel ifade edilen ilişkileri kabul etmesi, çalışma şartlarındaki büyük değişmeler altında enerji optimalini ayarlaması, sisteme ve çevresel değişmelere kendi kendini ayarlaması, hassas bir indirgemeye sahip olmasıdır.

Böyle bir denetim sistemin nasıl adlandırılması gerektiği ve bulanık cevaplarla soruların sorulduğu bir sistemin hala geliştirilip geliştirilmediği, endüstrinin ihtiyaçlarını yeter derecede karşılamadığı şeklindedir ve bu klasik geri beslemeli denetim sisteminin ötesindeki kabiliyeti ile denetim sistemlerini araştırma motivasyonu ile olmuştur. Tüm gayretler şu noktalarda olmuştur: İnsan vücudunun derinlemesine araştırılması ve insan beyninin gücünün değerlendirilmesi ile motor denetim sistemi, denetim sisteminin son kullanıcısı ile yakın karşılıklı ilişki, yani, kendi süreç ve ürünlerinin faaliyetlerini araştırma ve farklı endüstrileri hemen ortaya çıkan faydaların realizasyonu, mevcut denetim teknolojinin sınırlandırılması, özellikle beşeri-çevrimli-olan büyük ölçekli sistemlerdeki denetimin karmaşıklığı için değerlendirme geliştirme. Anahtar nokta daha yüksek kalite, daha güvenilirlik ve bu uluslararası rekabet alanında ayakta kalmak için her endüstrinin ihtiyacı olan düşük maliyetli ürünler. Bunu başarmak için yüksek dereceli otonomiye sahip sosyo-ekonomik sistemlerden, imalata ve uzay ulaştırmaya kadar farklı tipte hassas denetim sistemleri gereklidir. Böyle denetim sistemleri geniş bir zaman periyodunda sistem ve/veya çevredeki belirsizlikler altında optimalliği yerine getirme kabiliyetine sahip olmalıdır ve dış müdahale olmaksızın önemli sistem kayıpları için dalgalanmalar azaltılmalıdır. Yapay zeka, otomatik denetim, elektronik, algılama, hassas malzemeler, işleme, mikro ve makro tahrik sistemleri olarak böyle teknolojilerdeki gelişme ve ilerlemeler, karmaşık sistemlerin denetimi için yeni yaklaşımları tasavvur etmek ve yeni araçları kullanmaya başladı[1].

1.2. Zeki Denetim Sisteminin Zekası

Zeki bir denetim sistemini tanımlamayla ilgili bir açık form, oturum, özel sayı ve sempozyum yapılmıştır. Terim farklı tanımlanmış olmasına rağmen zekanın denetim sisteminin otonomi düzeyini tanımlayan ortak bir anlayış vardır. Yani, zeki bir denetim sistemi öğrenme, akıl yürütme (muhakeme yapma) ve karar verme kabiliyetine sahiptir. Klasik denetim sistemleri ve uyarlamalı denetleyiciler zekanın belirli bir derecesini gösterirler. Bununla birlikte zeki denetim sisteminin farklılaşan özelliği (sisteme ait) karmaşıklık, belirsizlik derecesinde ve sisteme ait bilginin tipindedir. Özellikle, Zeki denetim sistemi, belirsizliğin geniş bir alanında, nitel bilgi ile, yüksek

karmaşık veri yapıları ile çok sayıda yapısız veri ve/veya algılama bilgisi ile çalışabilme kabiliyetine sahip olmalıdır. Böylece, Zeki Denetim Sisteminin şu amaçlara sahip olacağı beklenir: Soyutlamanın ileri düzeyinde ifade edilen kesikli sembolik komutlara otonom cevap verme, sistem yapısındaki değişimleri tanımlama, hataları ve operatör hatalarını çıkarsamak için algılayıcı verileri uygulamak, heterojen (nicel, sembolik) bilgi kaynaklarının kullanımını kolaylaştırmak, sistemdeki veya çevredeki değişmelere cevap vermek için geri besleme denetim yapılarını yeniden şekillendirmektir.

Yüksek güçteki bilgisayarların uygulamaları birçok kaynaklardan gelen denetim sistemine simultane sunulan çok büyük miktarda veri ile ani çalışma ve işleme kabiliyetine sahip ZDS sağlayacaktır. Pratikte bir denetleyici zamanın genişleyen bir periyodu süresince otonom olarak fonksiyonu yerine getirmek için güvenilir yazılım ve donanıma ihtiyaç duyar. ZDS' nin meydana getirme, duyumsama, algılama, uyarılama, çıkarsama, değerlendirme ve tecrübeyi geliştirme gibi insan kabiliyetlerini taklit edeceği umulur.

Bununla birlikte, probleme yaklaşımı insanınkinden farklı olabilir. Çünkü, duyumlardan verinin yüzlercesini karşılaştırmak ve yorumlamak için daha ileri teknikleri kullanabilir ve n-boyutlu uzaydaki otomatik çıkarsama yapmak için kendi haritalama tekniklerini oluşturur[1].

1.3. Zeki Denetim Sisteminin Gerçekleşmesi

Bir sistemle insanın karşılıklı etkileşimleri yüksek seviyede komut kullanıcı arabiriminden (TV çalıştırma ve çamaşır makinası gibi dayanıklı tüketim mallarında olduğu gibi) kesikli operatör faaliyetine (proses endüstrisine) ve çevrim kısıtlarında çalışan sıkı-sert-katı gerçek zamanlı insan (hava trafik denetimi) kadar değişir. Sistemin bir parçası olarak insanın dahil olduğu bütün bu durumlarda büyük oranda belirsizlik, nonlineerlik ve bulanıklıkla çalışma sözkonusudur. Böylece, böyle sistemlerin denetimi bugünün geri beslemeli denetleyicilerin kabiliyetlerinin ötesindedir. Ek olarak, eğer sistem, karar vermeden önce sahip olması veya kullanması gerekli yüzlerce sensörler yoluyla mevcut bilgi ile dinamik olarak büyükse, denetleyici

ile bu bilginin haritalanması ve yorumlanması yeni iddialara veya tezlere imkan verecektir.

Klasik denetim sistemleri uygun olarak fonksiyon icra etmek için insan müdahalesine bağlıdır. Bununla birlikte insan müdahalesinin ulaşamadığı, kabul edemediği ve güvenli olmadığı çevreler-ortamlar vardır. Örnek olarak uzay araştırmaları, derin deniz operasyonları, nükleer reaktörler denetim sisteminin çalışma alanında insan varlığına bağlı olmayan ortamlardır. Konvansiyonel (klasik) denetimin kusurlarını gösteren diğer durumlar: Veri indirgmeden sensöre aşırı veri yükleme, sensör veri birleştirme, sistem veya çevresel parametrelerin fazla dağınıklığı ile çalışmada dayanıklılık, bulgusal bilgi ile çalışmada kabiliyetsizlik, nitel veri ve değişkenlerle çalışmada kabiliyetsizlik.

Herkesin aklına gelen temel soru yukarıda açıklanan cari denetim teknikleri ile ilgili farklı konuları çözmek, özelliklerin hepsine sahip ve zeki özellik gösteren zeki bir denetim sistemini gerçekleştirilirdir. Zeki makineler fikri yıllar önce ortaya atılmasına rağmen bir zeki denetim sistemini geliştirmek için temellerin bazısını sağlayan böyle bir düşünce bugünün teknolojisine aittir. Öğrenme, faaliyet türeten elemanlar olarak, uyarlamalı elemanlar nitel uslamalı olarak bulanık mantık, ve yapay sinir ağları gibi kural-tabanlı denetim sistemleri (mesela uzman sistemler) yukarıdaki kavramı olurlu yapan ve zeki denetim sistemleri formüle eden yeni teknolojik ilerlemelerdir. Şüphesiz, karmaşık ve ileri denetim sistemlerinin yürütülmesi için donanım açısından ucuz mikro işlemci teknolojisi ana eleman ve yapı taşı olmuştur. Bu tartışmayı özetlemek ve ZDS'nin genel bir anlaşılmasını temin için aşağıdaki tanımlar verilmiştir[1].

Zeka : Otonominin derecesi,

Zeki denetim sistemi: Herhangi bir dinamik karmaşık sistem ve/veya çevreden gelen bozuk yapısal olmayan ve gürültülü sapmalı verilerden elde edilen en değerli bilgiyi çıkarma kabiliyeti, kendi kendine öğrenme, kendi kendine şekil oluşturma, akıl yürütme, planlama ve karar verme yoluyla otonominin nihai derecesi ile çalışan denetim sistemi.

Klasik geri besleme denetleyicinin sabit bir yapıya sahip oluşu, kendi kendini yeniden şekillendiremeyişi ve hatta geri besleme yoluyla (karar verme kabiliyeti) denetim cevabının hesaplanmasında bulunduğundan dolayı düşük bir zeka seviyesine sahiptir. Uyarlamalı PID (Oransal-İntegral-Türevsel) bir denetleyici orta seviyede bir zekaya sahiptir. Çünkü, sabit denetim yapısı ile bir dereceye kadar parametre yeniden şekillenebilme özelliği ve sistem tanımı-belirlenmesi- yoluyla bazı öğrenme kabiliyetine sahiptir.

1.4. Mevcut Durum

Zeki denetim sistemi hakkındaki araştırma çalışmalarının mevcut durumunu gözden geçirmek için uzman denetim sistemi, sinir ağları ve bulanık denetim sistemleri incelenmeleri gerekir. Bununla birlikte, bu alanlardaki faaliyetlerin derecesini biraz değerlendirmek için az da olsa bir gözden geçirmek gerekir. Bu durum, kaynaklar ve raporlarda görülebilir. Zeki denetim sistemlerinin geliştirilmesindeki faaliyetler birçok disipline dağılmış olup hala araştırma aşamalarında. ZDS' nin teorik temelleri hakkında çok az araştırma vardır. Genellikle, Mevcut Zeki Denetim Sistemleri uzman sistemler, bulanık mantık ve/veya sinir ağlarına dayanır. Son ikisi bulanık denetim sistemleri kadar olgunlaşmamıştır. Denetim tasarım sürecine, süreç izlenmeye ve tanımaya yardım etmek için uzman sistem programlama tekniklerinin uygulamaları Zeki Denetim Sistemlerinde en ileri alandır. CRAFT, GEMS, GENAID ve TEX.SYS kapsayan uzman sistem uygulamalarında birçok başarılar mevcuttur[1].

Mevcut Uygulamalar, kendi veri tabanına bilgi ekleyemeyen otomatik veya on-line ve el hüneri olan kural tabanlı denetim algoritmalarını kullanır.

Uzman sistemlerin mevcut kuşağı izole edilmiş bir tanım aralığında özel veya kısmi problem çözme iş-görevleri üzerinde işlemsel performansın etkili bir seviyesine ulaşmışlardır. Avrupalılar, Amerika ve Japonlardan daha fazla uzman denetim sistemlerin endüstriyel süreçlere uygulanması alanında ilerlemecidirler.

Zeki Denetim Sistemleri ile ilgili en kayda değer araştırmalar çok sınırlı olan hiyerarşik denetim otonom öğrenme ve geçici sonuç çıkarma kabiliyetleri hakkındadır. Hiyerarşik denetim sistemleri Mesarovic ve Findelsen ve diğerleri tarafından çalışılmış ve uzay istasyonu otonomisi, kabiliyeti ve güvenliğinin geliştirilmesinde YZ (Yapa Zeka) tekniklerinin nasıl yararlı olacağını açıklamışlardır. ZDS' lerinin havacılık uygulamaları Heer ve Lum tarafından tartışılmıştır. Kusiak imalat süreçlerinde uzman denetim sistemlerinin uygulamalarını açıklar. Otonom denetim sistemli temel özellik Antsaklis ve diğerleri tarafından tartışıldı. Astrom ve diğerleri kimyasal süreç denetimine uzman sistemlerin uygulamalarını kaydetti. Bulanık denetimin, otomatik uslamlama ve ZDS' lerinin integrasyonu incelenmiş ve Wos, Zeigler, Zeigler ve Chi ve Albus ve diğerleri tarafından sunulmuştur[1].

Zeki Denetim Sistemlerinin eksik teorik temelinin ve matematiksel formüle edilmiş yapılarının genel alanı altında yapılan çoğu çalışmalar çok özel uygulama aralıklarında amaçlanmıştır. Böylece pratikte ZDS'leri doğrulamak için genel teorik temel ve deneysel kabiliyet büyük bir ilgi konusudur. 1980 ortalarından beri sinir ağları ile ilgili araştırmalarda büyük bir patlama olmuştur. Geri besleme ağlarının en bilinen alanında, Werbos, Wasserman, Fahlman, Glover, German ve Sejnowski, Lapades ve Farber ve Rumelhart ve diğerleri tarafından birçok araştırmalar yapılmıştır. Bu ağlar en az üç tabakadan oluşur. Grossbers alan-geçici görüntü tanıma ağları, bir dizi olayları tanımlamak için belirli bilişsel süreçleri açıklamak için geliştirmiştir. Daha sonra Hecht-Nielsen pratik ağı ait bu düşünceye dönmüştür. Carpenter ve Grossberg nezaret edilmiş öğrenme tablosu ile yapay ağları formüle etmek için uyarlamalı rezorans teorisini (URT) geliştirmiştir. URT ağları, girdi modellerini tasnif etmek için en kolay anlaşılabilir araçlardır[1].

Zeki Denetim Sisteminin ilerlemesinin potansiyele sahip diğer bir alan bulanık mantık ve bulanık denetimdir. Klasik mantıksal sistemlere zıt olarak bulanık mantığın amacı tam-kesin den ziyade yaklaşık olan sonuç çıkarma modunun bir formülazisyonunu oluşturmaktır. Bulanık mantık kesin-tam olmama için tolerans sağlar. Bu özellik, belirsiz sistemleri için kural-tabanlı denetleyicilerin bulanık mantık tasarımının uygulanmasında denetim mühendislerinin dikkatini cezbetmiştir. 1990'ın başında

Japon endüstrisi bir çok dayanıklı tüketim -beyaz eşya- da “bulanık mantık denetimi” fonksiyonu ile donatılmış uygulamaya başladı. “Bulanık” terimi ticari olarak 1989’un sonunda Matsushita kendi ürettiği tam otomatik çamaşır makinasına bulanık denetim mantığını uyguladığında ortaya çıktı. Bu tarihten beri hızlı bir biçimde kamera, havalandırma, pirinç pişirme, vakum temizleyici ve soğutucularda hızlı bir biçimde uygulanmıştır. Bulanık mantık teorisi 1965’te Zadeh tarafından ABD’de ortaya atıldı ve ticari olarak Bell Laboratuvarı ve AT&T firmaları tarafından bulanık mantık işlemci (bulanık yonga) üretimi ile ticari piyasaya çıktı. Bulanık denetim sisteminin ilk uygulaması Japonya’da, Sendai’de metro faaliyeti denetimine ait bulanık mantık uygulandığında geliştirildi.

Uyarlamalı ve durağan-kararlı denetim tekniklerindeki ilerlemeler belirsizlik ve toleransı bir miktar derecesini tespit etmede yaklaşımlar sağladı. Bununla birlikte uyarlamalı denetim algoritmaları indirgmeden, parametrelerdeki nonlineerlikten ve dağıtılmış duyarlı algılamadan gelen problemlere yeter derecede yardımcı olamadı. Buna ek olarak, bu algoritmalar başlangıç şartlarına ve uyarlama hızına duyarlı olabilirler. Nonlineer sistemlerin belirlenmesi çok az sonuca sahiptir. Sinerjik ağların kaabiliyeti nonlineer fonksiyonel yaklaşımlar olarak denendi. Bununla birlikte sinirsel öğrenme algoritmaları hassas olup zayıf yaklaşımla durağanlık özelliklerine sahiptir.

Belirsizlik, girdiler ve sistem dinamiğe veya sistem transfer fonksiyonuna ait eksik bilginin bir formunda olduğu varsayılır. Frekans aralığı analizine ve sistem dinamiğine durum-uzay temsiline dayanan bütünleşik yaklaşım kararlı (durağan) denetim sisteminin sonucuna ait optimalite ispatını formüle etmek için kullanılır.

BÖLÜM 2. BULANIK KÜME TEORİSİ

2.1. Bulanık Küme Teorisine Bir Bakış

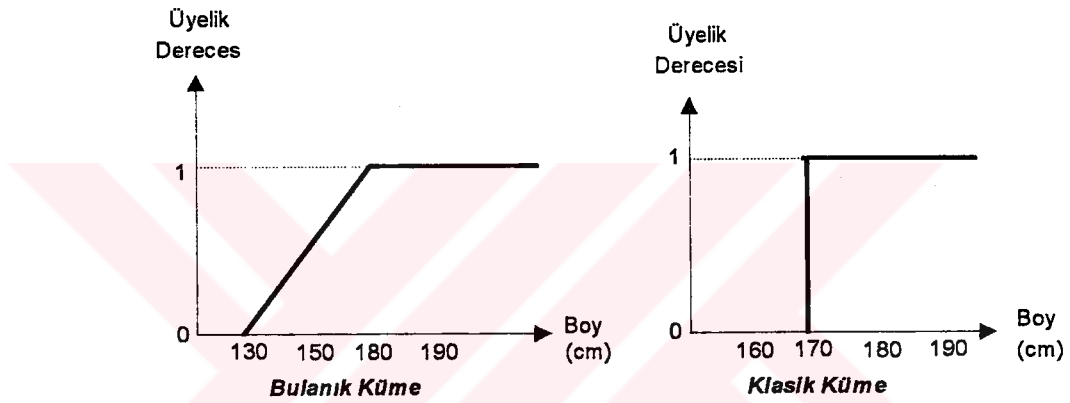
Bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayanmaktadır. Bulanık küme teorisi genel bir matematiksel yaklaşımdır. Bu yaklaşım ile çözülmesi güç olan problemler genel bir yapıya kavuşturularak daha kolay bir sonuca gidilir. Bulanık küme teorisi, bilinen klasik küme teorisinin genel bir halidir. Örne olarak, bir koyun memeliler kümesinin bir elemanıdır; fakat bir balık bu kümenin bir elemanı değildir. Bu tür küme, klasik bir küme anlayışıdır. Bulanık küme, gerçekte birden fazla klasik kümenin varlığını kabul eder. Klasik küme, platyus denen hayvanla ilgili büyük bir soruna sahiptir. Bu hayvan, tipik memeli özellikleri gereği memeliler kümesinde yer alırken; bir ördek gibi bataklıklarda yaşaması sebebiyle kuşlar kümesinde de yer alabilmektedir. Fakat bulanık küme teorisi böyle bir istisna ile uğraşmak zorunda değildir.

Bulanık küme teorisi, kısmi üyeliğe izin veren bir mantık sistemidir. Yani bir kümenin tam üyeliği ile o kümenin üyesi olmama durumları arasında derece derece geçişe izin verir. Verilen bir elemanın bir kümede kısmi üyeliğinin bulunması demek, aynı zamanda bu elemanın bu kümenin üyesi olmama durumunun da kısmen başlaması demektir. Çünkü, bulanık küme teorisi hem tam üyeliğe hem de hiç üye olmamaya izin verir. İşte bundan dolayı bulanık küme teorisi, klasik küme teorisinin geliştirilmiş bir hali denebilir.

2.2 Üyelik Derecesi Kavramı

Bulanık küme mantığı, klasik mantıktan gelmektedir. Kesin kümeler, ihtiyaçları karşılasa da karşılamasa da kesin üyeliklere sahiptir. Sadece doğru ve yanlış bulunduğu kesin bir kümede sadece 0 veya 1 bulunabilir. Oysa bulanık mantıkta 0 ile 1 arasında değişen birçok değer alınabilir. Yani bulanık mantıkta birşey ne tam doğru ve ne de tam yanlış olmaktadır. Doğruluk derecelerine göre ayrılabilir. Bulanık sistemler ile gerçekleştirilen çözümlerde kullanılan kümelere kısmi üyeliğe geçiş bölgesi oluşturulmaktadır.

Uzun boylu insan kime denir sorusunun cevabını her iki mantığa göre değerlendirelim. Şekil 2.1' de görüldüğü gibi klasik küme mantığına göre 160 cm. boyundaki bir kişi uzun boylu insanlar kümesi içinde değildir. Hatta 169 cm. bir insan bile bu kümede yer almamaktadır. Oysa bulanık mantığa göre 160 cm. boyundaki kişiye kısa denilmez. Çünkü kısmen de olsa uzun boylu insanlar kümesi içindedir. Hatta bulanık küme içinde tam üyelikten hiç üye olmamaya kadar uzanan bölgede kısmi üyeliğe izin verdiği için 150 cm. boyunda olan bir insana uzun boylu insanlar kümesinde değil denilemez. Bunun gibi bir insanın uzun boylu olması, bulanık küme



Şekil 2.1. Bulanık Küme ile Klasik Kümenin Karşılaştırılması

mantığında derecelerine ayrılabilir. Uzundan kısaya giden yol kısmen yanlış ve kısmen doğru olacağı için bu geçişi sağlayacak bir istek kümesine ihtiyaç olacaktır.

2.3. Bulanık Mantık İşlemleri

Bulanık küme teorisi kullanılarak herhangi bir elemanın belirlenen bir bulanık kümesindeki üyelik derecesi bulunabilmektedir. Böylece $\mu_A(x)$ A:[0,1] ifadesi, 0-1 aralığındaki değerleri kapsayan bir A kümesindeki x elemanın üyelik derecesini gösterir. Bu üyelik dereceleri dilsel bulanık kümeleri üzerinde yüzdelerle ifade edilir. Dilsel değişkenler soğuk, ılık, sıcak ve çok sıcak gibi kümeler olabilir. Sonuç olarak böyle bir durumda %30 soğuk, %10 sıcak, %15 ılık gibi üyelik dereceleri elde edilir.

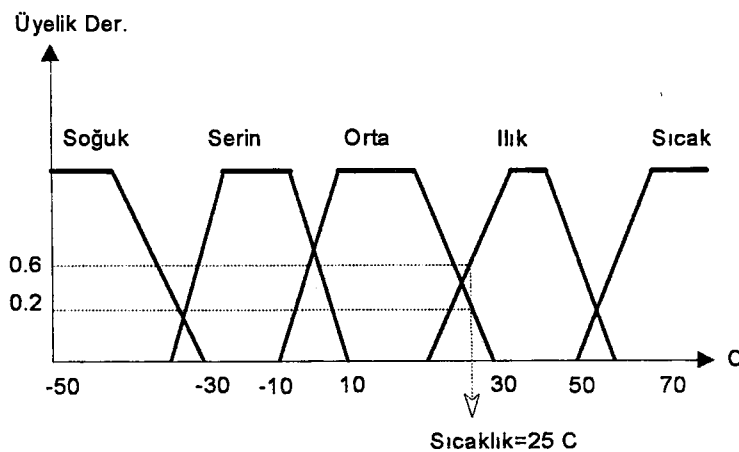
Bulanık mantıkta kullanılan en yaygın tanımlar, bulanık mantık teorisini bulan Lotfi A. Zadeh tarafından verilen terimlerden oluşmaktadır. Bu tanımlara göre;

A ve B : Bulanık değişkenler, yani tanımlanan ve dilsel olabilen kümeler,

AND : Minimum üyelik derecesini bulmak için kullanılan mantıksal işlem,
 OR : Maksimum üyelik derecesini bulmak için kullanılan mantıksal işlem,
 NOT : $1-\mu_A(x)$,
 $\mu(A \text{ AND } B) = \min(\mu_A, \mu_B)$,
 $\mu(A \text{ OR } B) = \max(\mu_A, \mu_B)$ ve
 $\mu(\text{NOT } A) = 1-\mu_A$ olarak verilmektedir.

Bulanık mantık ile yapılan bir çözümün ilk aşamasında, hedef sistemin giriş ve çıkışlarına üyelik fonksiyonları tayin edilir. Üyelik fonksiyonları yüksek, orta ve düşük gibi nicel tanımlamalardır. Bunlar giriş ve çıkış değişkenlerinin değer aralıkları olarak kabul edilir. Tipik olarak bir üyelik fonksiyonu, x-y düzleminde bir eğri olarak gösterilir. Bu düzlemde x-ekseni, giriş ve çıkış değerlerinin değer aralığını gösterirken, y-ekseni ise 0-1 arasında olmak üzere değişkenin üyelik derecesini verir.

Şekil 2.2' de giriş sıcaklığı, atanan beş üyelik fonksiyonu ile verilmiştir. Her giriş değerine karşılık gelen bütün üyelik fonksiyonlarındaki üyelik derecesi, y-ekseni ile gösterilmiştir. Mesela giriş sıcaklığı 25 °C ise, y-eksenine bakıldığında bu giriş değeri için, ılık ve orta fonksiyonlarındaki üyelik derecesi sırasıyla 0.6 ve 0.2 olur. Bu giriş değeri için diğer bulanık kümelerindeki üyelik derecesi sıfırdır. Bu örnekte üyelik fonksiyonunun şekli yamuk olarak seçilmiştir. Bulanık mantıkta üyelik fonksiyonu için üçgen veya çan eğrisi kullanılmaktadır.



Şekil 2.2. Sıcaklık Giriş Parametresinin Üyelik Dereceleri

Giriş ve çıkış üyelik fonksiyonları atandıktan sonra sistemin davranışını tanımlamak için bulanık kurallar (rules) üretilmektedir. bulanık mantığın kuralları tipik olarak İF-THEN şeklinde olmaktadır. Mesela tipik bir bulanık kuralı,

EĞER sıcaklık Düşük VE basınç Orta ise O HALDE güç Hızlı'dır.

Bu kural, iki varsayım ile bir karar içermektedir. Bulanık mantıkta varsayımlar, AND (VE) işlemi ile kurallar da OR (VEYA) işlemi ile ayrılır. Bulanık varsayım ve karar içeren bir örnek aşağıda verilmiştir:

EĞER X küçük ise O HALDE Y büyük' tür.

EĞER X orta ise O HALDE Y orta' dir.

.....

EĞER X büyük ise O HALDE Y küçük' tür.

Bu kurallar bir fonksiyon ile gösterilirse:

$F = \text{küçük} * \text{büyük} + \text{orta} * \text{orta} + \dots + \text{büyük} * \text{küçük}$ olur.

Bu örnek şu şekilde ifade edilebilir,

EĞER X A_1 ise O HALDE Y B_1' dir.

EĞER X A_2 ise O HALDE Y B_2' dir.

.....

EĞER X A_N ise O HALDE Y B_N' dir.

2.4. Bulanık Küme ve Bulanık Mantık

Bulanık kümeler alışılmış kümelerin genellemesidir. Alışılmış kümelerde bütün üyeler kesin olarak kümenin elemanı iken, bulanık kümelerde bu durum üyelik değeri 0 ve 1 ile temsil edilir.

Bulanık kümelerde de geleneksel kümelerdeki gibi küme işlemleri tanımlanmıştır. Örneğin;

Birleşim : $\mu_{A+B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$

Kesişim : $\mu_{A*B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$

Değil : $\mu_{\sim A}(x) = \{1 - \mu_A(x)\}$

Bulanık kümeleri kullanarak nitel bilgi temsil edilebilir. "Yüksek sıcaklık", "Hızlı değişim" bu çeşit bilgilere örnektir. Bulanık kurallar ise sistem girdileri ile çıktıları arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılır. Örneğin, bu ilişki yakıt girdisi ve sıcaklık arasında şu şekilde olabilir:

EĞER {Yakıt girdisi yüksek ise} O HALDE {Sıcaklık 100 C den çok büyük olur} (1)

Genel olarak, bir sistemi bulanık kurallarla temsil etmek istersek, birden fazla kural gerekir. Her bir kural, verilen girdi değeri için çıktı değeri üretir ve bütün çıktı değerlerinin bileşkesi alınır. Bu kurallar bütünü, Zadeh tarafından bulanık yordam (algoritma) "fuzzy algorithm" olarak adlandırılır. Bu yordam bir sistemi modellemek için kullanılabilir.

Bulanık mantığın diğer bir kullanım alanı ise bulanık denetleyicilerdir. Bu durumda çıktı değerlerinin kesin rakamlarla ifadesi gerekir. Bunun için bir çok durulaştırma metodu olmasına rağmen, en çok kullanılanı ortalama alma metodudur.

$$T_{\text{çıkış}} = \frac{\int \mu(T) \cdot T dt}{\int \mu(T) dt} \quad (2.1)$$

Bir bulanık kural kullanılarak, girdi değerinin tanımlandığı aralık dışındaki değerlerde de bir çıktı üretmesi bulanık birleştirme olarak adlandırılır. Bulanık birleştirme şu şekilde tanımlanabilir:

$$\mu_Y(T) = \max_F \{ \min \{ \mu_X(F), \mu_R(F, T) \} \}$$

veya daha genel olarak

$$Y = X \circ R$$

Örneğin, bulanık birleştirme metodunu kullanarak, Form (1) de verilen kural örneğiyle, orta yakıt girdisi için sıcaklık çıktısı almak mümkündür.

Bulanık denetleyiciler kullanarak herhangi bir operatörün denetleme kuralları, bulanık kurallara aktarılabilir. Bulanık denetleyicilerde genellikle kuralların girdi değişkenleri sistem hakkında bilgi verirken, çıktı değişkenleri sistemin denetim hareketlerini üretir. Mamdani tarafından verilen denetleyicide parametreler (kurallar, kazanç faktörleri gibi) bir araya getirilerek, girdi ve çıktı arasındaki ilişki, Bulanık Denetleyici İlişki

Tablosu ile ifade edilir. Bu tablo kullanılarak sayısal girdi değerlerine karşılık sayısal çıktı değerleri elde edilir.

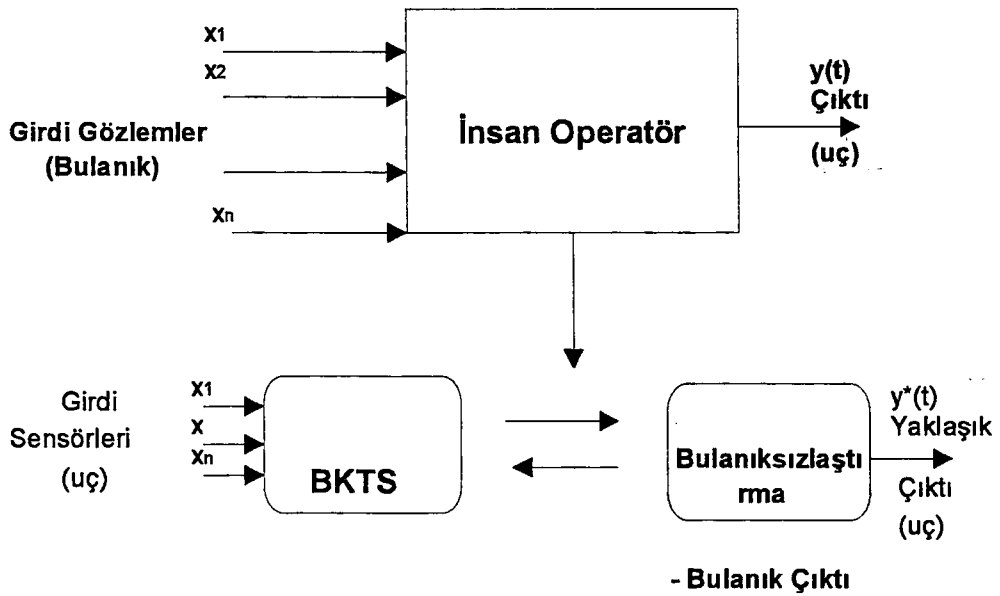
Genelde bulanık denetleyici parametreleri, deneme-yanılma yolu ile elde edilir. Önce ilk yapı oluşturulur, sonra denetim sonuçlarına göre bu yapıda düzenlemeler yapılır. Fakat bu yöntem zor ve zaman isteyen bir yöntemdir.



BÖLÜM 3. BULANIK DENETİM SİSTEMLERİ

3.1. Bulanık Denetim

Bulanık denetim sistemleri, sistemden gelen kesin harekete sevkedici unsurların etkileri bir denetim karar mekanizmasıyla temsil edilen bulanık kurallar kümesi diye anılan kural-tabanlı sistemlerdir. Bulanık denetim sistemlerinin amacı normal olarak bir bulanık kural-tabanlı sistemi vasıflı bir operatörün yerini almak veya yerine koymaktır. Bu tanım için bir blok diyagramı Şekil 3.1'de gösterilir. Gösterildiği gibi, operatörün nicelikleri bir gözetme kartı veya bir ölçü aletiyle okunarak gözlenir ve sonra bir aksiyon (iş) tanımı yapılır. Benzer bir tarzda bulanık denetleyici, Şekil 3.2'de gösterilen, sensörlerin sayısından direkt olarak kesin-tam veri kullanır; bulanıklığın prosesi esnasında bunlar, dilbilimine veya bulanık üyelik fonksiyonlarına dönüştürülür. Daha sonra bunlar 2 bulanık çıktı sonuçları ve bir uzman sistem gibi bir çıkarım mekanizmasındaki "IF - THEN" bulanık kurallar setine gider. Bulanık çıktı veya çıktılar "centroidal" metot gibi bazı ağırlıklı ortalamalar tarafından "defuzzification" olarak adlandırılan bir procesten geçerek kesin-tam değerlere, daha sonra geri dönüştürülebilecek. Sonuç, bir y^* çıktı değeridir. Bu yolla, tasarımcı gerçek y çıktısı için yaklaşık bir y^* çıktısı elde eder [2]



BKTS: Bulanık Kural-Tabanlı Sistem
 $y^*(t)$, $y(t)$ 'nin yaklaşık değeridir.

Şekil 3.1. Bulanık Denetim Sisteminin Tanımı

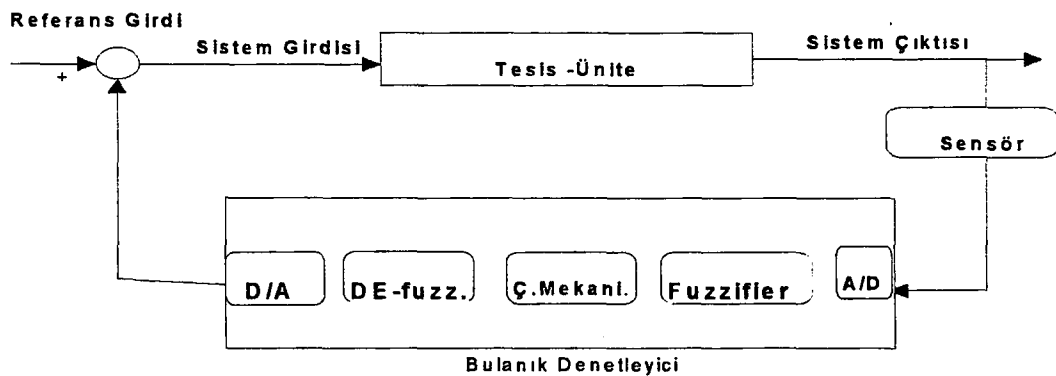
Daha önce belirtildiği gibi, bir bulanık denetleyici tipik olarak öncekiler (IF kısmı) ve izleyenler "neticeler" (THEN kısmı) ile bir IF - THEN kurallar setinden kendi üyelik fonksiyonlarını alırlar. Farklı kurallardan çıkan sonuçlar sayısal olarak birleştirilir (tipik olarak MAX yoluyla birleşim) ve tek bir gerçek sayı (ikili) çıktı sağlamak için sonuçlandırılır (tipik olarak birleştirilmiş dağılımın centroid'i alınarak). Bir uzman sistemin yapısında, düzenli uzman sistemlere benzer tipik kurallar (rules) bir operatörün bilgisi sonuç olabilir. Şöyleki;

"EĞER ısı sıcak ise O HALDE şu andaki seviyeyi orta seviyeye düşür"

Bu kuralda, sıcak ve orta, bulanık değişkenlerdir. Bu gibi doğal dil kuralları bilgisayar diline daha sonra dönüştürülebilir, şöyleki;

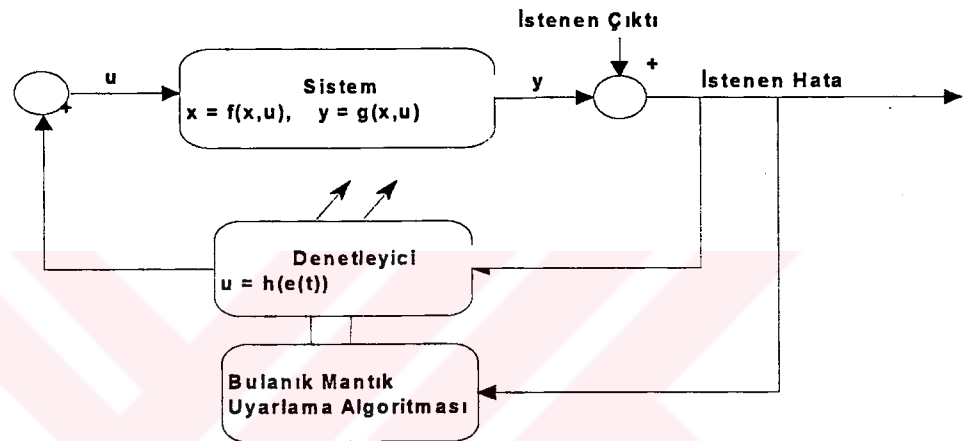
EĞER (A, A1 ise VE B, B1 ise VE C, C1 ise VE D, D1 ise)
O HALDE (E, E1 VE F, F1 dir.)

Bu gibi kurallar setini kullanarak, sınırlı sayıda ölçülebilir kurallar girilerek bir operatörün denetim işini yaptığı gibi doğal dil açıklamalarından türetilir. Bazı pratik sistemlerde, örneğin havalandırma sisteminde, kullanıcı veya operatör istenen hızla istenen serinliğe (veya sıcaklığa) kadar sıklıkla düğmeleri ayarlar ve ince ayar yapar. Bu gibi operatör bilgisi bir havalandırma ünitesi sistemi için bir bulanık denetleyicinin dizaynında kullanılabilir. Birçok yaygın bulanık denetleyici dizaynı tipik bulanık denetim yapısını gösterir. Denetleyici bulanıklık (ikili bulanık dönüştürücüye) ve bulanıklıktan arındırmayı (bulanık ikiliye dönüştürücü) gösterir. [2]



Şekil 3.2. Bulanıklaştırıcı(Fuzzifier), Bulanıklıktan Arındırma(DE-Fuzzifier) ve Çıkarım Mekanizmasını Gösteren Tipik Bir Bulanık Kontrol Sistemi İçin Blok Diyagramı

Sıradan (geleneksel) uyarlamalı denetim kanununa benzer bir bulanık denetim sistemini yerine getirmenin alternatif bir yolu $PID(u=K_p \cdot e(t)+K_{int} \int e(t)dt+K_d \cdot de(t)/dt)$ gibi standard bir tam-kesin mantık denetleyici kullanmak ve sonra geleneksel denetleyicilerin kazançlarını, yani, K_p , K_i ve K_d "ayarlamak" için bulanık IF - THEN kurallarını kullanmaktır. Burada $e(t)$ değişkeni, $y(t)$ sistem çıktısı için arzu edilen $y_d(t)$ çıktısına ulaşmada izlenen hatadır. Şekil 3.3. böyle bir adaptif (uyarlamalı) bulanık denetim yapısını gösterir.



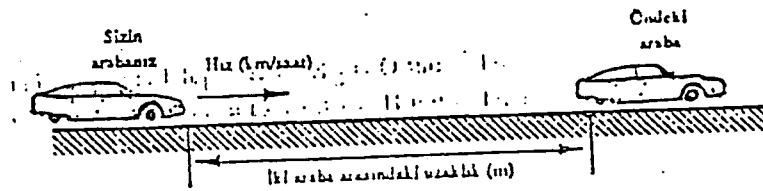
Şekil 3.3. Uyarlamalı (Kendi Kendini Uyarlayan) Bulanık Kontrol Sistemi

Bulanık denetim problemi, herhangi bir denetim problemi gibi, aşağıda gösterildiği şekilde bir $h(\cdot)$ haritalama değerlendirmesidir.

$$h : e \longrightarrow u$$

burada u ve e sırasıyla denetim ve hata sinyalleridir. $h(\cdot)$ 'nin seçimi çok önemli denetim problemdir. İki-sensör durumu için, e ve Δe ye karşı u' nun diyagramı, iki hata değişkeni (e ve Δe) ve bir denetim sinyali denetim yüzeyi olarak adlandırılan bir yüzeyle sağlanır.[2]

Aslında günlük hayatımızın hemen her anında farkında olmadan bulanık denetim uyguluyoruz. Örneğin arabayı parkederken, gidilecek yere en çabuk varacak yolu seçerken, yol kavşağından geçerken. Bu örneklere benzer bir başka örnek de yolda arabayla, bir başka arabayı izlemek olabilir. Şekil 3.4'te gösterildiği üzere araba ile sizin aranızdaki uzaklık X_1 metre, sizin hızınız ise X_2 km/saat olsun. İlk olarak yıllardır araba kullanıyor olmanız dolayısıyla elde ettiğimiz deneyimlerimizi ve ustalığımızı birer dilsel kurallar (linguistik rules) şeklinde açıklayalım [3]



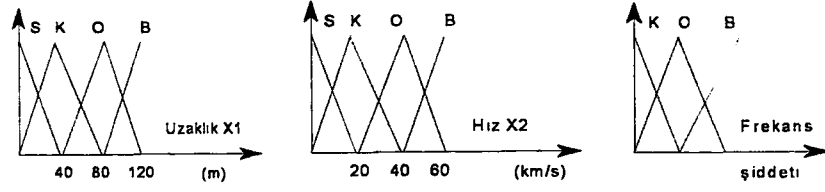
Şekil 3.4 Bulanık denetime bir örnek: Araba fren şiddetinin denetimi

Kural 1: Eğer iki araba arasındaki uzaklık az (küçük-K) ve hızınız orta (orta-O) ise sert (büyük-B) fren yap.

Kural 2: Eğer iki araba arasındaki uzaklık orta (O) ve hızınız yüksek (B) ise orta sertlikte (O) fren yap.

Burada iki araba arasındaki uzaklık ve arkadaki arabanın hızı (X_1 ve X_2) öncel kısımlar (antecedent parts), frenleme oranı (Y) ise sonuçsal kısım (consequent parts) olarak anılır.

İkinci olarak yapılacak şey, öncel ve sonuçsal kısımların üyelik işlevlerinin belirlenmesidir. Bunlar için Şekil 3.5'te gösterilen biçimde 3 etiketli üçgen üyelik işlevleri kullanalım.



Şekil 3.5. İki araba arasındaki uzaklık, arkadaki arabanın hızı ve frenleme şiddeti için üyelik işlevleri.

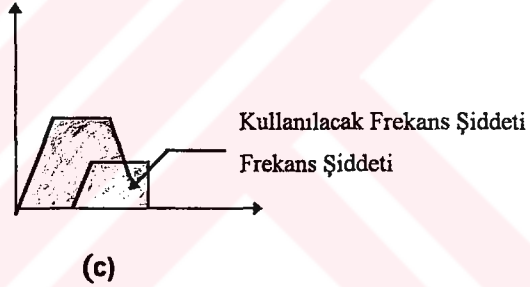
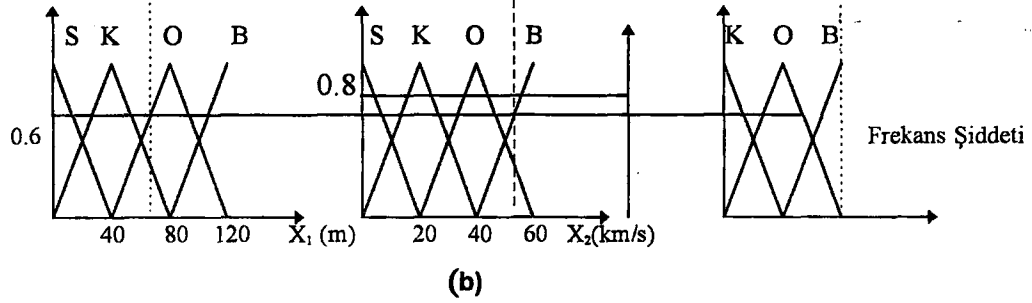
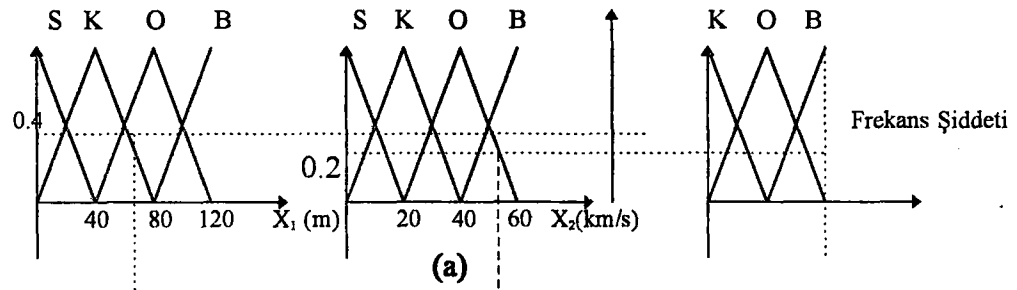
Etiketler: S:Sıfır dolayı, K:Küçük, O:orta, B:büyük.

şimdi de kurallarımızı kullandığımız sembol ve etiketlerle kodlayalım:

Kural 1: EĞER $X_1=K$ ve $X_2=O$ ise O HALDE $Y=B$

Kural 2: EĞER $X_1=O$ ve $X_2=B$ ise O HALDE $Y=O$

Artık çıkarım mekanizmamızı çalıştırıp belirli bir hız ve uzaklık durumu için en uygun fren şiddeti değerini bulabiliriz. Bir örnek olarak $X_1=64m$ ve $X_2=56km/saat$ olsun. Yapacağımız ilk iş bu giriş değerlerine karşılık gelen üyelik ağırlıklarını bulmaktır. Şekil 3.6. a ve b'den bu değerlerin Kural 1 için $\mu_{11}=0.4$, $\mu_{12}=0.2$ olduğu, Kural 2 için ise $\mu_{21}=0.6$ ve $\mu_{22}=0.8$ olduğu görülmektedir. Şimdi de kuralların ağırlıklarını bulalım. Bu işlem öncel kısımlarının ağırlıklarının en küçüğünün (minimum) olması ile yapılır. (Bulanık mantıkta "ve" leme en küçük ağırlığın, "veya" lama ise en büyük ağırlığın alınması ile gerçekleştirildiği daha önce açıklanmıştı.). Böylece $\mu_1=0.2$ ve $\mu_2=0.6$ bulunur. Bu ağırlıklardan, uygulanması gereken fren şiddetini bulabilmek için izlenecek yöntemlerden biri (bulanık mantıklı düşünme- fuzzy reasoning) Şekil 3.6 a, b, c' den görülebilmektedir. Sonuçsal kısım üyelik işlevleri kuralların ağırlıklarına göre ayarlanır. Böylece Şekil 3.6 a ve b' de gösterilen iki taralı alan ortaya çıkar. Bu iki taralı alanın toplanıp sonucun ikiye bölünmesi (yani ağırlık merkezlerinin bulunması) ile kullanılacak fren şiddeti bulunur. Bu işlem, daha sonra da görüleceği üzere, bir durulandırıcı (Bulanıklıktan arındırma) ile gerçekleştirilir. Şekil 3.6. c'den bu şiddetin ortanın biraz üstü olması gerektiği görülebilmektedir.



Şekil 3.6.a.b.c. Araba fren şiddetinin denetimi örneğinde fren şiddetinin bulunması.

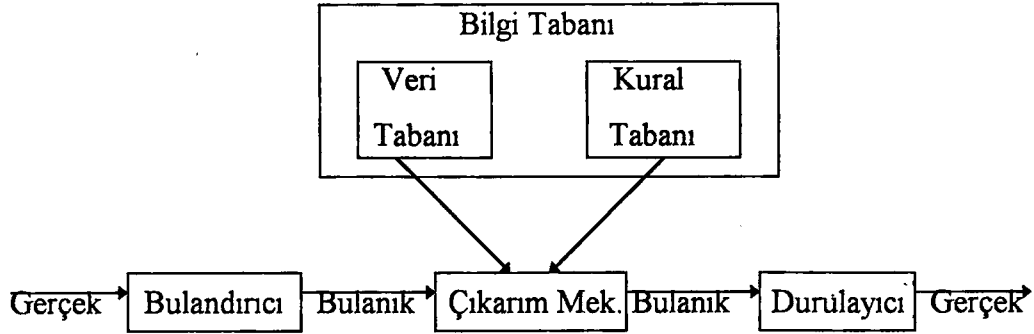
3.2. Bir Bulanık Mantık Denetleyicinin Yapısı

Bu kısımda bir bulanık denetleyici, daha önceki bölümlerde verilen ön bilgilerin ışığı altında, daha ayrıntılı bir biçimde incelenecektir.

Bir bulanık denetleyici, Şekil 3.7’de gösterildiği üzere, 4 ana bölümden oluşur: [3]

a. Bulandırıcı (fuzzifier) : Bu bölüm giriş değişkenlerini (gerçek sayıları) ölçer, onlar üzerinde bir ölçek değişikliği yapar ve bulanık kümelere dönüştürür, yani onlara birer etiket vererek dilsel nicelik kazandırır.

b. Çıkarım mekanizması (inference engine) : Burada kurallar üzerinde bulanık mantık yürütülür (fuzzy reasoning), yani insan beyninin düşünüş şeklinin bir benzetimi yapılmaya çalışılır[3].



Şekil 3.7. Bir bulanık denetleyicinin temel yapısı.

c. Veri tabanı (data base) : Çıkarım mekanizması, kural tabanında kullanılan bulanık kümelerin üyelik işlevlerini bu bölümde alır.

d. Kural tabanı (rule base) : Denetim amaçlarına uygun dilsel denetim kuralları burada bulunur ve çıkarım mekanizması buradan verilir.

e. Durulandırıcı (defuzzifier) : Çıkarım mekanizmasının bulanık küme çıkışları (birden fazla çıkış olabilir) üzerinde gerekli ölçek değişikliklerini yapar ve bunları gerçek sayılara dönüştürür.

3.3. Kuralların Oluşturulması

Bir bulanık denetleyicinin gerçekleştirilişinde, denetlenecek sistemin bir matematiksel modelinden daha çok o sistemi çalıştıran operatörün sistem davranışı konusunda sahip olduğu bilgiler daha önemlidir. Tasarım sırasında genellikle bu tür bilgilerden yararlanılır. Böyle bir yaklaşım, uzun yıllar boyunca kazanılan deneyimlerin denetleyici içerisine yorumlanmış halde kolaylıkla yerleştirilmesine olanak sağlar. Bu yararın yanında getirdiği sakınca, denetleyici tasarımında kullanılacak belirli kriterlerin olmaması, tasarımın belirli bir otomasyona bağlanamamasıdır. Bununla birlikte bulanık

denetleyicinin en önemli kısmını oluşturan kural tabanının oluşturulması için kullanılabilecek çeşitli yaklaşımlar literatürde açıklanmıştır[3]. Bunlardan bazıları:

- bir uzmanın bilgi ve/veya deneyimlerine dayanır,
- sürecin bir bulanık modelinin kullanılmasına dayanır,
- operatörün süreç üzerinde yaptığı işlemlere dayanır,
- öğrenen algoritmalar kullanır.

Bunlardan birinci ve sonuncu yaklaşım, özellikle küçük çaplı denetim işlevlerinde, en yaygın olarak görülen yaklaşımlardır. Araba frenlemesi örneğinde birinci yaklaşım kullanıldığı gibi aşağıda açıklanacak olan bulanık servo denetleyicide de bu yaklaşım izlenmiştir. [3]

3.4. Bulanık Servo Denetleyici

Servo denetleyicilerde denetim amacı izleme hatasını en aza indirmektir. Hata ne kadar büyük ise denetim girişinin o kadar büyük olması gerektiği ortadadır. Bununla birlikte denetim girişinin belirlenmesinde hatanın değişim oranı da oldukça önemli rol oynar. Dolayısıyla da denetim kurallarından oluşacak savlarımızda dilsel değişkenler olarak hata ve hata değişim oranlarını kullanmalıyız. Bunları,

$$e = \text{hata} = (\text{istenen konum} - \text{o andaki konum}) \times KE$$

$$ce = \text{hata değişimi} = (\text{şimdiki hata} - \text{bir önceki hata}) \times KCE$$

olarak tanımlayalım. Burada KE ve KCE birer kazanç katsayısıdır.

Denetim kurallarımızın sonuçsal kısmı denetim çıktımız u olup bu değer e ve ce' nin $u=f(e,ce)$ şeklinde uygun bir işlevi olacaktır. O halde bulanık denetleyicimizi bir doğrusal olmayan Oransal-Türevsel (PD) denetleyici olarak düşünebiliriz.

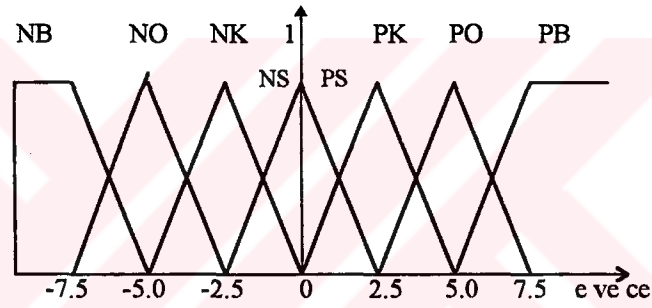
Şimdi de e ve ce için PB, PO, PK, PS, NS, NK, NO ve NB olmak üzere 8 bulanık küme tanımlayalım. Burada P=Pozitif, N=Negatif, B=Büyük, O=Orta, K=Küçük, ve S=Sıfır olarak kullanılmış olup, örneğin PO pozitif orta anlamına gelir. Üyelik işlevleri

olarak Şekil 3.8.' de gösterilen monotonik üyelik işlevlerini kullanalım. (Böyle bir üyelik işlevinin kullanılması bize daha değişik, oldukça sık kullanılan bir durulandırma yöntemini açıklamamıza da imkan verecektir) [3].

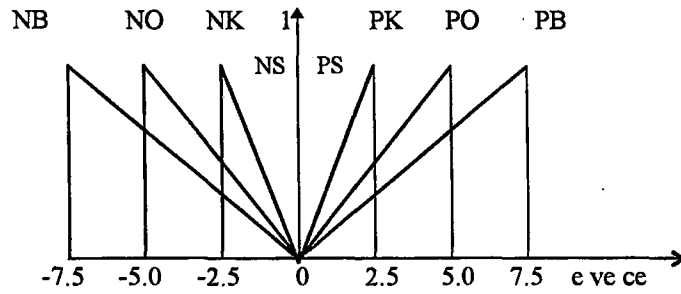
Şimdi de denetim kurallarımızı belirleyelim. Bulanık denetleyicilerde kurallar genellikle Tablo 3.1.'da gösterildiği üzere bir tablo şeklinde yazılır. Bu tablonun elemanları, servo sistemleri hakkındaki deneyimlerimizin kullanılması ile, gösterilen biçimde doldurulabilir. Burada 14 tane kural bulunmaktadır. Bunlardan iki tanesi birer örnek olarak aşağıda verilmiştir.

EĞER $e=NB$ ve $ce=PB$ ise O HALDE $u=NB$.

EĞER $e=NS$ ve $ce=PK$ ise O HALDE $u=PS$.



Şekil 3.8. Hata (e) ve hata değişiminin dilsel değerlerinin üyelik işlevleri.



Şekil 3.9. Denetim girdisinin dilsel değerlerinin üyelik işlevleri.

Tablo 3.1. Bulanık denetleyici için kural tabanı (* denetim kuralı belirtilmemiş durum)

	e							
	NB	NO	NK	NS	PS	PK	PO	PB
PB		PO						
PO		*						
PK		*		PS	PK			
PS								
NS	NB		NK	NS	PS	PK		PB
NK				NK	NS	*	*	
NO								
NB			NB					

Tabloda bazı elemanların olmayışı, (örneğin $e=NK$ ve $ce=PK$ durumu) böyle bir durumda denetim çıktısı olmayacağı anlamına gelmez. Üyelik işlevlerinin örtüşümünden dolayı çevredeki değerlerden denetim çıktısı bulunabilir. Bir örnek olarak $e = -3$ ve $ce = 2$ durumunu ele alalım. Bu değerler için Şekil 3.8'den $e = NO$, $e = NK$, $ce = PS$ ve PK etiketlerini okuruz ve bunların oluşturduğu dört kombinasyondan ikisi için tabloda kural olmadığını diğer ikisi için ise aşağıdaki kuralların uygulanması gerektiğini görebiliriz.

EĞER $e=NO$ ve $ce=PS$ ise O HALDE $u=NB$.

EĞER $e=NK$ ve $ce=PS$ ise O HALDE $u=PK$.

Bundan sonra yapmamız gereken şey bu iki kural için minimum üyelik ağırlıklarını (g_1 ve g_2) bulmak ve daha sonrada durulaştırma işlemini yapmaktır. Şekil.3.9' da gösterilen üyelik işlevlerinin monotonik biçimde olması dolayısıyla burada daha önce açıklanandan daha farklı bir yöntem uygulanacaktır. Şöyleki g_1 ve g_2 değerlerine karşı gelen iki u değeri (u_1 ve u_2) bulunur ve,

$$u = \frac{g_1 u_1 + g_2 u_2}{g_1 + g_2}$$

formülünden denetim girdisi hesaplanır. Bu durulaştırma yöntemi ağırlıklı ortalama alma yöntemi olarak bilinir.

3.6. Bulanık Denetimin Uygulama Alanları

Bulanık denetimin ilk uygulamaları genellikle endüstriyel alanlarda, çimento sanayiinde ve su arıtma sistemlerinde olmuştur. Daha sonraları literatürde nükleer reaktör, asansör ve vinç denetimi gibi daha değişik uygulamalar görülmüştür. Bu gelişim içerisinde en önemli olay bulanık denetimin, Kuzey Japonya'nın Sendai'de kentindeki metro sisteminde çok başarılı bir biçimde kullanılması olmuştur. Bu olay bulanık denetim uygulamalarına büyük bir ivme kazandırmış, Japonya'da adeta bir patlama yaratmıştır. 1987 yılında başlayan bu patlama 1990'da bir zirveye ulaşarak bulanık denetimin ev aletlerinden borsa portföyü denetimine, fotoğraf makinalarından hasta izleme uzman sistemlerine kadar uzanan çok geniş bir yelpaze içerisinde kullanılması ile sonuçlanmıştır. Günümüzde artık bulanık denetim uygulamalarına yönelik özel yazılım ve donanımlar piyasadan hazır bir şekilde temin edilebilmektedir. Örneğin Omron firması bulanık denetim benzetim paketleri ve bulanık mikro işlemci olarak adlandırdıkları özel tümleşik devreler pazarlamaktadır. Benzer paketler Togai firmasınınca da pazarlanmaktadır.

Bulanık denetimin Japon toplumu içerisinde gördüğü yüksek oranda kabule bir örnek, bir japon ev kadınının, çocuk yetiştirmede kazandığı deneyimlerden yararlanarak geliştirdiği bebek bakım uzman sistemidir. Bu bulanık uzman sistem, çocuğun karakterini, fiziksel durumunu ve çevre koşullarını da içeren bir bilgi tabanına dayandırılmıştır ve anneye bebeğine ne kadar süt vermesi gerektiğini söyler. Sistem anneler arasında oldukça popüler olmuş ve mucit anneyi zengin etmiştir. Diğer benzer bir uzman sistem de Maruman firması tarafından geliştirilmiş olup golf oyuncusuna golf sopasının seçiminde yardımcı olur[3].

Yukarıda da değinildiği gibi bulanık denetim günümüzde, özellikle Japonya'da çok geniş uygulama alanları bulmuştur. Tablo 2'de bu alanlara bazı örnekler verilmiştir. Burada şunu belirtelim ki tabloda yer alan uygulama alanları ve firmalar sadece birer örnektirler. Tabloda değinilmemiş daha birçok uygulama alanı olduğu gibi belirtilen bir uygulama alanında üretim yapan fakat tabloda adı geçmemiş olan birçok firma da olabilir.

Tablo 3.3'te sıralanan uygulama alanlarında iki ayrı düzey göze çarpabilir. Bunlardan birinci düzeyde amaç, uzman operatör yerine bulanık kural tabanlı bir sistem kullanılmasıdır. Sendai metrosu, çimento değirmeni, asansör denetimi, vs bu yüzeyde yer alır. Daha üst ikinci bir düzey ise hedef, bir uzman yerine bulanık mantık temelli bir karar verici sistem kullanımınıdır. Örnek olarak Yamaichi Securities firmasının geliştirdiği uzman sistem verilebilir. Bu sistem, borsada kara pazar olarak bilinen 1988 yılının Ekim ayındaki büyük çöküşü 18 gün önceden haber verebilmiştir[3].

3.7. Bulanık Denetimin Avantajları-Dezavantajları

Günlük hayatta karşımıza çıkan denetim problemlerinin büyük bir kısmı en iyi olarak dilsel nitelilerle açıklanabilir, ayrıca denetimin de çok hassas olması gerekmez. İşte bu tür matematiksel birçok problemde, bulanık denetim insan düşünüş tarzına uygun düştüğü için belirgin bir avantaja sahiptir.

Bulanık denetimin en iyi uygulama alanları doğrusal olmayan, iyi tanımlanmamış (ill-defined), zamanla değişen sistemlerdir. Bu tür sistemlerin denetimine kolay anlaşılır bir çözüm getirir. Eğer sistem basit bir matematiksel ilişki ile tanımlanabiliyorsa o zaman belki de geleneksel (klasik), PID (Oransal, İntegral ve Türevsel) türü basit bir denetim yaklaşımı yeterli olacaktır. Fakat sistem karmaşıklıkla geleneksel veya modern denetim kuramlarının uygulanması o derece güçleşir ve bulanık denetime yönelmek ekonomik bir alternatif olarak ortaya çıkar[3].

Bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla, daha hızlı bir şekilde sonuca ulaşır. Bunun nedeni bulanık mantıkta işaretlerin bir ön işleme tabi tutulmaları ve geniş bir alana yayılmış değerlerin az sayıda üyelik işlevlerine indirgenmeleridir. Bu az sayıda değerler üzerinde uygulanacak kural sayısının da az olması dolayısıyla sonuca ulaşılması daha az zamanda gerçekleşir. Geleneksel bilgisayar ortamında durum böyle iken özel geliştirilmiş bir donanımla hızın daha da artırılacağı açıktır. Sanyo Fisher (ABD) firmasının mühendislerini video kayıt cihazında bulanık denetim kullanmaya

Tablo 3.3. Bulanık denetim uygulamaları

Ürün	Firma	Bulanık mantığın işlevi
Asansör denetimi	Fujitec/Toshiba Mitsubishi Hitachi	Yolcu trafiğini değerlendirir, böylece bekleme zamanını azaltır.
SLR Fotoğraf makinası	Sanyo-Fisher Canon, Minolta	Ekranda birkaç obje olması durumunda en iyi fokusu ve aydınlatmayı belirler.
Video kayıt aleti	Panasonic	Cihazın elle tutulması nedeni ile çekim sırasında oluşan sarsıntıları ortadan kaldırır.
Çamaşır makinası	Matsushita	Çamaşırın kirliliğini, ağırlığını, kumaş cinsini sezer ona göre yıkama programı seçer.
Elektrikli süpürge	Matsushita	Yerin durumunu ve kirliliğini sezer ve motor gücünü uygun bir şekilde ayarlar.
Su ısıtıcısı	Matsushita	Isıtmayı kullanılan suyun miktar ve sıcaklığına göre ayarlar.
Klima cihazı	Mitsubishi	Ortam koşullarını sezerek en iyi çalışma durumunu sezer, odaya birisi girerse soğutmayı artırır.
Otomobil aktarma organı	Subaru, Nissan	Araba kullanım stilini ve motor yükünü sezerek en iyi dişli oranını seçer.
ABS fren sistemi	Nissan	Tekerleklerin kilitlenmeden frenlenmesini sağlar.
Çelik endüstrisi	Nippon steel	Geleneksel denetleyicilerin yerini alır.
Sendai metro sistemi	Hitachi	Hızlanma ve yavaşlamayı ayarlayarak rahat bir yolculuk sağlamanın yanısıra durma pozisyonunu iyi ayarlar, güçten tasarruf sağlar.
Çimento sanayi	Mitsubishi Chem	Değirmende ısı ve oksijen oranı denetimi yapar.
Tansiyon aleti	Omron	Tansiyon ölçer.
Isı denetleyici	Omron	Bir PID denetleyici ile hibrid çalışır, ani değişikliklerde PID denetleyicinin görevini üstlenir.
PLC	Omron	Fabrikalarda süreç denetiminde kullanılır.
Televizyon	Sony	Ekran kontrastını, parlaklığını ve rengi ayarlar.
El bilgisayarı	Sony	El yazısı ile veri ve komut girişine imkan tanır.
Üretim planlaması	Turksen	Üretim planlamasında bulanık mantık kullanılır.
Hata diyagnozu	Guangzhou	Bir süreçte hatanın nereden kaynaklandığını bulur.

iten asıl nedenlerden biri kullanmayı düşündükleri mikrobilgisayarın belleğinin gerçekleştirmeyi düşündükleri tüm işlevler için yetersiz kalması olmuştur. Bulanık denetim kullanmak gerekmemiştir. Artık video kayıt cihazları ve SLR fotoğraf makinalarında bulanık mantık denetleyici çok yaygın bir duruma gelmiştir. Böylece kayıt cihazlarının elle tutulmasından dolayı resimde oluşan salantılar ortadan kaldırılmış, fotoğraf makinalarında odaklama daha iyi bir şekilde (%76.3 başarı oranına karşı %96.5 başarı oranı) ve merceğin ileri geri gidip gelmesi durumu ortaya çıkmadan hızla yapılabilir olmuştur[3].

Bulanık denetimin diğer bir avantajı, doğrudan kullanıcı girişlerine, kullanıcının deneyimlerinden yararlanabilmesine imkan sağlamasıdır. Buna en güzel örnek elektronik olarak sürekli değiştirilebilen aktarımdır. Bilindiği üzere geleneksel otomatik vites değiştirmede vites değişimi motorun belirli hızlara ulaşması ile otomatik olarak gerçekleşir. Manuel vitesli bir arabada ise sürücü daha fazla bir hürriyete sahiptir ve yol, yük ve kendi kullanım stiline göre belirli durumlarda vites değiştirir. Subaru'nun justy tipi otomobilinde kullanılan ECTV-II'de aktarım oranının değiştirilmesi, bir kayışın konumunun, bulanık mantık kullanılarak değiştirilmesi ile sağlanır. Böylece arabanın ivmesi ve performansı sürekli olarak ayarlanabilir. Subaru test şoförlerine bu arabayı kullandırmış, ivme ve performans açısından onlara en iyi gelen aktarım oranını öğrenerek bulanık mantığın üyelik işlevlerini bu bilgiye göre ayarlamıştır.

Otomatik vites değişiminde bulanık mantık yaklaşımı konusunda Honda ve Nissan gibi bazı diğer araba üreticileri de çalışmalar yapmaktadırlar. Hedefler daha rahat bir yolculuk, daha az benzin tüketimi, mekanik aksamda daha az yıpranma ve vites değişiminde bir insanın yaptıklarına benzerlik olarak sıralanabilir. Otomotiv sanayiinde üzerinde çalışılan diğer uygulama alanları, otomatik benzin enjeksiyonu ve kaymasız frenleme (ABS) alanlarıdır[3].

Uygulamalara örnekler verilirken, geleneksel denetleyicilerle kıyaslamalar yapılmış ve bulanık mantık temelli denetleyicilerin geleneksel denetleyicilere kıyasla daha iyi bir başarıyla sonuçlanabileceği açıklanmıştır. Buna diğer bir örnek Mitsubishi'nin bulanık denetimli klima cihazlarıdır. Bu cihazlarda tek bir algılayıcı (sıcaklık algılayıcısı)

kullanılmakta ve bu algılayıcıdan elde edilen sıcaklık hatası ve sıcaklık değişimi bilgilerin kullanımı ile ısıtma/soğutma denetlenmektedir. Kullanılan kural sayısı 50 tane'dir. Sistemin ilk tasarımı 1988'de, benzetim çalışmaları 1988 yazında yapılmış, üretime ise Ekim 1989'da geçilmiştir. Geleneksel denetleyici ile karşılaştırıldığında ısıtma ve soğutma sürelerinin 5 katı azaldığı, sıcaklık kararlılığının 2 misli arttığı, kullanılan güçte ise %20 oranında bir azalma olduğu görülmüştür. Bu örnekte, başarımdaki iyileşme kadar tasarımdan üretime geçme süresindeki kısalığına da dikkat etmek gerekir[3].

Bulanık mantık denetleyicilere yöneltilen bir eleştiri bu tür denetleyicilerin süreç hakkında daha fazla bilgi, dolayısıyla da daha pahalı ve güvenilirliği daha az bir çözüm oldukları yönündedir. Bu her zaman doğru değildir. Örneğin yukarıda açıklanan Mitsubishi klima cihazında geleneksel denetleyicili cihazda kullanılan daha az (sadece bir tane) algılayıcı kullanılmıştır. Bir başka örnekte, National Panasonic firmasının piyasaya sürdüğü bulanık mantık denetleyicili çamaşır makinasında, iki tane algılayıcı kullanılmaktadır fakat bunlar ucuz, hassas bilgi vermeyen algılayıcılarıdır. Bunlardan biri basit bir optik algılayıcı olup kazandaki suyun türbülansı, kirlilik derecesi ve kirlilik türü hakkında kaba bilgiler verir. Diğeri ise ağırlık sezicisidir ve kazandaki çamaşır hacmini ölçtüğü gibi uygun su akışını ve hacmini ayarlar. Bu iki algılayıcıdan gelen bilgiler ışığı altında çamaşır yıkama süresi seçilir.

Yapılan ikinci bir eleştiri bulanık mantık denetleyicilerin doğrusal denetleyicilere kıyasla sağladığı daha iyi performansın bir doğrusal olmayan denetleyici aracılığıyla da sağlanabileceği yönündedir. Bu gerçekten de doğru olabilir, fakat büyük bir olasılıkla doğrusal olmayan denetleyici bir 4 bitlik mikroişlemci ile gerçekleştirilemeyecektir.

Bütün bu açıklamalardan sonra geleneksel denetleyicilerle bulanık mantık denetleyicilerin özet bir kıyaslaması aşağıdaki şekilde yapılabilir[3].

Klasik Denetleyici

Denetim sürecinin matematiksel modeline ihtiyaç duyar.

Süreç değişkenlerinin ölçümleri doğru ve kesin olmalıdır.

Özellikle karmaşık sistemlerde denetleyici de karmaşık olacağından uygulamaya geçirilişi ekonomik olmayabilir.

Bulanık Mantık Denetleyici

Denetim için uzman deneyimlere ihtiyaç duyar.

Kesin olmayan bilgileri kullanabilir.

Ucuz algılayıcılar sayesinde sürecin ölçümünde esneklik kazandırır.

Hızlıdır.

Uygulamaya geçirilişi kolaydır.

Sürecin matematiksel modeline gereksinimi yoktur.

Yukarıda açıklanan yararlar, bulanık denetimi endüstriyel uygulamalar için uygun bir aday konumuna sokmuşlardır. Bununla birlikte uygulamada karşılaşılan bazı güçlükler de yok değildir ki bunlar şöyle sıralanabilir:

1. Bulanık denetimde kullanılan kurallar deneyime çok bağlıdır.
2. Üyelik işlevlerinin seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun işlev deneme ile bulunur.
3. Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz, sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılabilecek tek şey benzetim çalışmasıdır.

Yukarıda değinilen güçlüklerden ikincisi konusunda son zamanlarda bazı aşamalar kaydedilmiştir. Yapay sinir ağları ile bulanık mantık kuramının entegrasyonu önerilmiş (Neuro-fuzzy Systems) ve üyelik işlevlerinin bu tür bir yaklaşımla otomatik olarak öğrenilmesi önerilmiştir. Hatta Sanyo firması piyasaya "Neuro-fuzzy Fan" adı altında bir fan sürmüştür.

Sonuç olarak şu söylenebilir ki Japonya kaynaklı literatürler, bulanık denetimin geleneksel denetime göre genellikle daha iyi sonuçlar verdiği yönündedir[3].

BÖLÜM 4. BULANIK DENETİM ALGORİTMALARI

4.1. Bulanık Denetim Algoritması ve Matematiksel Modeli

Mevcut olan kompleks endüstriyel işlemleri, var olan denetim teorisinin birçok metotlarıyla otomatik denetim işlemlerinin uygulamalarını denetlemek hemen hemen mümkün değil veya çok zordur. Bu işlemler, deneyimli bir operatör yardımıyla daha iyi sonuçlar alınarak denetlenebilir. Şöyleki, operatör, bulgusal karar kurallarının bir kümesi gibi genellikle linguistik olarak denetim stratejisini ifade eder. Ancak, kuralların doğal belirsizliğinden dolayı nicel bir denetleyici dizaynı içinde bu nitel denetim stratejisini yukardaki gibi dönüştürmek oldukça zordur.

Bulanık bir denetleyicinin ana fikri, kısaca aşağıda sunulmuştur; Bulanık denetleyici, kuralların veya belli bir şarta bağlı sözlü veya yazılı dilbiliminin bir bileşimini veya derlemesini oluşturur ki bu da bireysel denetim durumlarını gösterir. Denetim algoritması çıkarımın kural bileşimi ve bulanık ilişki olmak üzere iki genel düşünceyle inşa edilir.

En basitinde, işlem operatörü işlem girdisinin değerindeki değişmeyi hesaplamak için hata ve hatadaki değişme oranını kullanır.

Örneğin, E, C ve U sırasıyla işlemin hatasını, hatadaki değişme (ki bu aslında geçmiş işlem çıktıları ve mevcut arasındaki farktır) ve işlem girdisindeki değişimi gösterebilir.

Bulanık denetleyici linguistik denetim kurallarının bir toplamının (bileşiminin) temeli üzerinde oluşturulabilir:

EĞER E, E_i ise EĞER C, C_j ise O HALDE U, U_{ij} dir, $i \in I, j \in J$ (4.1)

burada I ve J indeks kümelerini gösterir, E_i, C_j ve U_{ij} ise E, C ve U (bulanık kümeler) linguistik değerleri gösterir, herbiri söylendiği sıraya göre üyelik fonksiyonları ile

$$f_{E_i}(x): X \rightarrow [0,1], \quad f_{C_j}(y): Y \rightarrow [0,1], \quad f_{U_{ij}}(z): Z \rightarrow [0,1] \quad (4.2)$$

amacı bilgisayarda gerçekleştirmek için, uzayda tanımlanan X , Y ve Z ihtiyatlı ve sınırlı olarak kabul edilir.

Tartışma formu üzerindeki herbir kural bulanık anlamda ilişkilendirilebilir.

$$E_i \rightarrow C_j \rightarrow U_{ij}, \quad i \in I, j \in J \quad (4.3)$$

burada \rightarrow operatörün ne kastettiğini temsil eder. Genellikle form 4.3 te sunulan bulanık anlam $X \times Y = Z$ uzayında üyelik fonksiyonu ile R_{ij} bulanık ilişki gibi tanımlanır.

$$f_{R_{ij}}(x,y,z) = \min(f_{E_i}(x), f_{C_j}(y), f_{U_{ij}}(z)). \quad (4.4)$$

şunlar, (4.1)' de verilmiş olan kurallar R bulanık ilişkisi aşağıdaki formda yeniden yazılabilir,

$$R = \bigcup_{i,j} R_{ij} \quad (4.5)$$

Her bulanık (veya bulanık olmayan) X' değeri, E ve Y' hatanın C deki hata değişiminin, bulanık denetim U' için çıkarımın bileşimine göre hesaplanır. Şöyleki,

$$U' = (X' \times Y') \circ R \quad \text{ve} \quad (4.6)$$

böylece,

$$f_{U'}(z) = \max_{x,y} (\min(f_X(x), f_{Y'}(y), f_R(x,y,z))) \quad (4.7)$$

Bununla beraber, bulanık denetim algoritmasına yerleşmiş bazı problemler vardır. Bunlar biraz açıklama gerektirir. Örneğin, aşağıdaki durumu gözönünde bulunduralım.

Eğer C hatadaki değişimin değeri ve E hatasının bulanık değerleri E_i ve C_j iseler sırasıyla $i \in I$ ve $j \in J$ ise $(E_i \times C_j) \circ R$, bulanık değer denetimden algoritma kullanmayla elde edilebilir. Diğer bir ifadeyle, denetim kuralı (4.1)'e göre denetim değeri U_{ij} olabilecektir. Bu genel olarak $U_{ij} = (E_i \times C_j) \circ R$ şeklinde gösterilebilir.

(4.6) daki denetimin çıktısı belliki bir bulanık kümedir. Sonuç olarak, Z uzayında bulanık olmayan bir z seçmeliyiz. Bu birçok yolla yerine getirilebilir, yinede tercih yöntemi genellikle bulanık denetim kümesinin en geniş üyelik fonksiyon değerlerinin aralarında mantıksal bir ilişki kurmaktır.

4.1.1. Bulanık Haritalama

X, Y, Z gerçek sayılar kümeleri olsun ve $F(X)$, X de tanımlanan bütün bulanık kümelerin sınıfını göstere. I ve J kümeleri indeks kümelerdir.

Tanım 1. [4]

$A(X) \in F(X)$, $B(Y) \in F(Y)$ olsun

$$A(X) \times B(Y) = \{A \times B \mid A \in A(X), B \in B(Y)\}, \text{ ise} \quad (4.8)$$

burada $A \times B$, üyelik fonksiyonu ile A ve B bulanık kümelerin kartezyen çarpımıdır.

$$f_{A \times B}(x, y) = \min(f_A(x), f_B(y)), \quad (4.9)$$

$A(x)$ ve $B(y)$ nin kartezyen çarpımı olarak adlandırılır.

Tanım.2

$A(X)$, $B(Y)$ ve $C(Z)$ bulanık kümelerin sınıfları olsun.

Haritalama:

$$T: A(X) \times B(Y) \rightarrow C(Z) \quad (4.10)$$

$A(X) \times B(Y)$ den $C(Z)$ ' ye bulanık haritalama olarak adlandırılır. Her $A \in A(X)$ ve $B \in B(Y)$ bulanık küme için, T bulanık haritalama altında $A \times B$ nin tasviri $T(A, B)$ olarak gösterilir.

Bulanık haritalama, bulanık bir denetleyicinin denetim kuralları veya linguistik şart ifadeleri tanımlamada kullanılabilir. Aslında, (4.1) gibi linguistik şart ifadelerinin toplamı bir T bulanık haritalama formunda yeniden yazılabilir.

$$T(E_i, C_j) = U_{ij}, \text{ şeklinde ve } i \in I, j \in J \text{ dir.} \quad (4.11)$$

Tanım.3

T bir bulanık haritalama olsun,

$$T: A(X) \times B(Y) \rightarrow C(Z), \quad (4.12)$$

burada $A(X) \subset F(X)$, $B(Y) \subset F(Y)$ ve $C(Z) \subset F(Z)$.

Bir F bulanık haritalama:

$F(X) \times F(Y) \rightarrow F(Z)$ T bulanık haritalamanın düzgün artanı olarak adlandırılır, eğer;

1. Tüm $A \in F(X)$ ve tüm $B \in F(Y)$ için, $F(A, B) = T(A, B)$
2. Herhangi I ve J sınırlı indeks için, eğer $A_i \in A(X)$, $i \in I$ ve $B_j \in B(Y)$, $j \in J$ ise

$$F\left(\bigcup_i A_i, \bigcup_j B_j\right) = \bigcup_{i,j} T(A_i, B_j) \quad (4.13)$$

olur.

Bir bulanık haritalama, düzenli artmaları kurmakla (inşa etmek) ilgilidir.

Tanım.4

$A(X) = \{A_i \mid i \in I, A_i \in F(X)\}$ olsun. $A(X)$ bulanık kümelerin sınıfı normal sınıf olarak adlandırılır, eğer,

$$1. \quad \max_{i,j \in I} (\min_{x \in X} f_{A_i}(x), f_{A_j}(x)) = a < 1 \quad (4.14)$$

ve

2. $A(X)$ deki her A_i bulanık küme normal bir bulanık kümedir. (mevcut olan $x' \in X$ öyleki $f_{A_i}(x')=1$) ise,

bunu $[A(X)]$ olarak gösteriyoruz.

Tanım.5

$A(X)$ bulanık kümenin normal bir sınıfı ve $A \in A(X)$ olsun. $A(X)$ 'de A 'nın kesiti, \underline{A} olarak gösterilsin, üyelik fonksiyonlu X teki bulanık küme olarak tanımlanır.

$$f_{\underline{A}}(x) = \begin{cases} f_A(x) & \text{eğer } f_A(x) > a \\ 0 & \text{eğer } f_A(x) \leq a \end{cases} \quad (4.15)$$

burada $a = \inf_{x \in X} f_A(x)$ olarak tanımlanır.

Teorem.1

$$A(X) = \{A_i \mid i \in I, A_i \in F(X)\} \text{ ve} \quad (4.16)$$

$$B(Y) = \{B_j \mid j \in J, B_j \in F(Y)\} \quad (4.17)$$

bulanık kümelerin normal sınıfları olsun. Eğer $T, A(X) \times B(Y)$ den $C(Z)$ ' ye bir bulanık haritalama ise o zaman $X \times Y \times Z$ uzayında tanımlanan bir R bulanık ilişkisi bulunur, şöyleki;

$$T(A_i, B_j) = (\underline{A_i} \times \underline{B_j}) \circ R \quad (4.18)$$

Tüm $A_i \in A(X)$ ve $B_j \in B(Y)$ için.

Kant:

Tüm $x \in X, y \in Y$ ve $z \in Z$ için $X \times Y \times Z$ de bir R ilişkisi kur, öyleyse,

$$f_{R(x,y,z)} = \min_{i,j} (\min(f_{\underline{A_i}}(x), f_{\underline{B_j}}(y)) * f_{T(A_i, B_j)}(z)), \quad (4.19)$$

burada $\underline{A_i}$, $A(X)$ 'de A_i nin kesitidir ve $\underline{B_j}$, $B(Y)$ ' de B_j nin kesitidir. * işlemi şu şekilde tanımlanır;

$$a * b = \begin{cases} b & \text{eğer } a > b \\ 1 & \text{eğer } a \leq b \end{cases}$$

tüm $a, b \in [0,1]$ (2.20)

Aşağıdaki R ilişkisi T bulanık haritalama olarak hesaplanmış ilişkiyi gösterir.

$$X_i^* = \{x \mid x \in X, f_{A_i}(x) > a\}, \quad \forall i \in I, \quad (4.21)$$

$$X^* = \{x \mid x \in X, \forall i \in I, f_{A_i}(x) \leq a\}. \quad (4.22)$$

burada $a = [A(X)]$. Açıkça,

$$X = X * \bigcup_{i \in I} X_i^* \quad (4.23)$$

ifade edilebilir. Benzer şekilde,

$$Y_j^* = \{y \mid y \in Y, f_{B_j}(y) > b\}, \quad \forall j \in J, \quad (4.24)$$

$$Y^* = \{y \mid y \in Y, \forall j \in J, f_{B_j}(y) \leq b\}. \quad (4.25)$$

$i' \in I$ ve $j' \in J$ keyfi sabitler için, eğer $x \in X^*$ ise $f_{A_{i'}}(x) = 0$. Böylece,

$$\max_{x \in X^*, y \in Y} (\min(f_{A_{i'}}(x), f_{B_{j'}}(y), f_R(x, y, z))) = 0 \quad (4.26)$$

$$\max_{x \in X, y \in Y^*} (\min(f_{A_{i'}}(x), f_{B_{j'}}(y), f_R(x, y, z))) = 0 \quad (4.27)$$

olur.

Ayrıca, tüm $i \neq i'$ için, eğer $x \in X_i^*$ ise $f_{A_{i'}} > a$. Mademki $A(X)$, bulanık kümenin normal bir sınıfıdır, $f_{A_{i'}}(x) \leq a$ ve $f_{A_{i'}}(x) = 0$ şartıyla.

$$\max_{x \in X_i^*, y \in Y} (\min(f_{A_{i'}}(x), f_{B_{j'}}(y), f_R(x, y, z))) = 0 \quad i \neq i' \quad (4.28)$$

$$\max_{x \in X, y \in Y_j^*} (\min(f_{A_{i'}}(x), f_{B_{j'}}(y), f_R(x, y, z))) = 0 \quad j \neq j' \quad (4.29)$$

şeklinde tanımlanabilir.

O halde her $z \in Z$ için,

$$\max_{x \in X, y \in Y} (\min(f_{\underline{A}_i}(x), f_{\underline{B}_j}(y), f_R(x, y, z))) = \quad (4.30)$$

$$\max_{x \in X_i^*, y \in Y_j^*} (\min(f_{\underline{A}_i}(x), f_{\underline{B}_j}(y), f_R(x, y, z))) \quad (4.31)$$

yazılır.

Şimdi, en yakın X_i^* ve Y_j^* deki R ilişkisinin değerleri ele alınır. Elde edilen sonuçlardan yararlanarak,

$$(\min(f_{\underline{A}_i}(x), f_{\underline{B}_j}(y)) * f_{T(\underline{A}_i, \underline{B}_j)}(z) = 0 * f_{T(\underline{A}_i, \underline{B}_j)}(z) = 1 \quad (4.32)$$

Eğer $x \in X_i^*$ ve $y \in Y_j^*$, tüm $i \neq i'$ ve $j \neq j'$ için. Her $z \in Z$ için, $x \in X_{i'}^*$ ve $y \in Y_{j'}^*$, R ilişkisinin tanımı olarak,

$$f_R(x, y, z) = \min(f_{\underline{A}_{i'}}(x), f_{\underline{B}_{j'}}(y)) * f_{T(\underline{A}_{i'}, \underline{B}_{j'})}(z) \quad (4.33)$$

elde ederiz.

Ayrıca, $x \in X_i^*$, $y \in Y_j^*$ ve $z \in Z$ için

$$\begin{aligned} & \min(f_{\underline{A}_i}(x), f_{\underline{B}_j}(y), f_R(x, y, z)) \\ &= \min(f_{\underline{A}_i}(x), f_{\underline{B}_j}(y), (\min(f_{\underline{A}_{i'}}(x), f_{\underline{B}_{j'}}(y)) * f_{T(\underline{A}_{i'}, \underline{B}_{j'})}(z))) \\ &\leq f_{T(\underline{A}_i, \underline{B}_j)}(z) \end{aligned} \quad (4.34)$$

yazılabilir.

Mademki \underline{A}_i ve \underline{B}_j normal bulanık kümeler, sonraki kısımda $x' \in X_i^*$ ve $y' \in Y_j^*$ bulunur, şöyleki;

$$f_{\underline{A}_i}(x') = f_{\underline{B}_j}(y') = 1 \quad (4.35)$$

olur.

Ayrıca,

$$\min(f_{\underline{A}_i}(x'), f_{\underline{B}_j}(y'), f_R(x', y', z')) = f_{T(\underline{A}_i, \underline{B}_j)}(z) \quad (4.36)$$

Sonuç olarak,

$$\max_{x,y} (\min(f_{\underline{A}_i}(x), f_{\underline{B}_j}(y), f_R(x,y,z))) = f_{T(\underline{A}_i, \underline{B}_j)}(z) \quad (4.37)$$

olduğu görülür.

Teorem.2

$$A(X) = \{A_i \mid i \in I, A_i \in F(X)\} \text{ ve} \quad (4.38)$$

$$B(Y) = \{B_j \mid j \in J, B_j \in F(Y)\} \quad (4.39)$$

Bulanık kümelerin normal sınıfları olsun. $T, A(X) \times B(Y)$ de tanımlanan bulanık bir haritalamadır. Bir $x \in X$ ve $y \in Y$ sabiti için eğer $i' \in I$ ve $j' \in J$ ise şöyle bulunur. [4]

$$f_{\underline{A}_{i'}}(x) > a \text{ ve } f_{\underline{B}_{j'}}(y) > b \quad (4.40)$$

burada $a = [A(X)]$ ve $b = [B(Y)]$, ise

$$f_R(x,y,z) = (\min(f_{\underline{A}_{i'}}(x), f_{\underline{B}_{j'}}(y))) * f_{T(\underline{A}_{i'}, \underline{B}_{j'})}(z) \quad (4.41)$$

değilse,

$$f_R(x,y,z) = 1 \quad (4.42)$$

olur.

Teorem.3

T 'yi bulanık bir haritalama olarak farzedelim, $T: A(X) \times B(Y) \rightarrow C(Z)$. Eğer $A(X)$ ve $B(Y)$ bulanık kümelerin normal sınıfları iseler, T bulanık haritalamanın artışları (uzantıları) mevcuttur.

İspat: Tüm $A \in F(X)$, $B \in F(Y)$ için \underline{A} ve \underline{B} aşağıdaki bulanık kümeler olarak tanımlanabilir.

$$f_{\underline{A}}(x) = \begin{cases} f_A(x) & \text{eğer } f_A(x) > a, \\ 0 & \text{eğer } f_A(x) \leq a \end{cases} \quad (4.43)$$

$$f_{\underline{B}}(y) = \begin{cases} f_B(y) & \text{eğer } f_B(y) > b, \\ 0 & \text{eğer } f_B(y) \leq b \end{cases} \quad (4.44)$$

burada $a=[A(X)]$, $b=[B(Y)]$.

Açıkça, \underline{A} , eğer $A \in A(X)$ ise $A(X)$ de A nın kesitidir ve \underline{B} , eğer $B \in B(Y)$ ise $B(Y)$ de B nin kesitidir.

R ilişkisi T bulanık haritalama olarak belirlensin. $F(X) \times F(Y)$ den $F(Z)$ 'te S bulanık haritalama şu şekilde tanımlanır. [4]

$$S(A, B) = (\underline{A} \times \underline{B}) \circ R \quad (4.45)$$

şimdi S bulanık haritalamanın T bulanık haritalamanın düzenli uzantısı (artışlısı) olduğunu ispatlayalım.

ilk olarak,

$$\begin{aligned} S(A, B) &= T(A, B), \quad \text{eğer} \\ A &\in A(X) \text{ ve } B \in B(Y) \text{ ise.} \end{aligned} \quad (4.46)$$

ikinci olarak,

$$\text{eğer } A = \bigcup_{i \in I} A_i \text{ ve } B = \bigcup_{j \in J} B_j \quad (4.47)$$

burada $A_i \in A(X)$ ve $B_j \in B(Y)$, ise kolayca şu şekilde gösterilebilir.

$$\underline{A} = \bigcup_{i \in I} \underline{A}_i, \quad \underline{B} = \bigcup_{j \in J} \underline{B}_j \quad (4.48)$$

ve

$$\underline{A} \times \underline{B} = \bigcup_{i, j} (\underline{A}_i \times \underline{B}_j) \quad (4.49)$$

Ayrıca,

$$S(A, B) = (\underline{A} \times \underline{B}) \circ R \quad (4.50)$$

$$= \left(\bigcup_{i, j} \underline{A}_i \times \underline{B}_j \right) \circ R$$

$$\begin{aligned}
&= \bigcup_{i,j} (\underline{A}_i \times \underline{B}_j) \circ R \\
&= \bigcup_{i,j} S(A_i, B_j) \\
&= \bigcup_{i,j} T(A_i, B_j)
\end{aligned}$$

Böylece, bulanık haritalama, T haritalamanın düzgün bir uzantısı (artımı) olduğu görülür.

4.1.2. Bulanık Denetleyicinin Matematiksel Modeli

Karmaşık endüstriyel proseslerin güvenilirliğinde bir operatörün bulunması, denetim döngüsünde en önemli elemandır. Onun denetim stratejisi koşullara bağlı açıklamaların bir kümesi gibi dilsel olarak tarif edilebilir. Ancak, bir bulanık denetleyicinin modeli için koşullara bağlı linguistik açıklamaları bir bulanık matematiksel forma dönüştürmede yetersizdir.

Bulanık denetleyicinin modelini şu şekilde oluştururuz. [4]

Tanım.6

$A(X)$, $B(Y)$ ve $C(Z)$ her biri söylendiği sıraya göre X , Y ve gerçekte sayılar kümesinde tanımlanan konveks bulanık kümelerin normal sınıfları olsun. Bulanık denetleyici $C=C(P,F)$ olarak adlandırılır, burada $P=(A(X),B(Y),C(Z),T)$ bulanık denetleyicinin kuralları veya denetim stratejisi olarak atfedilir. T , $A(X) \times B(Y)$ den $C(Z)$ ye bir bulanık haritalamadır. F , T bulanık haritalamanın düzgün uzantısıdır (artımıdır). F aynı zamanda denetleyicinin denetim algoritması olarak da adlandırılır. Her $A \in F(X)$ ve $B \in F(Y)$ için $F(A,B)$, A ve B girdilerinin çıktı sonucunu ifade eder.

Linguistik değerlerle tanımlanan bazı bulanık kümelerin bulanık denetleyicisini bilgisayarda gerçekleştirmek için denetim değişkenlerinin ve durum değişkenlerinin linguistik değerleri oluşturulmalıdır. İçerdiği örnekler: Pozitif büyük, negatif büyük, v.s. Bu bulanık kümeler konveks bulanık kümelerin bir normal sınıfı formunda ve konvektirler.

4.1.3. Bulanık Denetleyici Algoritmasının Analizleri

Eğer $C=C(P,F)$ bir bulanık denetleyici, burada $P=P(A(X),B(Y),C(Z),T)$ ve her $A \in F(X)$ ve $B \in F(Y)$ ise $F(A,B)=T(A,B)$ şeklindedir. [4]

Pratik denetimde, prostesteki hatanın değişimi ve hatanın gerçek değerleri tanım uzayına uyan esaslardır. Bu değerler, bulanık olmayan ve bulanık kümeler haline dönüştürülmelidir. Genellikle, eğer $x' \in X$ ise üyelik fonksiyonlu X teki A' bulanık kümesi,

$$f_{A'}(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } x = x \\ 0 & \text{eğer } x \neq x \end{cases} \quad (4.51)$$

sonuç olarak kabul edilir. A' bulanık kümesi X de x' nün gözlemi olarak adlandırılır.

Teorem.5

$C=C(P,F)$ bir bulanık denetleyici olsun. A' ve B' , X ve Y de x' ve y' gözlemleri iseler, her biri söylendiği sıraya göre A' ve B' ne uygun bulanık denetleyicinin $F(A',B')$ çıktısı Z de bir normal konveks bulanık kümedir.

İspat:

$P=P(A(X), B(Y), C(Z), T)$ olarak farzedelim.

$$\begin{aligned} f_{F(A',B')}(z) &= \max_{x,y} (\min(f_{A'}(x), f_{B'}(y), f_R(x,y,z))) \\ &= f_R(x',y',z') \end{aligned} \quad (4.52)$$

burada R, T bulanık haritalama olarak belirlenen ilişkidir.

BÖLÜM 5. DENETİM SİSTEM TASARIM PROBLEMİ VE ENDÜSTRİYEL SİSTEMLERE UYGULANMASI

5.1. Denetim Sistem Tasarım Problemi

Denetim sistem tasarımındaki geri beslemenin genel problemi genel olarak lineer olmayan vektör değeri olan $h(\cdot)$ fonksiyonunu elde etmek olarak tanımlanır.

$$u(t) = h[t, x(t), r(t)] \quad (5.1)$$

burada $u(t)$, proses veya ünite girdisidir, $r(t)$, referans girdisidir ve $x(t)$ durum vektörüdür. h , geri besleme denetim kuralı yeterli bir performans sonucu ve geri besleme sistemini dengelemek olarak farzedilir.

Düzenli bir denetleyici ile sistemin zamanla değişmemesi durumunda, denetim komutu aşağıda gösterildiği gibi ya bir geri besleme koşulu (açıklaması) yada bir geri besleme çıktısı gibi belirtilebilir. [5]

$$u(t) = h[x(t)] \quad (5.2)$$

“geri besleme koşulu”,

$$u(t) = h[y(t), \dot{y}, \int y dt] \quad (5.3)$$

“geri besleme çıktısı tanımlanır”.

Basit tek-çıkıtlı ve tek-girdili sistem durumunda h fonksiyonu aşağıdaki formlardan birine uyar:

$$u(t) = K_p e(t) \quad (5.4)$$

P denetleyici veya bir oransal için;

$$u(t) = K_p e(t) + K_I \int e(t) dt \quad (5.5)$$

PI denetleyici ve oransal-integral için;

$$u(t) = K_p e(t) + K_D \dot{e}(t) \quad (5.6)$$

PD denetleyici veya bir oransal-türevsel için

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_D \dot{e}(t) \quad (5.7)$$

Oransal-türev, oransal-integral veya PID denetleyici için, burada $e(t)$, $\dot{e}(t)$ ve $\int e(t) dt$ ler sırasıyla hata çıktısı, türev hatası ve integral hatalarıdır; ve

$$u(t) = -[k_1 \cdot x_1(t) + k_2 \cdot x_2(t) + \dots + k_n \cdot x_n(t)] \quad (5.8)$$

tam geri besleme denetleyici durumu içindir.

Denetim sistem tasarımının problemi, lineer sistem modelleri için izlenen geri besleme koşulu durumunda, k_1, k_2, \dots, k_n katsayıları, geri besleme çıktısı durumunda K_p, K_i ve K_D katsayıları lineer olmayan sistemlerin durumunda genel olarak lineer olmayan $h(\cdot)$ fonksiyonu sağlanarak tanımlanır.

5.1.1. Denetim Yüzeyi

h fonksiyonu genelde n boyutlu bir yüzeyde lineer olmayan bir çoklu yüzeyi tanımlar. n boyutlu bir yüzeyde geri besleme koşulu veya geri besleme çıktısı ile lineer sistemlerin durumu bir çoklu plandır. Bu yüzey, karar yüzeyi veya denetim olarak bilinir.

Denetim yüzeyi dinamik denetleyicileri gösterir ve genel olarak zamanla değişmeyen doğrusal olmayan bir yüzeydir. Denetim yüzeyi şeklini düzenlemek ve uyarlamaları ayarlamak için teknikler bulunacak ki herhangi bir denetleyici dizaynında bulunan dinamik modellenemeyen denetleyicileri denetleyebilsin. Bulanık mantık kural-tabanı uzman sistemleri, denetim yüzey yapısı ve bir uzman bilgi-tabanına benzerinden bulanıklığa bağlı açıklamaları türetmenin bir toplamında kullanılır.

Bu denetim sistem dizaynının dizisi, yaklaşık çözüme ve ara değerini bulmaya dayandırılır. Bulanık kural-tabanı denetleyicileri veya sistem destekleyicileri genel olarak model-free dizileridirler. Bulanık mantık kural-tabanlı uzman sistemler lineer olmayan fonksiyonlara benzerdirler ve bir bağımlı değişken ve n bağımsız değişkenin lineer olmayan herhangi bir fonksiyonu arzulan herhangi bir doğruluğa yaklaştırılabilir.

5.1.2. Denetim Sistem Tasarım Aşamaları

Eksik yapılu fiziksel sistemde veya kompleks bir dizaynda yedi temel adım vardır: [5]

i) Geniş ölçekli sistemleri, alt sistemlere ayırarak toplam halinde ayrıştırılır ve dağıtılır,

ii) Zamanla değişmeyen dinamik üniteleri "yavaşça değişen" olarak farzetmek,

iii) Lineer olmayan dinamik üniteler, işlem noktalarının bir kümesi kısmi olarak lineerleştirilir,

iv) Durum değişkenlerinin, denetim değişkenlerinin veya çıktı özelliklerinin bir kümesi hazırlanarak kullanılır,

v) Temel P, PD, PID (geri besleme çıktısı) veya geri besleme denetleyici koşulu (şartı), herbir ayrı (ayırışma) sistem tasarlanır. Denetleyiciler, izlenen denetim konumlarının altında yeterli tatmin edici hızda çalışırlar ve düzenleyici tiplerdir,

vi) İlk beş adım, ortaya konan belirsizlikler hakkında sözedildi. Dışsal ortamdan dolayı elbette belirsizlikler vardır. Denetleyici tasarımı, dış dünya ve dinamik ünitelerdeki bilgiye bakarak sezgisel, linguistik, analitik, I/Q formundaki sayısal gözlem verileri, bir denetim mühendisliğine dayanarak en iyi bütün kullanılabilir (elde edilebilir) bilgiyi mümkün optimalliğe ulaşıncaya kadar yapmış olacak,

vii) Bir denetim sistem yönetimi, dinamik modellerin modellenememesinden dolayı oluşan sapmalar ve belirsiz etkileri telafi etmek için denetleyici parametrelerini ayarlamak ve ek bir geri besleme denetim döngüsünü ayarlamak, ya otomatik yada uzman bir operatör tarafından oluşturulur.

5.1.3. Bir Bulanık Denetim Sistem Tasarımındaki Varsayımlar

Sıradan bir bulanık mantık-tabanlı denetim yapıldığında altı temel tahmin politikası seçilir. Bu tahminler, ana hatlarıyla aşağıda gösterildiği gibidir: [5]

i) Görünür (farkedilebilir) ve denetlenebilir birim: Durum, girdi ve çıktı değişkenleri, inceleme (gözlem) ve ölçüm veya hesaplama için hazırdırlar.

ii) Bulanıklaştırılabilen ve kuralların çıkarıldığı uzman üretim linguistik kurallar, mühendislik ortak görüş veya sağduyusu, sezgi veya bir analitik model formunda bilginin bir yapısı vardır.

iii) Bir çözüm bulunur.

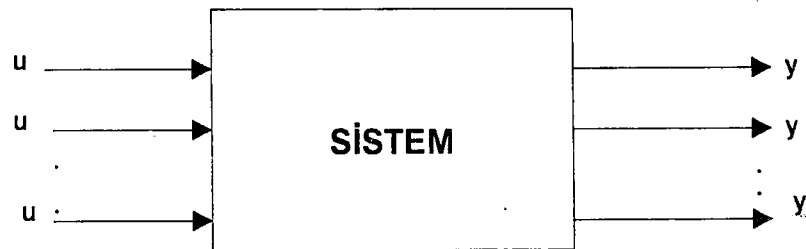
iv) Denetim mühendisi, yeterli iyi bir çözüm arar ve optimum olması o kadar gerekli değildir.

v) Uygun bir hasarlık aralığında ve mevcut olan bilgilerimiz için en iyi bir denetleyici dizaynı arzularız.

vi) Güvenilirlik (kararlılık) ve optimallik problemleri açık problemlerdir.

5.1.4. Bulanık Kural-Tabanlı Uzman Sistemler

Şekil 5.1'deki gösterimde sisteme m-çıkı ve n-girdi olarak gözönünde bulundurulur. X , $i=1,2,3,\dots,n$ için n adet x_i uzayının bir kartezyen çarpımıdır. $X=x_1*x_2*\dots*x_n$; ve Y , $j=1,2,3,\dots,m$ kadar m adet y_j uzayının bir kartezyen çarpımıdır ve $Y=y_1*y_2*\dots*y_m$. $x=(x_1,x_2,\dots,x_n)$, R^n gerçekte gösterilen sistem için girdi vektörüdür ve $y=(y_1,y_2,\dots,y_m)$, R^m gerçekte gösterilen denetim sistemi, bir dinamik sistemin haritalama modelini belirlemek, bir sistem modelini tanıma veya bir karar verme prosesinde X ten Y 'ye herhangi bir statik lineer olmayan sistemi temsil edebilir.



Şekil 5.1. p-girdi ve m-çıkı sistemi için bir blok diyagram

Tüm bu sistemlerde ve proseslerde mevcut üç genel uzay vardır. [5]

1. Üyelik fonksiyonların amaçları olarak ifade edilen sistem girdilerinin mümkün durumlarının uzayı, $k=1,2,\dots$, için A^k bulanık alt kümelerin bir toplamı olarak aşağıdaki formda gösterilebilir

$$A^k \in F(X); \mu_{A^k}(x): X \rightarrow [0,1], k = 1,2,\dots \text{ için} \quad (5.9)$$

2. Mümkün çıktı sonuçlarının uzayı, bir denetleyiciden denetim komutları, tavsiye kararları veya bir karar verici tarafından yapılan, girdilerdeki bazı temel özel durumlar ve genel olarak, Y uzayındaki bulanık kısımlar, $k=1,2,\dots$ için B^k bulanık alt kümelerin bir toplamı olarak gösterilebilir ve üyelik fonksiyonların amaçları olarak ifade edilebilir. Şöyleki,

$$B^k \in F(Y); \mu_{B^k}(y): Y \rightarrow [0,1], k = 1,2,\dots \text{ için} \quad (5.10)$$

3. Mümkün ilişkilerin uzayı X girdi uzayından Y çıktı uzayına doğrudur. İlişkilerin haritalanması genel olarak üyelik fonksiyonlarının amaçlarını belli etmek ve $k=1,2,\dots$ için R^k bulanık ilişkiler şeklinde gösterilir. Şöyleki,

$$R^k \in F(X \times Y); \mu_{R^k}(x,y): X \times Y \rightarrow [0,1], k = 1,2,\dots \text{ için} \quad (5.11)$$

burada $F(\cdot)$, bir gerçek uzayda bulanık kümelerin bir ailesini gösterir. S sisteminde insan düşüncesi, subjektif tercihlerin ve amaçların bir kümesi, sistemin bilgisi, sezgi, sezgi yoluyla anlama, ustalık, hüner ve tecrübeye dayandırılmıştır. Bu bilgi tipi, uzman kişi tarafından doğal dilde genelde şartlı önerilere göre şartsız bir küme seti formuna koyar. Anlayacağımız, insanlı ve insansız kompleks sistemler, belirsiz linguistik terimlere dayandırılmış bildirme derecesi ve niteliktedir. Bu, fiziksel bir sistemi anlamının bir bulanık derecesi (seviyesi) olarak adlandırılır.

Şartlıya göre şartsız açıklamalar, genelde geçmiş şartlara göre yakın şartlar, güvenilirliğe dayandırılmış prosesin neticesinde bazı kısıtlamalar konur. Bu kısıtlamalar, genellikle belirsiz doğal dil terimleri ve kelimelerdir ki bunlar bulanık matemati kullanarak modellenebilir.

Bazı uzman sınırlayıcı açıklamalar ve bir doğa rengi görünüm problemi gözönünde bulundurulsun:

EĞER mevsim ilkbahar ise **O HALDE** renk oldukça parlak yeşildir.

EĞER mevsim yaz ise **O HALDE** renk koyu yeşildir.

EĞER mevsim sonbahar ise **O HALDE** renk parlak ve koyu sarıdır.

İlk açıklamadaki "oldukça parlak yeşil" belirsiz terimi renkte bulanık bir kısıtlama koyar, "bahar" şartına dayanarak. Benzer durum, "EĞER renk kırmızı ise O HALDE domates olgundur" gibi, problemi tanımaya bir örnektir. Bir oda sıcaklığı denetim problemi aşağıdaki uzman kuralları kapsmalı:

EĞER oda ısısı çok sıcak ise,

O HALDE

EĞER ısı artıyor ise,

O HALDE ısıyı düşür.

Bir denetleyici, bu durumdaki kısıtlamaları, alınan aksiyonlara yerleştirilir. "ısıyı düşür" gibi.

Özet olarak, kompleks bir sistemi tanımlamanın ve anlamının bulanık derecesi temel olarak girdide belirli şartlara dayalı çıktıdaki sınırlamaların bir kümesi formuna sokulur.

5.1.5. Standard Bulanık Kural-Tabanlı Uzman Sistemler

Üretilen uzman kurallar kümesinin standard formu, şartlı kısıtların bir kümesi tarafından izlenen şartsız kısıtların bir kümesi gibi tanımlanır. Şartlıya göre şartsız bu belirsiz açıklamalar, "and" (VE), "or" (VEYA), veya "else" (AKSİ TAKTİRDE) gibi linguistik bağlayıcılar tarafından genellikle birleştirilir. Bir uzman kural-seti üretiminin standard formu Şekil 5.2' de verilmiştir.

R^1	R^1 kısıtlanır.
R^1	R^1 kısıtlanır.
:	:
R^1	R^1 kısıtlanır.
R^{k+1}	EĞER C^1 şartı İSE R^{k+1} kısıtlanır
R^{k+2}	EĞER C^2 şartı İSE R^{k+2} kısıtlanır
:	:
R^r	EĞER R^{r-k} şartı İSE R^r kısıtlanır

Şekil 5.2. Bir Uzman Kurallar Setinin Standard Formu

çıktı üzerinde veya alınan kararlarda R^1, R^2, \dots, R^r kısıtları arzu edilen bir performans için alınmış çıktı aksiyonlarına uygulanır. Genelde, herhangi bir linguistik algoritmada veya uzman kural-seti üretiminde üç genel açıklama formu mevcuttur. [5]

i) Açıklamaları atama,

$$X \cong S$$

x = küçük

mevsim = ilkbahar

oda ısı = sıcak

domatesin rengi = kırmızı

x büyüktür

x ne büyük ne de çok küçüktür.

ii) Şartlı açıklamalar,

EĞER x küçük ise O HALDE y büyüktür AKSİ TAKTİRDE y büyük değildir.

EĞER x pozitif ise O HALDE y gittikçe biraz azalır.

EĞER domates kırmızı ise O HALDE domates olgundur.

EĞER x çok küçük ise O HALDE dur

iii) Şartsız aksiyon açıklamaları,

x ile çarp

ısıyı daha azalt

ilk birkaç terimi sil

7'ye git

dur.

Şartsız önermeler, her zaman doğru olan ve sağlanan girdi şartlarının örnek uzayı IF (EĞER) şart cümlesiyle şartlı kısıtlar olarak düşünülür. Şartsız bir kısıt "çıktı düşüktür" gibi eşitlik olarak şu şekilde yazılabilir.

EĞER herhangi bir şart ise O HALDE çıktı düşüktür.

veya

EĞER herhangi bir şey ise O HALDE düşük

Böylece, düşünülen sistem şartlı bağlayıcı açıklamaların toplamını kullanarak gösterilebilir. Bu açıklamalar, aşağıdaki gibi bulanık şartlı açıklamalar olarak modellenebilir:

EĞER şart C^1 ise O HALDE kısıt R^1 .

şartsız bağlayıcılar şu formda olmalıdır:

R^1 : çıktı B^1 dir

VE

R^2 : çıktı B^2 dir.

VE

:

:

burada B^1, B^2, \dots , ler bulanık alt kümelerdir.

Şekil 5.3. uzman sistemden oluşan şartlı kuralların bir kümesidir. Böylece, standard kural kümesi aşağıdaki formda oluşturulabilir.

Kural 1:	EĞER şart C^1 İSE kısıt R^1
Kural 2:	EĞER şart C^2 İSE kısıt R^2
:	:
:	:
Kural R^r :	EĞER şart C^r İSE kısıt R^r

Şekil 5.3 Standard Bulanık Kural-Tabanlı Sistem

S sistemine n-girdi ve m-çıkıtı durumu için, en erken tanımlama, bulanık kural-tanımlı uzman sistem (BKTUS) Şekil 5.4 de gösterilen formda oluşturulabilir.

Kural 1:	EĞER x, A^1 İSE y, B^1
Kural 2:	EĞER x, A^2 İSE y, B^2
:	:
:	:
Kural r:	EĞER x, A^r İSE y, B^r

Şekil 5.4 S Sisteminde Tanımlanan Bulanık Kural Tabanlı Uzman Sistem (BKTUS).

ve çok kısa ve öz bir fomda:

$$(IF A^1 THEN B^1 \text{ "}\alpha\text{" } IF A^2 THEN B^2 \text{ "}\alpha\text{" } \dots \text{ "}\alpha\text{" } IF A^r THEN B^r)$$

burada " α ", "and", "or", "else" linguistik bağlayıcılardan herhangi biri olabilir. Şekil 5.4' deki x ve y sırasıyla girdi (input) ve çıktı (output) vektörleridir. Sisteme giren tam-kesin değere ve şekile (crisp_ and sharp) sahip olabilir. Şu gözönünde bulundurulmalıdır ki $x = \bar{x}$ veya $y = \bar{y}$ nin tam değerleri tekli bulanık değerler olarak bilinir ve aşağıdaki şekilde olduğu gibi üyelik fonksiyonu ile ifade edilir:

$$\mu_{A(x)} = \delta_{x, \bar{x}} = \delta_{(x - \bar{x})} = \begin{cases} 1, & x = \bar{x} \text{ için} \\ 0, & \text{aksitaktirde} \end{cases} \quad (5.12)$$

ve benzer şekilde,

$$\mu_{B(y)} = \delta_{y, \bar{y}} = \delta_{(y - \bar{y})} = \begin{cases} 1, & y = \bar{y} \text{ için} \\ 0, & \text{aksitaktirde} \end{cases} \quad (5.13)$$

veya $a \leq x \leq b$ veya $c \leq x \leq d$ şeklinde tanımlanan bir tam aralık, üyelik fonksiyonlarıyla ifade edilen bulanık kümeler gibi tanımlanabilir.

$$\mu_{A(x)} = \begin{cases} 1, & a \leq x \leq b \\ 0, & \text{aksitaktirde} \end{cases} \quad (5.14)$$

$$\mu_{B(y)} = \begin{cases} 1, & c \leq y \leq d \\ 0, & \text{aksitaktirde} \end{cases} \quad (5.15)$$

Böylece, tam ve bulanık şartlar ve sonuçları ortak bir kümede gözönünde bulundurulularak muamele edilebilecek.

5.1.6. Temel Standard Formlardaki Bileşik Kuralların Ayrıştırılması

Bir linguistiksel ifade algoritmasında veya bir uzman kişi tarafından verilen tanımlayıcı formda, birçok bileşik kural yapıları mevcut olabilir. Örneğin, bir odadaki ısının denetimi için bir algoritma düşünölsün:

EĞER yağmur şiddetli yağıyor ise
O HALDE pencereyi kapat.

EĞER oda ısısı çok sıcak ise
O HALDE

EĞER ısı düğmesi açık ise

O HALDE ısı düğmesini daha düşüğe çevir

DEĞİLSE

EĞER (pencere kapalı) **VE** (havalandırma kapalı)

VE (yağmur şiddetli yağmıyor) ise

O HALDE pencereyi aç

DEĞİLSE

EĞER (pencere kapalı)

VE (havalandırma açık) ise

O HALDE pencereyi aç

EĞER "ısı soğuk" olduğu oldukça doğru ise

O HALDE

EĞER havalandırma açık ise

O HALDE havalandırmayı kapalı durumuna getir.

v.s.

5.2. Endüstriyel Proseslerin Bulanık Denetimi

5.2.1. Bulanık Mantık Denetim Nedir?

Bulanık mantık denetim, endüstriyel prosesleri denetlemek için kesin-tam sayısal kurallardan ziyade, linguistik kuralları kullanır. Bulanık mantık denetim, sıradan metotlarla prosesin denetim ve modellenmesi zor olduğunda çekici olabilir. Bulanık Mantık Denetimin pratik önemi, proseslerin denetlenmesi için ayrıntılı olarak nasıl açıklanacağı ve endüstri mühendisliği sistemleri ve imalat denetimi için nasıl uygulanabileceğini sunar.

Bulanık küme teorisi Zadeh tarafından 1965' te ortaya atıldı. Bulanık Mantık Denetim bu teorinin bir uygulamasıdır. Chang ve Zadeh ilk olarak bulanık küme teorisini denetim için uyguladılar fakat Zadeh karmaşık proseslerin bulanık denetim tasarımı için temel yaklaşımı formüle etti. Zadeh'in Bulanık Mantık Denetim tasarımı bir bulanık ilişki kavramı ve onun kolayca görülmeyen fakat önemli olan çıkarım kuralını tanımlamıştır ve onların bulanık denetleyici teorisine uygulanmasını düzenlemiştir. Bulanık endüstriyel denetleyiciler belli şartlardan sonra alınabilecek olan aksiyonların bir bileşimi olan linguistik denetim değişkenlerine (ifadelerine) bağlıdır. Bu ifadeler belirsiz ve kapalı olabilir fakat yine de ilgili ve önemli bilgi içerir. Bulanık denetleyici algoritmaları benzer kuralların kombinasyonundan oluşur. [6]

5.2.2. Niçin Bulanık Mantık Denetim Kullanıyoruz?

Proseslerin bulanık denetimli sistemleri, klasik veya modern denetim teknikleriyle iyi kontrol edilemediğinde bir alternatiftir. Bu sıradan teknikler kesin-tam matematik modellere ve ayrıca proses değişkenliğini gösteren ölçümlere dayanır. Çoğu proseslerde benzer model ve ölçümleri belirlemek mümkün değilse de zordur. Denetlenmesi zor olan karmaşık proseslere örnekler; çimento ocakları, çelik fırınları, çöp işleme fabrikaları, DNA üretimi, çok katmanlı çöp yakma fırınları, metal kesme makinaları ve üretim sistemleridir. Bu gibi benzer durumlarda, bulanık denetim uygulamak mümkün olabilecektir fakat denetim kuralları seçimi farklı olacaktır.

Denetim kuralının gelişimi, prosesin bir insan operatör tarafından denetlenip edilemeyeceğine bağlıdır. Eğer operatörün bilgisi ve tecrübesi kelimelerle

açıklanabiliyorsa öncelikle linguistik kurallar yazılabilir. Eğer operatörün ustalığı (becerisi) prosesi denetim altında tutabilirse fakat bu ustalık kelimelerle ifade edilemiyorsa bu aksiyonların bir bulanık modeli kuralları üretmek için kullanılmak zorundadır. Bu durumda bulanık model, bulanık anlatımı kullanarak operatörün giriş-çıkış denetim aksiyonlarının tanımına başvurur. Fakat bir proses, aşırı karmaşık olduğunda bir uzman insan tarafından denetlenebilir olmayabilir. Bu durumda prosesin bir bulanık modeli oluşturulur ve teorik olarak denetim kuralları çıkarılır. Bu, bir modele dayanan bulanık denetleyici tasarımı ve bulanık tanımlamanın gelişimine ihtiyaç duyar. Bu, çok katmanlı çöp yakma fırınları için yapılmıştır.

5.2.3. Bulanık Mantık Denetleyici Tasarımı ve Uygulaması

Bu bölüm, basit bir bulanık mantık denetleyicinin çalışma şeklini gösterecektir. Temel olarak Bulanık Mantık Denetim, nitel olarak denetim stratejisini ifade eden linguistik kuralların bir bilgisayar üzerinde yorumlanabileceği ve uygulanabileceği anlamındadır. Linguistik kurallar, "EĞER E=PL ise O HALDE U=PM" formundadır. Burada E ve U bulanık değişkenler, PL ve PM özel değerlerdir ve bu değişkenler farz edilir. Bu notasyon Tablo 5.1 'de gösterilmiştir. [6]

Tablo 5.1. Denetim Sinyal Notasyonu ve Bulanık Hata

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
	Bulanık	Özel	Tanım	Temel	Üyelik
Sinyal	Değişken	Değer	Uzayı	Değişken	Fonksiyon
					u
Hata:	E	EV	E	e	$f_{EV}(e)$
Denetim:	U	UV	U	u	$f_{UV}(u)$

Açıklamalar:

1. E ve U , E ve U 'nun bulanık alt kümeleri
2. EV ve UV , E ve U daki özel değerler
3. E ve U klasik ve (mevcut örnekteki) sonlu kümeler
4. e ve u , E ve U 'nun elemanlarıdır
5. f_{EV} ve f_{UV} , $[0,1]$ de E ve U 'nun fonksiyonları

Tanımlanacak basit bulanık mantık denetim de analog değişkenler E_a ve U_a varsayılan değişkenlerin ölçümlerinin aralığına uygun değerlerin sonlu bir kümesine sayısallaştırılır. Değerler, Pozitif Büyük PL ve Pozitif Orta PM gibi etiketli bulanık alt kümeleri kullanarak değişkenlerle birleştirilir. Herbir alt küme 0 ve 1 arasında gezen bir üyeliğe verilen değişkenin herbir kesikli değeri ile bileşik olan bir üyelik fonksiyonuyla karakterize edilir. Özel bir üyelik nicel olarak değişkenin uygun değerinin bulanık kümenin bir üyesi olduğunun derecesini gösterir.

Dilsel kurallar iki bulanık değişken olan E ve U arasındaki ilişkiler yoluyla bulanık mantıksal ifadeler olarak uygulanır. Her bir ilişki iki bulanık alt kümenin kartezyen çarpım terimleri ile ifade edilir. Örneğin, PL, E'nin bir bulanık alt kümesi ise ve PM, U'nun bulanık bir alt kümesi ise o halde uygun ilişki R şöyle tanımlanır;

$$R = PL \times PM \quad (5.16)$$

$$= \{ (e,u), f_R(e,u) \}, \forall (e,u) \in E \times U \quad (5.17)$$

R için üyelik fonksiyonu,

$$f_R(e,u) = \min [f_{PL}(e), f_{PM}(u)] \quad (5.18)$$

şeklinde olur.

Denklem (5.16) şu anlama gelir, $f_R(e,u)$ tarafından verilen $PL \times PM$ de (e,u) 'nun üyelik derecesi ile, $R = PL \times PM$ sıralanmış çiftler (e,u) , $e \in R$, $u \in U$ bir bulanık alt kümesidir. Eğer E ve U sonlu ve kesikli ise iki bulanık alt küme olan PL ve PM nin kartezyen çarpımı iki boyutlu bir dizi ile gösterilir ve bu dizi de (bazı yazarlar matris kelimesini kullanır) R dir. m satır ve n sütun, m ve n sırasıyla E ve U daki elemanların sayısıdır ve (i, j) inci eleman $f_R(e_i, u_j)$ ' nin değeridir.

İki bulanık değişken arasındaki ilişki ifade edilince birincinin değerinden sonra ikincinin değerini çıkarmak için kullanılır. Örneğin, E = EV verilsin, U nedir? Eğer EV, E değişkeninin değeri ise ikinci değişken U'nun UV değeri çıkarımın bileşim kuralı ile bulunur. Yani, U'nun değeri $UV = EV \circ R$ bileşiminin oluşturulmasıyla çıkarılır. Bileşim EV ve R nin max-min çarpımı olarak hesaplanır.

$$UV = \{u, f_{UV}(u)\}, \forall u \in U, \quad (5.19)$$

UV'nin üyelik fonksiyonu,

$$f_{UV}(u) = \max(\min(f_{EV}(e), f_R(e,u))). \quad (5.20)$$

şeklinde tanımlanır.

İkiden daha fazla sınırlı ilişkiler belirnebilir (tanımlanabilir) ve bunlar daha komplike kurallarla aşağıdaki formda birleştirilir;

" Eğer $E = EV$ ise **O HALDE** (Eğer $CE = CEV$ ise **O HALDE** $U = UV$)". Bu durumda ilişki dizisi üç boyutlu olabilir.

Herbir bulanık değer (PM gibi özel bir değer tarafından gösterilen) için bir kural gerekir, bu kural E olarak farzedilebilir. Bu kurallar, max operatörü olarak yorumlanan birleşim veya bağlayıcı "değilse (else)" ile birleştirilir. Kuralın benzeri bir kombinasyonu, denetleyici algoritmasıdır. Şuna dikkat etmek önemlidir, gerçek bir denetim uygulamasında EV alt kümesi tek bir sayılı olacaktır, bir bulanık küme değil. Bu çıkarım kuralının hesaplanmasını ve uygulanmasını kolaylaştırır. Ayrıca algoritmanın çıktısı bir bulanık küme olduğu halde prosesin çıktısı tek bir sayılı olmalıdır. Örneğin, seçilen değer en yüksek üyelik dereceli yani kararı maksimize eden olabilir. Eğer üyelik fonksiyonları konveks ve tek değişkenli ise bu daima böyledir. Tamamlanan bulanık mantık denetleyici için tasarım ve uygulama prosedürü şekil 5.5' de gösterilen 5 adımlı prosedüre göre yapılır: [6]

Adım 1. Prosesi Tanımla: Gözlenecek prosesin durumlarını ve düşünülecek aksiyonların denetimini belirleyen giriş ve çıkış değişkenleri tanımlanır.

Adım 2. Üyelik Fonksiyonlarını Tanımla: Bulanık kümeler olarak ifade edilen proses değişkenlerinin gözlemlerinin şeklini belirleyen üyelik fonksiyonları kurulur.

Adım 3. Kural Tabanını Oluştur: Bir kural tabanı veya algoritma, denetleyici girişine uygulanan gözlemleri gerekli bulanık denetim ifadeleriyle ilişkilendiren mantığı sağlamak için formüle edilir.

Adım 4. Hesaplayıcı Birimi Dizayn Et: Proses gözlemlerinden çıkan denetim ifadelerini mantıksal olarak belirlemek için kural tabanını kullanan bir hesaplayıcı birim dizayn edilir. Onun operasyonu bulanık çıktılara önderlik eder.

Adım 5. Aksiyon Arabirimini Tanımla: Bulanık denetim ifadelerini prosesin girişine uygulanan girdi değişkenlerinin tam-kesin değerlerine çevirecek kurallar belirlenir. (Kurallara örnekler; kararı maksimize etmek, maksimum ortalaması, ağırlık merkezi v.s). Seçim özel uygulamaya bağlıdır.

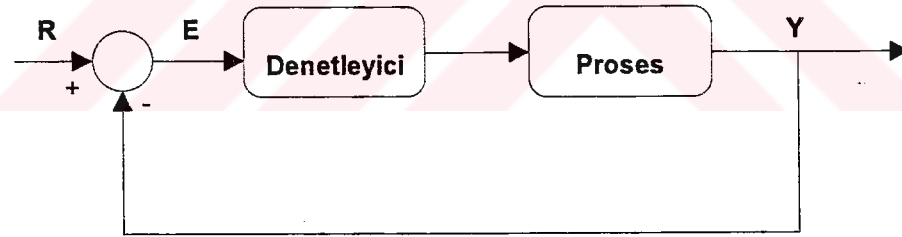
Şuna dikkat etmek gereklidir; denetleyicinin ayarlanması üyelik fonksiyonlarının düzenlenmesinden ziyade kural değiştirmekle yapılır.

5.2.4. Sadece Hatayı Kullanarak Bulanık Denetim

Bu örnek, denetleyicinin bir tek-giriş, tek-çıkış sistem olduğu şekil 5.6' da gösterilen sıralı bir sistemi ele alır. Hata (ölçülen çıktı Y ve onun küme noktası veya giriş değeri R arasındaki farktan kaynaklanan) bulanık mantık denetleyicisine gönderilir ve prosese bir çıktı hesaplanır. Daha önce kullanıldığı gibi mutlak veya artışızsız hata E ile sembolize edilir ve prosese mutlak veya artışızsız denetleyici çıktısı U ile sembolize edilir. Denetleyici çıktısı yalnızca giriş hata sinyaline dayandığından bu denetleyici yapısal olarak sıradan orantılı denetleyicilere benzerdir. U ve E arasında tam-kesin orantılılık değil, sadece bulanık olduğundan bu bulanık orantılı denetim olarak adlandırılacaktır. Bu sistem şekil 5.7' de gösterilmiştir. Denetleyici uygulaması için bilgisayar kullanılacağından bir kesikli zamanlı sistemdir. Bu örneğin amaçları için, proses bir kulomb sürtünme yüklü bir motor olarak farzedilir.



Şekil 5.5. Bulanık Mantık Denetleyicisinin Dizayn ve Uygulamasındaki Adımlar



Şekil 5.6. Girdi R, Çıktı Y, Hata R-Y ve Denetim U Referanslı Denetim Sistemi

Analog hata E_a karşılaştırıcıdan gelen sürekli zamanlı bir sinyaldir ve değerlerin -7.5 dan $+7.5$ 'a kadar olduğunu varsayar. Bu, çıktısı E olan bir analog sayısal (A/D) çeviriciye gider.

$$E = (\text{sgn}E_a)[|E_a| + 0.5], \quad (5.21)$$

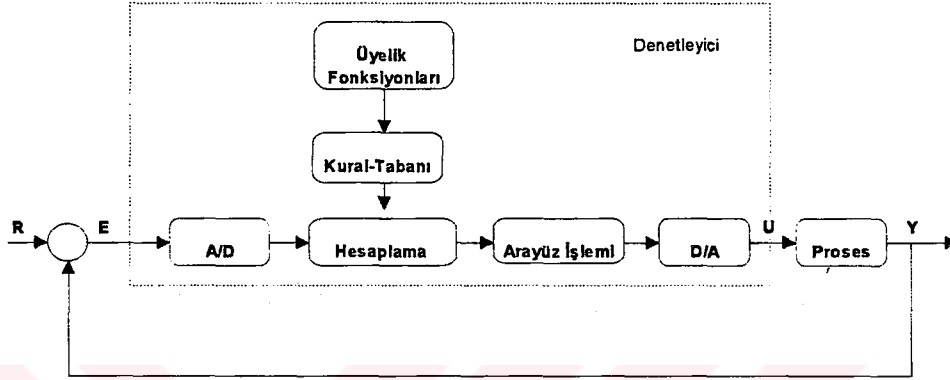
burada,

$|.|$ = 'nın mutlak değeri,

$[.]$ = 'deki en büyük tam sayı,

sgn = signum, veya 'nın işareti.

Pozitif sıfır ve negatif sıfır, özel algoritmanın ihtiyaçlarına bağlı olarak seçilebilir veya seçilmeyebilir. Bu örnekte E artışıdır ve onlar seçilir. Denetleyici çıktısı U, aynı aralık içinde kesikli değerler u_j larde belirlenecektir ve bir dijital analog (D/A) çeviricisiyle analog bir sinyale çevirilecektir. e değişkeni sembolik olarak verilen Tablo 5.2'de e_i , e_a için gösterilen E içinde herhangi bir değer olabilir.



Şekil 5.7. Bulanık Orantılı Denetimi Kullanan Bulanık Mantık Denetim

Tablo 5.2. e_a 'nın Sürekli Değerlerine Uygun Kesikli e_i Değerleri.

I	e_i	e_a
0	-7	$-7.5 < e_a \leq -6.5$
:	:	:
6	-1	$-1.5 < e_a \leq -0.5$
7	-0	$-0.5 < e_a < 0.0$
8	+0	$0.0 < e_a < 0.5$
9	1	$0.5 \leq e_a < 1.5$
10	2	$1.5 \leq e_a < 2.5$
:	:	:
15	7	$6.5 \leq e_a < 7.5$

$$E = \{-7, -6, -5, -4, -3, -2, -1, -0, +0, +1, +2, +3, +4, +5, +6, +7\} \quad (5.22)$$

E ve U bulanık alt kümeleri 8 etiket veya Tablo 5.3.'te gösterilen terimlerle gösterilen değerler olarak farzedilebilir. Her bir bulanık alt küme, verilen değişkenin herbir kesikli değeri ile 0 ve 1 arasındaki üyelik derecesini birleştiren bir üyelik fonksiyonu ile karakterize edilebilir. Bunlar, öznel olarak atanır ve bu örnek için Tablo 5.4'te gösterilmiştir. [6]

Oransal bir denetleyiciyi oldukça kapalı olarak taklit eden denetim aksiyon algoritması aşağıdaki gibidir.

EĞER	$E = PB$	ise O HALDE	$U = PB$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = PO$	ise O HALDE	$U = PO$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = PK$	ise O HALDE	$U = PK$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = PS$	ise O HALDE	$U = PS$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = NS$	ise O HALDE	$U = NS$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = NK$	ise O HALDE	$U = NK$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = NO$	ise O HALDE	$U = NO$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = NB$	ise O HALDE	$U = NB$

Fakat, proses 'yapışma'nın veya culomb sürtünmesi çıkışını göstermek için düşünülürse, denetim aksiyon algoritmasını belirlemek için aşağıdaki şekilde ayarlanabilir.

EĞER	$E = PB$	ise O HALDE	$U = PO$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = PO$	ise O HALDE	$U = PO$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = PK$	ise O HALDE	$U = PO$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = PS$	ise O HALDE	$U = PK$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = NS$	ise O HALDE	$U = NK$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = NK$	ise O HALDE	$U = NO$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = NO$	ise O HALDE	$U = NO$
AKSİ TAKTİRDE EĞER	$E = NB$	ise O HALDE	$U = NO$

Bu kurallar kümesinin mantığı benzer fakat manuel olarak denetlenen bir operatöre sorularak sağlanabilir. Örneğin, çıkan bir anlaşmazlık yoksa "EĞER $E=PO$ ise O HALDE $U=PO$ " ve "EĞER $E=NO$ ise O HALDE $U=NO$ " kuralları uygundur. Fakat benzer bir sürtüşme varsa operatör, E'de ilk önce sıfır hata gözleendiğinde prosese daha yüksek bir U girişi vermekle bu sürtüşmenin üstesinden gelmeye teşebbüs edebilir.

Tablo 5.3. 8 Bulanık Alt Küme Terimlerine Uygun Sembolik Etiketler.

Sembol	Bulanık Alt Küme Terimi
<i>PB</i>	Pozitif Büyük
<i>PO</i>	Pozitif Orta
<i>PK</i>	Pozitif Küçük
<i>PS</i>	Pozitif Sıfır
<i>NS</i>	Negatif Sıfır
<i>NK</i>	Negatif Küçük
<i>NO</i>	Negatif Orta
<i>NB</i>	Negatif Büyük

Tablo 5.4. 8 Bulanık Alt Küme Terimlerine Uygun Özel Olarak Belirlenmiş Üyelik Fonksiyonları.

	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-0	+0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
PB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.4	0.8	1.0
PO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0
PK	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0	0
PS	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	0.8	0.4	0.1	0	0	0	0
NS	0	0	0	0	0.1	0.4	0.8	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
NK	0	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0
NO	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NB	1.0	0.8	0.4	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bu durumda dizayncı "EĞER E=PS ise O HALDE U=PK" ve "EĞER E=NS ise O HALDE U=NK" kuralları, değerlerinin yerine kullanarak sistemi ayarlayabilir. Benzer olarak "EĞER E=PB ise O HALDE U=PO" kuralı, "EĞER E=PB ise O HALDE U=PB" kuralı yerine aşmayı azaltmak için kullanılabilir.

Herbir kuraldaki iki terim için ilişki dizilerini üretmede kartezyen çarpımlar oluşturulmak zorundadır. Bu örnek için 8 dizi olabilir. Fakat ifadeyi kısaltmak için burada sadece pozitif hatalar düşünülür ve sadece 4 dizi gereklidir.

Kartezyen çarpım tanımı kullanılarak ilk 4 kural için ilişki dizileri Tablo 5.5-8.' de gösterilmiştir.

Tablo 5.7. E=PK ve U=PO arasındaki ilişki için üyelik dereceleri dizisi.

	j	8	9	10	11	12	13	14	15
	$f_{PO}(u_j)$	0.0	0.0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0.0
i	$f_{PK}(e_i)$								
8	0.2	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0
9	0.7	0	0	0.2	0.7	0.7	0.7	0.2	0
10	1.0	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0
11	0.7	0	0	0.2	0.7	0.7	0.7	0.2	0
12	0.2	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0
13	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tablo 5.8. E=PS ve U=PK arasındaki ilişki için üyelik dereceleri dizisi.

	j	8	9	10	11	12	13	14	15
	$f_{PK}(u_j)$	0.0	0.0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0.0
i	$f_{PS}(e_i)$								
8	1.0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0	0
9	0.8	0.2	0.7	0.8	0.7	0.2	0	0	0
10	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0	0	0
11	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0
12	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0.0	0	0	0	0	1	0	0	0

Sonra, ilişki dizileri ve E'nin EV değerlerinden sonra bileşim çıkarım kuralı kullanılarak U değeri elde edilir. Örneğin, eğer PS, E'nin değeri ve R "EĞER E=PS ise O HALDE U=PK" ilişki dizisi ise o halde,

$$U = E \circ R \quad (5.23)$$

$$= [1.0 \ 0.8 \ 0.4 \ 0.1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \circ \begin{bmatrix} 0.2 & 0.7 & 1.0 & 0.2 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.7 & 0.8 & 0.7 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5.24)$$

$$= [0.2 \ 0.7 \ 1.0 \ 0.7 \ 0.2 \ 0 \ 0 \ 0] \quad (5.25)$$

sadece R'nin elemanları, U değerlerinin elemanları ve pozitif hatalara uygun E gösterilir, yani, i ve j indisleri 8 den 15'e kadar icra edilir.

Bu örnek denetim sisteminde E tek bir tam-kesin sayı olmalıdır, bulanık bir küme değil. Bu, PS = +0'ın [1 0 0 0 0 0 0 0] tarafından gösterilebileceği anlamına gelir. E'nin bu değeri ve Tablo.8'den R'nin değeri belirlendikten sonra, uygun U değeri şöyle bulunur.

$$U = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \circ R \quad (5.26)$$

$$= [0.2 \ 0.7 \ 1.0 \ 0.7 \ 0.2 \ 0 \ 0 \ 0] \quad (5.27)$$

aynı E için, fakat "EĞER E=PK ise O HALDE U=PO" kuralı için ilişki dizisi kullanılarak;

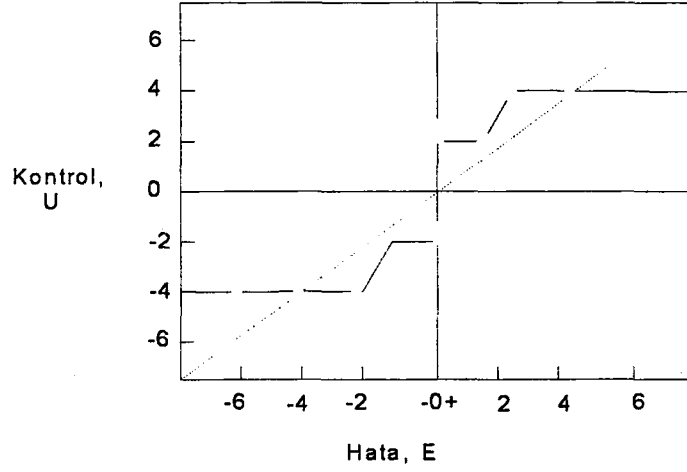
$$U = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0] \circ R \quad (5.28)$$

$$= [0 \ 0 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.2 \ 0.2 \ 0] \quad (5.29)$$

Pozitif hataları içeren diğer iki kuralı kullanıldığında U değeri sıfırdır. Birleşim veya max operatörünün ELSE (AKSİ TAKTİRDE) ile bağlanmış kuralları birleştirdiğini hatırlayalım. 5.27 ve 5.29 denklemlerinden U'nun bu iki ilk değerinin birleşimi [0.2 0.7 1.0 0.7 0.2 0.2 0.2 0] dir. Üyeliğin en yüksek derecesi $f_u(u_{10})=1.0$ dir. Tablo 2.'den $j=10$ nun $u=2$ ye uygun olacağı görülür. Böylece D/A çeviricisi prosese $u_j=2$ ' yi gönderir. Tablo 9. E'nin diğer 7 pozitif değeri için çıktı sinyallerini içerir. Tabloda gösterilenler, birleşim yapılmadan önceki her bir kural için çıktı satırlarıdır. Denetim aksiyonu U bir boyutlu karar dizisi $U:[2 \ 2 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4]$ olarak gösterilebilir.

Tablo 5.9' da E'nin her bir değeri için U'nun tek bir değeri olduğuna dikkat edelim. Böylece E=1 için U=2 ve E=2 için U=4 vs. Buradan, Tablo 10. da sıralanan tek boyutlu bir karar dizisinin oluşturulacağına mümkün olduğu açıktır. Onun karar

dizisini tayin eden $[-4, \dots, 4]$ satırı olduğuna dikkat edin ve i satırları sadece açıklık getirmek için gösterilmiş etiketlerdir. Bulanık proses denetleyici için E "kazanç" karakteristiğine karşı uygun U Şekil 5.8.' de gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Bulanık Oransal Denetleyiciler için "Kazanç" Karakteristiği

Tek-girişli, tek-çıkışlı bir sistem için ilişki dizisinin büyüklüğüne bağlı olarak çok büyük miktarda bir bilgisayar depolamaya gerek olabileceğini söylemek önemlidir. Alternatifler, algoritmayı birebir işlenen bir kurallar kümesi olarak depolamak veya denetleyici işleme sokulmadan önce denetim kurallarından karar dizisini önceden hesaplamaktır.

Tablo 5.9. E'nin pozitif değerleri için U çıktı değerleri.

E	KURAL											
+0	PS	→	PK	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	0	0	2
	PK	→	PO	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	
1	PS	→	PK	0.2	0.7	0.8	0.7	0.2	0	0	0	2
	PK	→	PO	0	0	0.2	0.7	0.7	0.7	0.2	0	
2	PS	→	PK	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0	0	0	
	PK	→	PO	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	4
	PO	→	PO	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0	
3	PS	→	PK	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0	0	
	PK	→	PO	0	0	0.2	0.7	0.7	0.7	0.2	0	4
	PO	→	PO	0	0	0.2	0.7	0.7	0.7	0.2	0	
4	PK	→	PO	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
	PO	→	PO	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	4
	PB	→	PO	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	
5	PO	→	PO	0	0	0.2	0.7	0.7	0.7	0.2	0	4
	PB	→	PO	0	0	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0	
6	PO	→	PO	0	0	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0	
	PB	→	PO	0	0	0.2	0.7	0.8	0.7	0.2	0	4
7	PB	→	PO	0	0	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	0	4

Tablo 5.10. E'nin bütün değerleri için U çıktı sinyalleri.

E_i	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	-0	+0	1	2	3	4	5	6	7
i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
U_i	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-2	-2	2	2	4	4	4	4	4	4

5.2.5. Denetleyici Algoritması İçin Gerekli Uzantılar

Yukardaki örnek, endüstriyel uygulamalarda Bulanık Mantık Denetleyicinin oldukça yaygın uygulamanın göstericisi değil son derece basit bir tanedir. Tek-girdili, tek-çıkıtlı proseslerde bile (bir denetim tanımından) denetleyici genellikle iki giriş kullanarak modellenir. Bu sıradan bir denetleyiciye integral aksiyonu eklemek için yapılır. Denetleyici çıktısının mutlak veya artışı değer olup olmamasına bağlı olarak ayarlanabilen bir algoritma olarak iki yol vardır. Örnek olarak, eğer denetleyici çıktısı

artan bir değer ise, hataların kümülatif toplamı SE korunarak integral aksiyonu eklenebilir. E kesikli olduğunda SE, E'nin kümülatif toplamı olduğunda, tipik bir kural "EĞER E=EV, ise EĞER SE=SEV, ise U=UV" olabilir. Eğer kurallar sadece hataların kümülatif toplamı kullanılarak formüle ediliyorsa sadece integral aksiyonun modellenebileceğine dikkat ediniz. Tablo 5.11., çıktı artışı olduğunda bir bulanık orantılı, bir bulanık integral ve bir bulanık orantılı integral denetleyici uygulamak için gerekli girdileri gösterir.

Yaygın tecrübe, operatörlerin mutlak hatanınkinden daha ziyade hata veya artışlı hatadaki değişikliklere cevap verdiği ve gözlediğidir. Benzer olarak, prosesin operatör tarafından herbir proses girdisi ayarlaması, mevcut proses denetim girdisinden çıkarılan veya eklenen bir artış değişimidir. Eğer denetleyici çıktısı artışlı bir değer ise, CE denetleyici olmak üzere, bir FP denetleyicisi hatadaki değişimi kullanabilir. "Eğer E=EV ise Eğer CE=CEV ise o halde U=UV" formundaki kurallar, şimdiki E hatası ve CE hatasındaki değişikliğin denetleyici girdileri olduğu bulanık orantılı integral sağlar. Tablo 12., çıktı artışlı bir değer olduğunda bu denetleyici girdi kombinasyonlarını gösterir. Tablo 5.11 ve 12' deki iki girdi durumunun üç boyutlu bir ilişki dizisi üreteceğine dikkat ediniz. Tek boyutlu karar dizisi yerine iki boyutlu karar dizisi belirlenebilir.

Tablo 5.11. Çıktı artışı olduğunda bir bulanık oransal (FP), bir bulanık integral (FI) ve bir bulanık oransal integral (FPI) denetleyici uygulamak için gerekli girdiler.

SE	E	DENETİM
	x	FP
x		FI
x	x	FPI

Tablo 5.12. Çıktı artışı olduğunda bir bulanık orantılı, bir bulanık integral ve bir bulanık orantılı integral denetleyici uygulamak için gerekli girdiler.

SE	E	DENETİM
	x	FP
x		FI
x	x	FPI

Çok-girdili ve çok-çıkıtlı sistemler her bir döngü için bir algoritma yazmakla denetlenebilir. Etkileşimli döngüler tüm grup tarafından tanımlanan (gösterilen) komplikasyonları gösterir.

Daha sonraki seviyesi adapte edilebilir veya kendi kendine organize eden denetleyiciye atfedilen dizayndır. Proses operasyonundaki değişikliklerle denetim algoritması değişir. Denetim komutlarını kullanırken çevreyi gözlediğinden ve gelecek denetim aksiyonlarını geliştirmek için bu sonuçları kullandığından tanımlama ve denetim kabiliyetlerinin her ikisini birleştirir. Bu kuralları düzenlemekle elde edilir.

İlk önce istenen kapalı döngü cevabı olan bir performans ölçütü tanımlanır. Her bir proses çıktısıyla ilişkideki denetleyici performansı gerçek ve istenen cevaplar karşılaştırılarak belirlenir. Cevap, hata ve hatadaki değişiklik ile görüntülenebilir. Bir performans ölçüt karar dizisi, herbir örnekleme anındaki istenen denetleyici çıktı eğrisinden sapmayı hesaplar.

Giriş düzeltmeleri veya kural düzenlemeleri yapmak ve denetleyici çıktı sapmalarını kullanmak için bir proses modeli gereklidir. Bu model sadece artan olmaya ve çıktı değişiklikleri ve girdi değişiklikleri ilişkisine gerek duyar. Bu model, denetleyici çıktı düzeltmeleri ile uygun denetleyici girdi düzeltmelerini hesaplamak için kullanılabilir. Artışlı modelin çok basit olabileceğine dikkat edilmelidir. Böyle bir kolaylık uygun fiyata satın alınabilir. Düzeltme prosesinde daha fazla adımlar yapılacaktır. Sistem zamanı, hangi giriş örneğinin hesaplanan takviye veya düzeltmeyi elde edeceğini belirlemek için gecikir. Hesaplamalar yapıldıktan sonra, kurallar düzenlenmelidir. Procyk ve Mamdani yaklaşımında bu, eski bir kuralı silip onu yeni kurallarla (FPI durumunda) değiştirmekle yapılır.

5.2.6. İmalat ve Endüstri Mühendisliğine Uygulamalar

BMK'nın takım tezgahı denetimine uygulamalarının raporları Zhu'nun çalışmasıyla başladı. Bu çalışma, taşlama için bir bulanık mantık denetleyicisi üretti. Tek-girdi tek-çıkıtlı döngü, besleme hızını değiştirerek yüzey işlemeyi denetledi. Simülasyon sonuçları, denetleyicinin dengeli olduğunu ve sadece %5 izafi hata ile %20-30 küme nokta değişikliklerini takip edebileceğini gösterdi.

Sakkai ve Okhuza BMK'nin tornalama uygulamasını incelemiştir. Onlar bir kesme şartı uzayı ve bir kesme durum uzayı farzederler. Kesme şartı uzayı hız, besleme ve kesme derinliğini içerir. Önerilen kesme durum uzayı, talaş boyunu denetlemek, çatırdama ve

takım kırılmasına karşı korumak için tanımlanır. Kesme şartı uzayından kesme durum uzayına (en azından yerel bir bölgede) kadar analitik bir planlama olduğu farzedilerek bulanık denetim ifadelerinin hesabı için bir başlangıç çatısı elde edilir. Sakai ve Okhuza tarafından bulanık denetim ifadeleri hesabı için önerilen çatı ilk önce kural tabanı yapılandırma alanına düşer. Fakat, onlar ayrıca, talaş uzunluğu, besleme hızı, ve kesme hızı için üyelik fonksiyonlarını veren, talaş boyu uzunluğuna cevapta hız ve beslemeyi ayarlamak için kurallara sahip olan bir örnek önermişlerdir.

Son yıllarda, Dubois, kesme şartları optimizasyonu için bulanık aritmetiği tek bir tezgahta kullandı ve bu sonuçları senkronize bir transfer hattına genişletti. [6]



BÖLÜM 6. TRAFİK SİSTEMİNİN DENETİMİNDE BULANIK MANTIK

6.1. Trafik Denetim Metotları

İki trafik denetim metodu vardır. Birincisi, ışıkları değiştirmek için devir zamanını (yeşilden yeşile) ön düzenlemede kullanılır. Diğeri, devir zamanında veya ışıklardaki değişikliği harekete geçiren yakın duyarlı algılayıcılarla devir zamanının ön ayarlamayı birleştirir. Yeşil ışıkların düzenli devrine ihtiyaç duyulmayan, nisbeten az gidilen cadde olayında (kalabalık olmayan caddelerde) arabaların mevcut olduğu ışıktaki değişimi harekete geçirecektir. Bu tip denetim, kavşaktaki trafik akış modeline ait bazı ön bilgiye bağlı olup öyleki işaret devir zamanları, yakınlık sensorlerin yerleri kavşak için belirlenebilir. Bir kavşakta trafik akış biçiminin daha geniş dizisine, denetlenebilen bulanık mantık denetimi klasik denetime alternatiftir. Bulanık kontrol edilmiş trafik ışık lambası yalnızca arabaların varlığına işaret eden proximity (yakınlık) sensorler yerine arabaları sayan sensörleri kullanır. Bu kavşaktaki yolların trafik yoğunluğuyla denetimi sağlar ve trafik akış biçiminin değişimine ait daha iyi bir değerlendirmeye izin verir. Trafik dalgalanma dağılımları olarak Bulanık denetleyici işaret ışıklarını değiştirebilir. [7]

6.2. Araç Hareketi

Benzetim probleminin can alıcı noktası, gerçeği yansıtan trafik akışının modelidir ve özellikle araçların hareketi bir diğerine izafi (görelî) dir. Fiziksel denklemler önde olan veya yol gösterici otomobile bağlı bir sonraki otomobilin hareketini tanımlar. Ard arda iki otomobilin pozisyon ve hızının ivmesini tanımlar. Bu denklem Haight-Montrol ve Moris tarafından sunulan trafik akış teorisinden gelen zaman gecikmeli diferansiyel denklemdir. 2 ve 3 nolu denklemler, nesnenin ivmesine bağlı bir nesnenin pozisyon (konum) ve hızı için standard klasik fiziksel denklemlerdir. [7]

$v(t)$, $x(t)$ sırasıyla hız ve pozisyonu tanımlar, t de arabanın t zamanındaki hız ve pozisyonunu gösterir. $v'(t)$, $x'(t)$ öndeki arabanın hız ve pozisyonunu gösterir. τ sürücü reaksiyon zamanı ve V_{serbest} otomobilin serbest hızıdır (otomobilin, diğer otomobillerin müdahalesi olmaksızın gidebileceği hızıdır).

$$a(t + \tau) = 4v(t) \frac{(v(t) - v'(t))}{(x(t) - x'(t))^2} + 0.2(V_{\text{ser}} - v(t)) \quad (6.1)$$

$$v(t) = v(t - 1) + a(t)dt \quad (6.2)$$

$$x(t) = x(t - 1) + v(t)dt + \frac{1}{2}a(t)dt^2 \quad (6.3)$$

Her otomobilin serbest hızı yolda konulan hız limitinin ortalamasıyla normal dağılımdan gelen rassal bir kümedir. Gerçekte gözlemlendiği gibi bu da hız limitinde sürülen otomobillerin ve hız limitinden daha hızlı, daha yavaş sürülen otomobillerin teminini sağlar. sürücü reaksiyon zamanı (τ), sürücü herhangi bir bozucu gördüğünde beyni prosesi işlediğinde ve sürücü uygun bir fiil gösterdiğinde genişletilen zamandır. Bu zaman bir veya bir buçuk saniyedir.

6.3. Girdi

Program icra edildiğinde girdi kütüğünden gelen seçilebilen mod ve şekil girdilerinin değişimine sahiptir. Bu girdiler trafik işaretlerini denetlemek için kullanılan (grafik veya yığın kütüğünü kullanan) akış hızları, dönen arabaların sayısı, benzetim zamanının ne kadar çalıştırılacağını gösteren denetleyici tipine sahiptir. Otomobillerin saatteki akış hızı ayrı ayrı dört yol için belirlenir. Bu parametre hem tek değerli (otomobil/saat) hem de akış-zaman çifti serisi olabilir. Eğer tek bir zaman verilirse akış süresi bütün benzetim boyunca kullanılır. Otomobiller gerçekten türetilir belirli akış hızı elde etmek için rassal olarak benzetime dahil edilir. Fakat akış tipi oluşturmak veya otomobillerin dağılımını oluşturmak düzgün olmayan bir yapıdır. Akış-zaman çifti, benzetim süresince belirli zamanlardaki akış zamanını verir. Benzetim, akışlar arasındaki düzgün geçişi temin için bu çiftler arasında enterpolasyon yapar. Akış-zaman çifti girdileri bütün gün boyunca veya belirli bir zaman boyunca verilen kavşaktaki denetleyicinin nasıl fonksiyonunu yerine getireceğinde kullanılır. Önceki

girdi kütüğünün akış-zaman çifti ve tek değerler için kullanılmak üzere ek.A' da verilmiştir. [7]

6.4. İşlem Modu

Benzetim iki faaliyet moduna sahiptir. Grafik modu, ölçekli grafik çevresini gösterir, yığın modu grafiksiz çalışır. Grafik modu kavşağa giden ve gelen yollardaki otomobillerin hareketini yansıtır. Bu mod aynı zamanda trafik çevresi ortamı boyunca hareket eden otomobiller hakkında istatistiksel bilgi verir. Bunlar akış hızını (otomobil/saat) ortalama bekleme zamanı ve ortalama sürüş zamanını kapsar. Ortalama bekleme zamanı, saniye olarak bütün otomobillerin benzetimde sıfır hız ortalama zamandır. Ortalama sürüş zamanı benzetimin icrası boyunca sıfırdan daha büyük hız harcayan (benzetimi tamamlayan) bütün otomobillerin ortalama zamanıdır.

Ek olarak, grafik benzetimi bulanık denetleyici versiyonu bulanık kuralların oluşturulduğu girdilerin herbirine ait üyelik derecesinin ve bulanık kurallar dizisini gösteren ani pencerelere sahiptir. Bu bilgi bulanık denetleyicinin çalışmasına ait bir bakış sağlar. Grafik modu etkileşimli değişebilen girdi kütüğündeki belirli girdi kümesinin varlığına izin verir. Bu girdiler her doğrultudaki trafik akış hızını ve ışıkların devir devir zamanı uzunluğunu kapsar. Grafik oluşturmada, masraflarına göre yığın modu, grafik modundan 10 misli daha fazla hızlı çalışabilir. Bu da 3 farklı denetleyici için farklı trafik modelini kullanan testlerin çalıştırılmasında yığın modunu ideal kılar.

6.5. Değerlendirme Fonksiyonu

Benzetim tarafından türetilen istatistikler, klasik denetleyicilere karşı bulanık denetleyicilerin performansını değerlendirmede bir araç olarak maliyet fonksiyonunu hesaplamak için kullanılır. Bek_{ort} (ortalama bekleme zamanı), $Sür_{ort}$ (ortalama sürüş zamanı), $Oto_{dış}$, $Oto_{iç}$ (sırasıyla, trafik ortamında mevcut oto sayısı ve trafik çevresine giren oto sayısı). k 100'e eşit ve bir sabittir. Maliyet fonksiyonu ne kadar azaltılırsa performans o kadar iyileşir. Maliyet formülü; [7]

$$\text{maliyet} = \frac{\text{Bek}_{\text{ort}}}{k \left(\frac{\text{Oto}_{\text{dış}}}{\text{Oto}_{\text{iç}}} \right) \text{Sür}_{\text{ort}}} \quad (6.4)$$

şeklindedir.

6.6. Bulanık Denetleyici

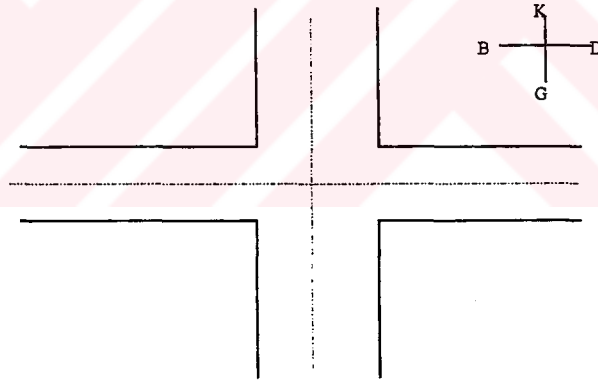
Bulanık bir denetleyici, kavşak şekil 6.1' de de görüldüğü gibi pusulanın her yönünde, kavşağa giden ve gelen yollara sahiptir. Bulanık mantık denetleyicisi, Tokai Infra Logics Fuzzy C derleyisi kullanarak geliştirildi. Bulanık C derleyici girdi olarak bulanık kaynak kod kütüğünü kabul eder ve C kaynak kodunun bir modülüne bu kütüğü derler. Bulanık kaynak kodu, bulanık denetleyiciden gelen çıktı ve ona giden her girdiyi tanımlayan tabii dile benzer ve bulanık üyelik fonksiyonu bu girdi ve çıktılarından meydana gelir. Tabii dille tanımlanan girdilerin, çıktılarına kombinasyonunu haritalayan bulanık kural tabanıdır. Örnek bir bulanık kaynak kod kütüğü ek-B'de verilmiştir. C kaynak kodu, C derleyici tarafından türetilmiş ve C programı ile derlenebilir.

6.7. Girdi/Çıktı Üyelik Fonksiyonu

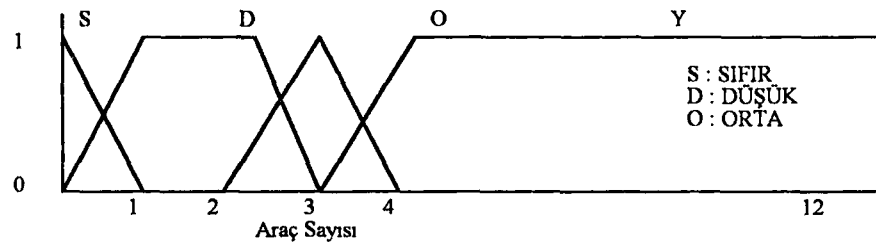
Bulanık denetleyiciye ait üç girdi vardır. Yeşil ışıkların arkasındaki trafiğin ortalama yoğunluğu, kırmızı ışıkların arkasındaki trafiğin ortalama yoğunluğu ve mevcut devir zamanının uzunluğu. Yeşil ve kırmızı ışıklardaki trafik yoğunluğunu belirleyen 4 üyelik fonksiyonu vardır. Bu fonksiyonlar, *sıfır*, *düşük*, *orta* ve *yüksek* olarak işaretlenmiştir. Yeşil ve kırmızı yoğunluklar için üyelik fonksiyonu, otomobillerin yoğunlukları iki durumda farklı olacağından farklı olmaları gerekir. Kırmızı ışıkta duran otomobiller yeşil ışıktan geçen otomobillerin sayısına yakındır. Bunun için kırmızı ışıktaki otomobillerin yoğunluğu yeşilde hareket eden otomobillerden daha yüksektir. Bu detay, benzetimin grafik ekranında gözlenirken fiili olarak anlaşılır.

Bulanık mantık denetleyicilerin ilk versiyonunda, yeşil ve kırmızı ışıklar için aynı üyelik fonksiyonu kullanıldı. Üçüncü girdi olan fiili devir zamanı, saniyelerle ifade edilen 3 üyelik fonksiyonuna sahiptir. Bu fonksiyonlar, *kısa*, *orta* ve *uzun*' dur. Yoğunluklar, iki sensör tarafından yolda elde edilmiştir. Bu sensörlerden biri, kavşakta diğeri ise kavşağa 50 metre kala yerleştirilir. Öndeki sensör, sayacı azaltırken, kavşaktaki de her geçen zaman diliminde geçen araba sayısı ile orantılı olarak sayacı birer birer artırır. Bu yolla 50 metre ilerdeki yeşil ışıktan kavşağa kadar olan mesafede mevcut olan arabaların sayısı elde edilir. [7]

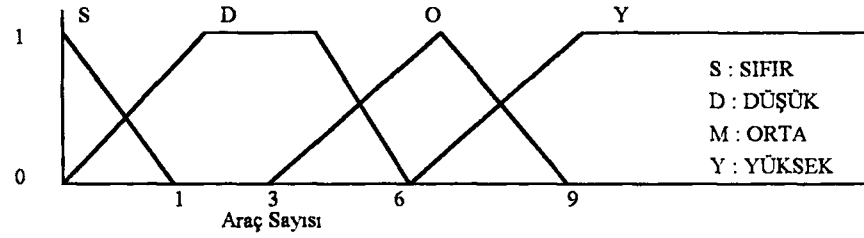
Bu durum, kırmızı ışıkta yerleştirilen sensöre sahip klasik denetimin zıttına ve ışıkta bekleyen mevcut arabaları ölçebilme durumuna, yani kaç tane araba bekliyor durumuna zıttır. değişim için üyelik fonksiyonları, hayır, belki hayır, olabilir, belki evet ve evet dirlir. Bu fonksiyonlar, ikili değerlere ait değerler derecesini temsil eder. 1 evet 0 hayır şeklinde.



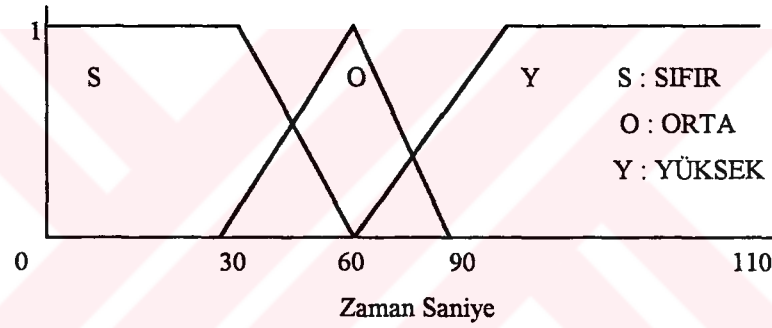
Şekil 6.1. Trafik Işığı Kavşağı.



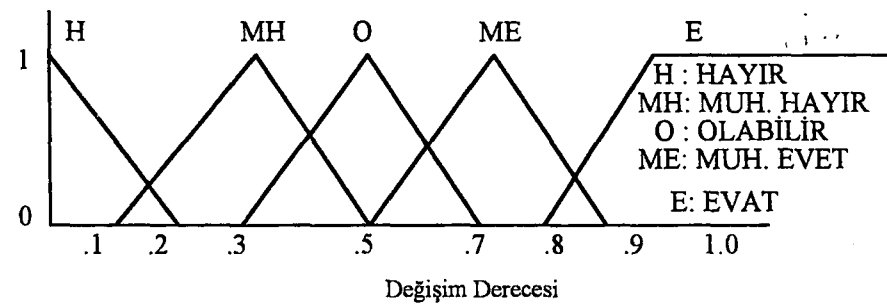
Şekil 6.2. Yeşil Işık İçin Üyelik Fonksiyonları



Şekil 6.3. Kırmızı Işık İçin Üyelik Fonksiyonları



Şekil 6.4. Zaman İçin Üyelik Fonksiyonları.



Şekil 6.5. Kavşakta oluşan durum değişikliğinin üyelik fonksiyonu

BÖLÜM 7 KAVŞAKLARDA TRAFİK AKIŞ DENETİMİNİN UYGULAMASI

7.1 Giriş

Trafik genel olarak, taşıtlar ve yayalar olmak üzere iki temel akıştan oluşur. Bu akışlar, çeşitli nedenlerle birbirlerini keser ve denetlenmediğinde süre kaybına neden olan bir karmaşa doğururlar. Bu düzensizliği çözümenin en etkin yöntemlerinden birisi *trafik ışıkları* kullanmaktır. Trafik ışıkları, her ne kadar kargaşayı önleseler de iyi düzenlenmedikleri zaman her iki tip akışta birikmelere yol açan gereksiz duraklamalar oluşur. Özetle, trafik ışıkları kullanmak uygundur, ancak ışıkların yol açtıkları bekleme kayıplarını en aza indirmek için bir çizelgeleme yapılması, en iyi kırmızı ve yeşil yanma sürelerinin, başka bir deyişle *çevrim sürelerinin*, bulunması gerekir.

Işıklar ile düzenlenen kavşaklardaki trafik akışının matematiksel tanımı uzun süreden beri araştırmacıların ilgisini çeken bir konudur. Bu amaçla sayısız model geliştirilmiş ve bunları çözmek için daha çok eniyileme tabanlı olan, bilgisayarlı yöntemler önerilmiştir. Bunlar içinde birleşik eniyileme tekniklerini kullananlar, karma tamsayılı programlama kullananlar ve sistem dinamiği yaklaşımını uygulayanlar sayılabilir.

Kavşaklardaki trafiğin denetimi için önerilen yöntemler iki ana küme halinde toplanabilir. Bunlardan ilkinin oluşturanlar, sinyal döngü sürelerini sabit tutup yeşil ışık sürelerini eniyilemeyi amaçlayan, normal ve doymuş akışların bilindiğini varsayan modellerdir. İkinci kümeyi oluşturan modellerde de, yollardaki normal ve doymuş akışların bilindiği varsayılır ve en iyi yeşil yanma süreleri hesaplanır. Ancak bu süreler bulunurken farklı olarak kavşağı oluşturan akışlardaki kesişmeler ve uyumlar da gözönüne alınır.

Tüm bu modeller kullanılarak hem kuramsal, hem de uygulanabilir sonuçlar elde edilmiştir. Ne var ki problemin karmaşık yapısı, bu sonuçların ancak basit kavşaklar için elde edilmesine imkan tanımıştır. Özellikle değişik yönlerden gelen birçok trafik

akışının kesiştiği yerlerde bu modellerden birisini doğrudan kullanmak olası olmamaktadır. Ayrıca bu modellerin hepsi de taşıtları gözönünde bulundururlar ve taşıt trafiğinin kesişmesine göre kavşağı düzenlemeye çalışırlar.

Bu çalışma, Adapazarı Atatürk Bulvarındaki trafik ışıklarının yeşil ve kırmızı sürelerini bulvardaki ışıklar arkasında oluşan taşıt birikimini en küçükleyecek şekilde bulmayı amaçlar ve bu çalışmada bulanık denetimin kullanılmasındaki amaç, trafik denetiminde bulanık mantığın kullanılmasının diğer klasik ve matematiksel algoritmalarından oluşan denetim sistemlerine kıyasla belli bir zaman aralığında trafik akış hızının ve maliyet açısından performansın daha iyi sonuçlar vermesinden kaynaklanmaktadır.

Klasik metodların çoğunda, kavşaklardaki trafik denetimi istatistiki verilere dayanarak ışık sürelerini belirleyip değiştirmeye giderken, bulanık denetim ise kavşağa giren araçların sayısını belirleyip buna göre sinyali değiştirmektedir. Bu ise değişken trafik yoğunlukları durumunda daha iyi sonuçlar almasını sağlar.

Bu çalışmada elde edilen gözlem verileri Tablo 7.1' den Tablo 7.5'e kadar sabah saat 7.30-8.30 zaman diliminde ve Tablo 7.6'dan Tablo 7.10'a kadarki gözlem verileri ise akşam 7.30-8.30 zaman diliminde Kırmızı Işıқта Bekleyen ve Yeşil Işıқта Geçen araç sayıları ile ilgili gerçek gözlem verilerini göstermektedir.

Trafik akış sisteminin bulanık mantıkla denetiminin yapıldığı konum Ek A, Ek B ve Ek C de gösterilen Adapazarı Atatürk Bulvarındaki kavşaklardır. Sistemin komplike bir yapıya sahip oluşundan dolayı, Ek B' de gösterilen kavşakta uygulamanın gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür. Işıklar aşağıda gösterildiği gibi numaralanmıştır:

1. Nolu Işık: Çark Caddesi Girişi,
2. Nolu Işık: Çark caddesi ve Belediyeden Bulvara Giriş,
3. Nolu Işık: Belediyeden Caddesinden Giriş,
4. Nolu Işık: Bulvardan Bankalar Caddesine Giriş,
5. Nolu Işık: Ankara Caddesinden Bulvara Giriş.

7.2. Gözlemler Sonucunda Elde Edilen Araç Sayıları

Tablo 7.1 1 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı.

K=6	K=14	K=8	K=12	K=7	K=11
Y=16	Y=30	Y=16	Y=21	Y=10	Y=20
K=10	K=10	K=11	K=9	K=8	K=7
Y=15	Y=21	Y=22	Y=16	Y=15	Y=12
K=10	K=5	K=6	K=5	K=9	K=9
Y=16	Y=15	Y=19	Y=15	Y=14	Y=19
K=5	K=5	K=9	K=7	K=5	K=8
Y=16	Y=15	Y=19	Y=15	Y=14	Y=19
K=9	K=5	K=5	K=9	K=11	K=14
Y=15	Y=10	Y=14	Y=14	Y=17	Y=18
K=6	K=5	K=8	K=7	K=5	K=5
Y=15	Y=16	Y=14	Y=15	Y=15	Y=12

Tablo 7.2. 2 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı.

K=17	K=8	K=10	K=8	K=9	K=11
Y=30	Y=15	Y=16	Y=20	Y=16	Y=14
K=11	K=6	K=14	K=11	K=6	K=12
Y=23	Y=17	Y=28	Y=27	Y=16	Y=29
K=12	K=10	K=8	K=13	K=6	K=9
Y=26	Y=23	Y=18	Y=25	Y=18	Y=24
K=10	K=12	K=9	K=7	K=11	K=8
Y=33	Y=29	Y=24	Y=22	Y=17	Y=19
K=5	K=8	K=7	K=7	K=5	K=12
Y=12	Y=14	Y=14	Y=20	Y=14	Y=22
K=11	K=14	K=10	K=5	K=11	K=9
Y=19	Y=21	Y=20	Y=21	Y=17	Y=19

Tablo 7.3 3 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı

K=7	K=8	K=7	K=9	K=5	K=7
Y=14	Y=22	Y=19	Y=19	Y=20	Y=17
K=11	K=9	K=12	K=6	K=10	K=11
Y=21	Y=17	Y=29	Y=13	Y=18	Y=28
K=8	K=7	K=9	K=10	K=10	K=9
Y=19	Y=17	Y=18	Y=24	Y=19	Y=20
K=11	K=12	K=6	K=7	K=11	K=7
Y=25	Y=17	Y=16	Y=17	Y=14	Y=19
K=13	K=11	K=9	K=7	K=6	K=8
Y=23	Y=28	Y=18	Y=22	Y=21	Y=15
K=8	K=10	K=14	K=11	K=9	K=8
Y=16	Y=21	Y=31	Y=25	Y=19	Y=15

Tablo 7.4 4 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı

K=13	K=12	K=11	K=6	K=8	K=15
Y=22	Y=24	Y=22	Y=15	Y=17	Y=19
K=8	K=6	K=9	K=5	K=8	K=12
Y=14	Y=16	Y=15	Y=11	Y=13	Y=16
K=10	K=4	K=8	K=13	K=7	K=10
Y=17	Y=13	Y=15	Y=21	Y=15	Y=15
K=13	K=15	K=13	K=10	K=5	K=4
Y=19	Y=22	Y=22	Y=18	Y=17	Y=15
K=8	K=14	K=10	K=9	K=6	K=13
Y=15	Y=23	Y=18	Y=13	Y=17	Y=27
K=12	K=8	K=5	K=7	K=11	K=13
Y=15	Y=12	Y=11	Y=18	Y=21	Y=18

Tablo 7.5 5 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı .

K=13	K=9	K=8	K=5	K=7	K=16
Y=16	Y=20	Y=17	Y=13	Y=17	Y=19
K=7	K=5	K=10	K=7	K=9	K=14
Y=15	Y=17	Y=16	Y=12	Y=19	Y=18
K=11	K=5	K=9	K=14	K=8	K=10
Y=16	Y=17	Y=14	Y=20	Y=16	Y=18
K=10	K=11	K=12	K=8	K=6	K=7
Y=16	Y=20	Y=19	Y=17	Y=15	Y=14
K=7	K=12	K=9	K=8	K=14	K=8
Y=12	Y=21	Y=12	Y=15	Y=20	Y=15
K=11	K=8	K=6	K=7	K=10	K=6
Y=17	Y=10	Y=17	Y=19	Y=14	Y=13

Tablo 7.6 1 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı .

K=7	K=5	K=6	K=8	K=4	K=6
Y=14	Y=12	Y=17	Y=13	Y=15	Y=15
K=11	K=9	K=14	K=9	K=8	K=8
Y=16	Y=10	Y=18	Y=17	Y=10	Y=16
K=8	K=5	K=7	K=9	K=5	K=4
Y=17	Y=15	Y=16	Y=20	Y=14	Y=16
K=9	K=8	K=4	K=5	K=5	K=10
Y=11	Y=11	Y=10	Y=17	Y=17	Y=21
K=6	K=7	K=9	K=11	K=8	K=9
Y=11	Y=14	Y=19	Y=23	Y=19	Y=13
K=10	K=6	K=11	K=7	K=13	K=5
Y=19	Y=9	Y=20	Y=15	Y=29	Y=15

Tablo 7.7 2 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı .

K=9	K=10	K=9	K=10	K=13	K=11
Y=17	Y=14	Y=19	Y=17	Y=20	Y=18
K=12	K=8	K=7	K=6	K=8	K=5
Y=19	Y=16	Y=16	Y=13	Y=12	Y=11
K=7	K=10	K=6	K=8	K=11	K=9
Y=12	Y=15	Y=19	Y=22	Y=28	Y=31
K=9	K=6	K=12	K=7	K=9	K=12
Y=18	Y=13	Y=28	Y=18	Y=22	Y=27
K=13	K=8	K=11	K=13	K=5	K=10
Y=28	Y=17	Y=27	Y=29	Y=15	Y=24
K=11	K=8	K=8	K=9	K=4	K=17
Y=23	Y=17	Y=17	Y=15	Y=13	Y=31

Tablo 7.8 3 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı .

K=7	K=8	K=11	K=13	K=10	K=8
Y=17	Y=20	Y=27	Y=30	Y=22	Y=17
K=9	K=7	K=6	K=8	K=11	K=12
Y=19	Y=17	Y=21	Y=18	Y=27	Y=22
K=6	K=11	K=7	K=5	K=12	K=10
Y=18	Y=23	Y=15	Y=16	Y=15	Y=25
K=8	K=9	K=10	K=9	K=6	K=7
Y=19	Y=17	Y=25	Y=17	Y=17	Y=17
K=11	K=10	K=6	K=11	K=8	K=10
Y=29	Y=19	Y=9	Y=28	Y=17	Y=21
K=5	K=4	K=8	K=6	K=7	K=6
Y=15	Y=19	Y=17	Y=19	Y=21	Y=13

Tablo 7.9 4 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı .

K = 14	K = 12	K = 8	K = 7	K = 10	K = 13
Y = 19	Y = 22	Y = 19	Y = 15	Y = 14	Y = 16
K = 13	K = 7	K = 9	K = 11	K = 15	K = 9
Y = 28	Y = 16	Y = 14	Y = 19	Y = 24	Y = 16
K = 5	K = 6	K = 10	K = 12	K = 13	K = 11
Y = 16	Y = 18	Y = 19	Y = 23	Y = 25	Y = 17
K = 10	K = 8	K = 14	K = 9	K = 5	K = 10
Y = 17	Y = 15	Y = 22	Y = 17	Y = 15	Y = 17
K = 12	K = 9	K = 6	K = 10	K = 8	K = 9
Y = 15	Y = 12	Y = 14	Y = 17	Y = 14	Y = 17
K = 14	K = 12	K = 7	K = 9	K = 7	K = 14
Y = 19	Y = 21	Y = 12	Y = 20	Y = 19	Y = 20

Tablo 7.10 5 Nolu Işıktan Geçen Araç Sayısı .

K = 6	K = 9	K = 8	K = 7	K = 11	K = 12
Y = 14	Y = 15	Y = 20	Y = 18	Y = 15	Y = 19
K = 9	K = 14	K = 10	K = 8	K = 12	K = 8
Y = 17	Y = 19	Y = 17	Y = 13	Y = 22	Y = 14
K = 8	K = 5	K = 13	K = 12	K = 12	K = 9
Y = 15	Y = 17	Y = 18	Y = 20	Y = 21	Y = 17
K = 10	K = 8	K = 12	K = 9	K = 5	K = 12
Y = 17	Y = 16	Y = 21	Y = 15	Y = 17	Y = 18
K = 12	K = 8	K = 6	K = 11	K = 7	K = 6
Y = 19	Y = 18	Y = 12	Y = 17	Y = 17	Y = 15
K = 16	K = 8	K = 4	K = 9	K = 10	K = 10
Y = 25	Y = 15	Y = 17	Y = 19	Y = 20	Y = 16

7.3. Kırmızı Işıқта Bekleyen ve Yeşil Işıқта Geçen Araç Sayılarının Ortalamaları

Tablo 7.11 1 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
5	10	50
6	3	18
7	4	28
8	3	24
9	6	54
10	3	30
11	3	33
12	1	12
13	0	0
14	2	28
Toplam	36	277

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i \cdot N_i}{\sum N_i} \quad (7.1)$$

$$\bar{X}_K = 277/36 = 7.69 \\ \approx 8$$

Tablo 7.12. 1 Nolu Işıқта Yeşilde Geçen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
10	2	20
11	0	0
12	2	24
13	0	0
14	5	70
15	10	150
16	5	80
17	1	17
18	2	36
19	4	76
20	1	20
21	2	42
22	1	22
23	0	0
24	0	0
25	0	0
26	0	0
27	0	0
28	0	0
29	0	0
30	1	30
Toplam	36	587

$$\bar{X}_Y = 587 / 36 = 16.3 \\ \approx 17$$

Tablo 7.13. 2 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
5	3	15
6	2	12
7	3	21
8	6	48
9	4	36
10	4	40
11	6	66
12	4	48
13	1	13
14	1	14
15	0	0
16	0	0
17	1	17
Toplam	36	330

$$\bar{X}_K = 330 / 36 = 9.17$$

$$\approx 10$$

Tablo 7.14. 2 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
14	4	56
15	1	15
16	2	32
17	3	51
18	3	54
19	3	57
20	3	60
21	3	63
22	3	66
23	2	46
24	1	24
25	1	25
26	1	26
27	1	27
28	1	28
29	2	58
30	1	30
31	0	0
32	0	0
33	1	33
Toplam	36	751

$$\bar{X}_Y = 751 / 36 = 20.86$$

$$\approx 21$$

Tablo 7.15. 3 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
5	1	5
6	3	18
7	7	49
8	5	40
9	6	54
10	4	40
11	6	66
12	2	24
13	1	13
14	1	14
Toplam	36	323

$$\bar{X}_K = 323 / 36 = 8.97$$

$$\approx 9$$

Tablo 7.16. 3 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
13	1	13
14	2	28
15	2	30
16	2	32
17	5	85
18	3	54
19	6	114
20	2	40
21	3	63
22	2	44
23	1	23
24	1	24
25	2	50
26	0	0
27	0	0
28	2	56
29	1	29
30	0	0
31	1	31
Toplam	36	716

$$\bar{X}_Y = 716 / 36 = 19.89$$

$$\approx 20$$

Tablo 7.17. 4 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
4	2	8
5	3	15
6	3	18
7	2	14
8	6	48
9	3	27
10	3	30
11	3	33
12	3	36
13	5	65
14	1	14
15	2	30
Toplam	36	338

$$\bar{X}_K = 338 / 36 = 9.39 \\ \approx 10$$

Tablo 7.18. 4 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
11	2	22
12	1	12
13	2	26
14	1	14
15	8	120
16	2	32
17	4	68
18	4	72
19	2	38
20	1	20
21	2	42
22	4	88
23	1	23
24	1	24
25	0	0
26	0	0
27	1	27
Toplam	36	628

$$\bar{X}_Y = 628 / 36 = 17.44 \\ \approx 18$$

Tablo 7.19. 5 Nolu Işık Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
5	3	15
6	3	18
7	6	42
8	6	48
9	4	36
10	4	40
11	3	33
12	2	24
13	1	13
14	3	42
15	0	0
16	1	16
Toplam	36	327

$$\bar{X}_K = 327 / 36 = 9.08$$

$$\approx 10$$

Tablo 7.20. 5 Nolu Işık Yeşilden Geçen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
10	1	10
11	0	0
12	2	24
13	2	26
14	3	42
15	4	60
16	6	96
17	7	119
18	2	36
19	4	76
20	4	80
21	1	21
Toplam	36	580

$$\bar{X}_Y = 580 / 36 = 16.1$$

$$\approx 17$$

Tablo 7.21. 1 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
4	3	12
5	6	30
6	5	30
7	4	28
8	6	48
9	6	54
10	2	20
11	2	22
12	0	0
13	1	13
14	1	14
Toplam	36	271

$$\bar{X}_K = 271 / 36 = 7.53$$

$$\approx 8$$

Tablo 7.22. 1 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
9	1	9
10	3	30
11	3	33
12	1	12
13	2	26
14	4	56
15	5	75
16	4	64
17	5	85
18	1	18
19	2	38
20	2	40
21	1	21
22	0	0
23	1	23
24	0	0
25	0	0
26	0	0
27	0	0
28	0	0
29	1	29
Toplam	36	559

$$\bar{X}_Y = 559 / 36 = 15.33$$

$$\approx 16$$

Tablo 7.23. 2. Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
5	2	10
6	3	18
7	3	21
8	6	48
9	6	54
10	5	50
11	4	44
12	3	36
13	3	39
14	0	0
15	0	0
16	0	0
17	1	17
Toplam	36	347

$$\bar{X}_K = 347 / 36 = 9.56$$

$$\approx 10$$

Tablo 7.24. 2 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
11	1	11
12	2	24
13	3	39
14	1	14
15	3	45
16	2	32
17	5	85
18	3	54
19	3	57
20	1	20
21	0	0
22	2	44
23	1	23
24	1	24
25	0	0
26	0	0
27	2	54
28	3	84
29	1	29
30	0	0
31	2	62
Toplam	36	702

$$\bar{X}_Y = 702 / 36 = 19.5$$

$$\approx 20$$

Tablo 7.25. 3 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
4	1	4
5	2	10
6	6	36
7	5	35
8	6	48
9	4	36
10	4	40
11	5	55
12	2	24
13	1	13
Toplam	36	301

$$\bar{X}_K = 301 / 36 = 8.36$$

$$\approx 9$$

Tablo 7.26. 3 Nolu Işıktan Yeşilden Geçen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
13	1	13
14	0	0
15	3	45
16	0	0
17	10	170
18	3	54
19	5	95
20	1	20
21	3	63
22	2	44
23	1	23
24	0	0
25	2	50
26	0	0
27	2	54
28	1	28
29	1	29
30	1	30
Toplam	36	718

$$\bar{X}_Y = 718 / 36 = 19.9$$

$$\approx 20$$

Tablo 7.27. 4 Nolu Işıktaki Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
5	3	15
6	2	12
7	4	28
8	2	16
9	6	54
10	5	50
11	2	22
12	4	48
13	3	39
14	4	56
15	1	15
Toplam	36	355

$$\bar{X}_K = 355 / 36 = 9.86 \\ \approx 10$$

Tablo 7.28. 4 Nolu Işıktaki Yeşilden Geçen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
12	2	24
13	0	0
14	4	56
15	4	60
16	3	48
17	6	72
18	2	36
19	6	114
20	2	40
21	1	21
22	2	44
23	1	23
24	1	24
25	1	25
26	0	0
27	0	0
28	1	28
Toplam	36	615

$$\bar{X}_Y = 615 / 36 = 17.08 \\ \approx 18$$

Tablo 7.29. 5 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
4	1	4
5	2	10
6	4	24
7	2	14
8	6	48
9	5	45
10	5	50
11	2	22
12	7	84
13	0	0
14	1	14
15	0	0
16	1	16
Toplam	36	331

$$\bar{X}_K = 331 / 36 = 9.19$$

$$\approx 10$$

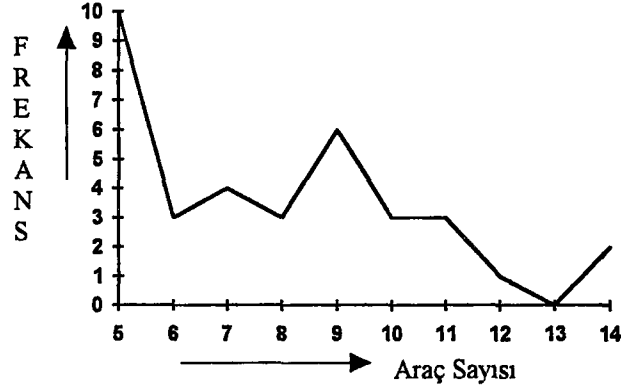
Tablo 7.30. 5 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı

X_i	N_i	$X_i \cdot N_i$
12	1	12
13	1	13
14	2	28
15	6	90
16	2	32
17	9	153
18	4	72
19	4	76
20	3	60
21	2	42
22	1	22
23	0	0
24	0	0
25	1	25
Toplam	36	625

$$\bar{X}_Y = 625 / 36 = 17.36$$

$$\approx 18$$

7.4. Kırmızı Işıқта Bekleyen ve Yeşil Işıқта Geçen Araç Sayısının Frekansının Belirlenmesi

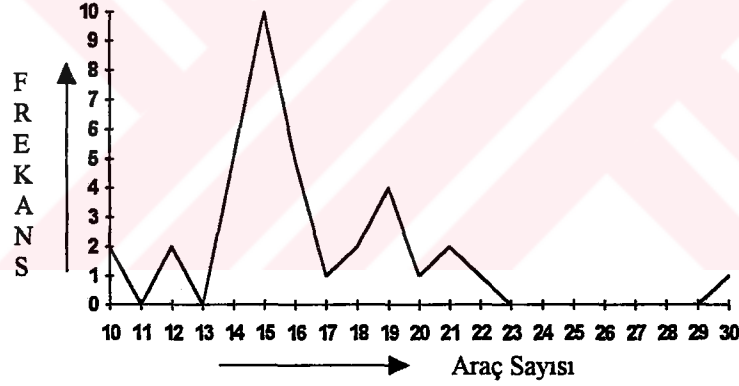


$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X_i - \bar{X} \cdot N_i}{\sum N_i}} \quad (7.2)$$

$$= 2.58 \approx 3$$

$$\bar{X} = 8$$

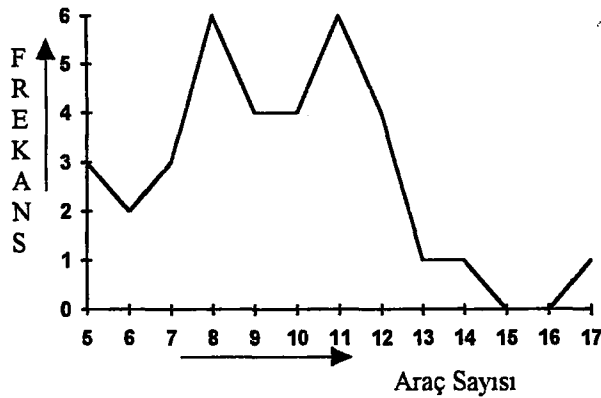
Şekil 7.1. 1 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı



$$\sigma = 3.66 \approx 4$$

$$\bar{X} = 17$$

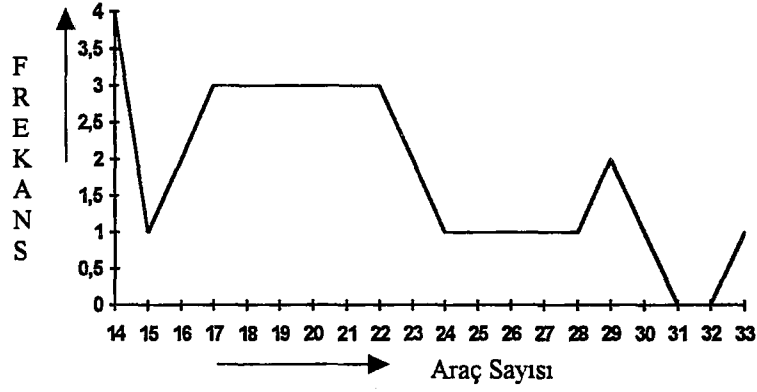
Şekil 7.2. 1 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı



$$\sigma = 2.68 \approx 3$$

$$\bar{X} = 10$$

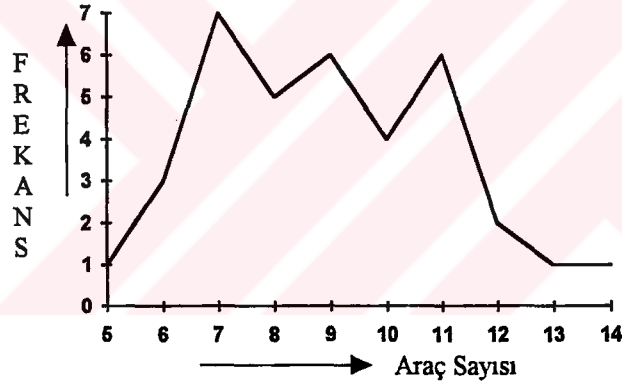
Şekil 7.3. 2 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı



$$s = 3.66$$

$$\bar{X} = 21$$

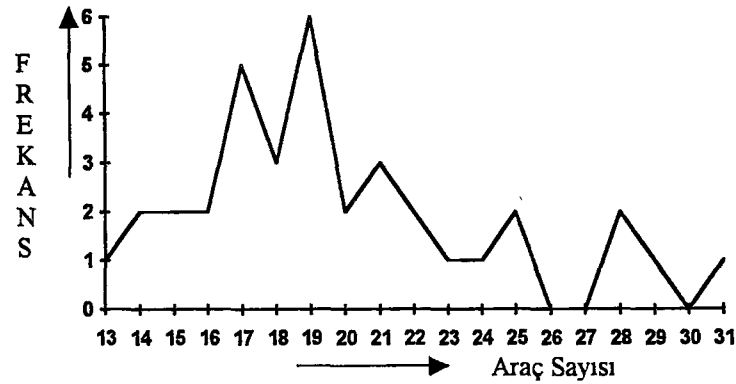
Şekil 7.4. 2 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı



$$s = 2.13 \approx 3$$

$$\bar{X} = 9$$

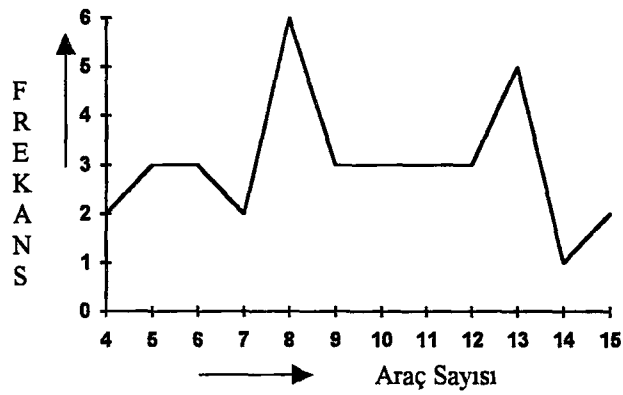
Şekil 7.5. 3 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı



$$s = 4.9 \approx 5$$

$$\bar{X} = 20$$

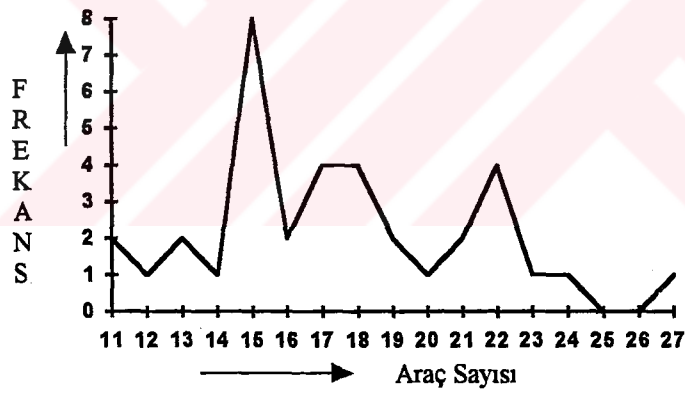
Şekil 7.6. 3 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı



$$s = 3.18 \approx 4$$

$$\bar{X} = 10$$

Şkil 7.7. 4 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı



$$s = 3.78 \approx 4$$

$$\bar{X} = 18$$

Şkil 7.8. 4 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı



$$s = 2.93 \approx 3$$

$$\bar{X} = 10$$

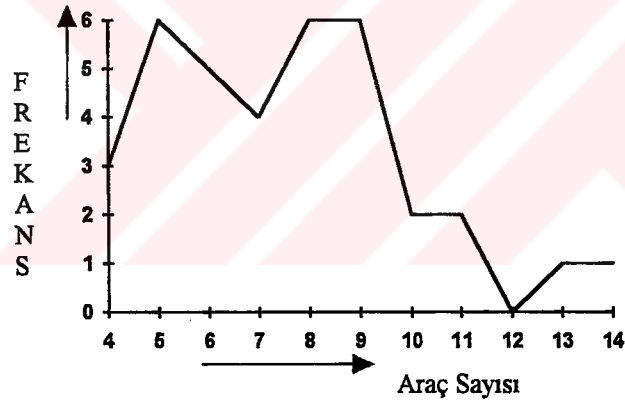
Şkil 7.9. 5 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı



$$s = 2.63 \approx 3$$

$$\bar{X} = 17$$

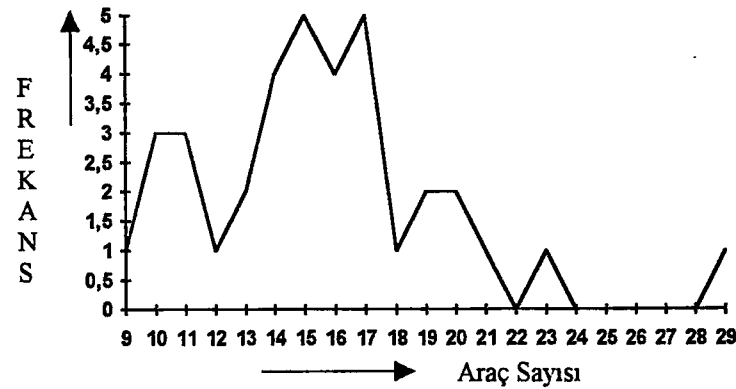
Şekil 7.10. 5 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı



$$s = 2.47 \approx 3$$

$$\bar{X} = 8$$

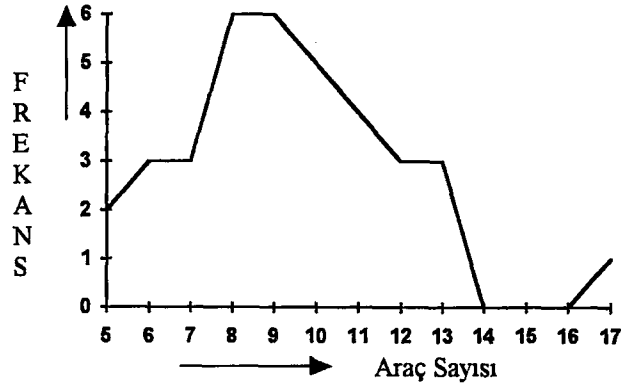
Şekil 7.11. 1 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı



$$s = 4.05 \approx 5$$

$$\bar{X} = 16$$

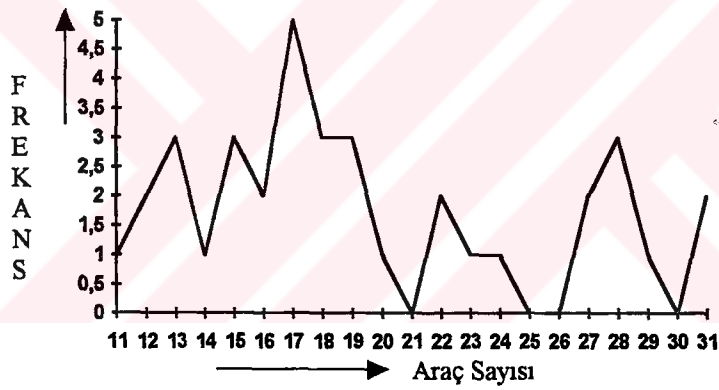
Şekil 7.12. 1 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı



$$b = 2.62 \approx 3$$

$$\bar{X} = 10$$

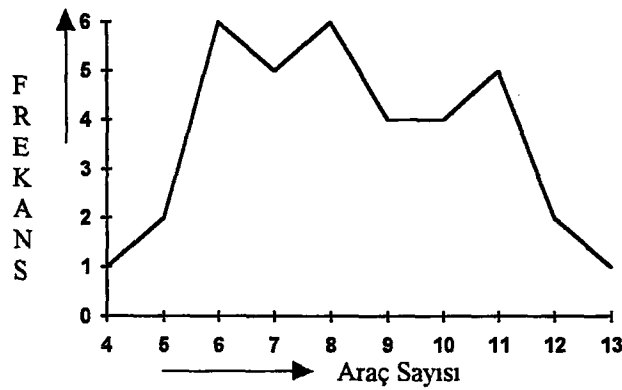
Şekil 7.13. 2 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı



$$b = 5.79 \approx 6$$

$$\bar{X} = 20$$

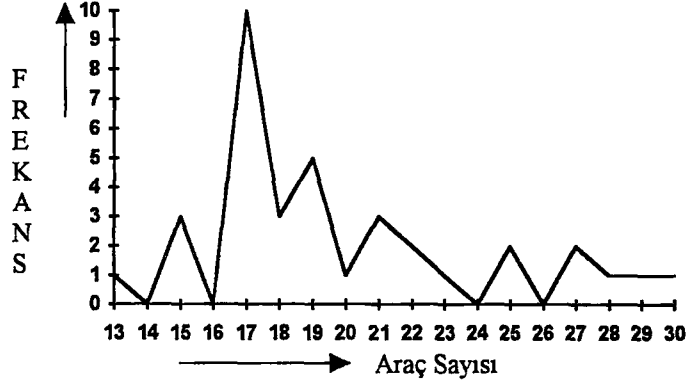
Şekil 7.14. 2 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı



$$b = 2.33 \approx 3$$

$$\bar{X} = 9$$

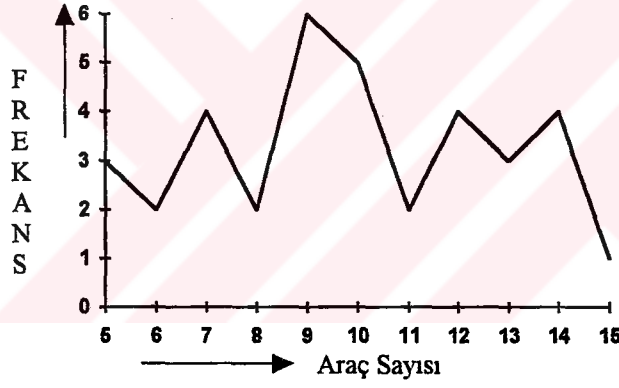
Şekil 7.15. 3 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı



$$s = 4.23 \approx 5$$

$$\bar{X} = 20$$

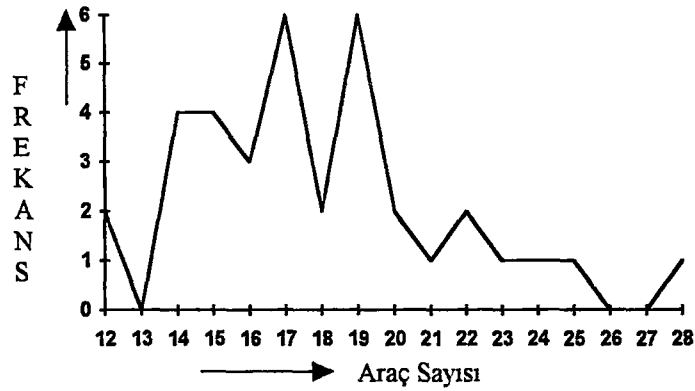
Şekil 7.16. 3 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı



$$s = 2.84 \approx 3$$

$$\bar{X} = 10$$

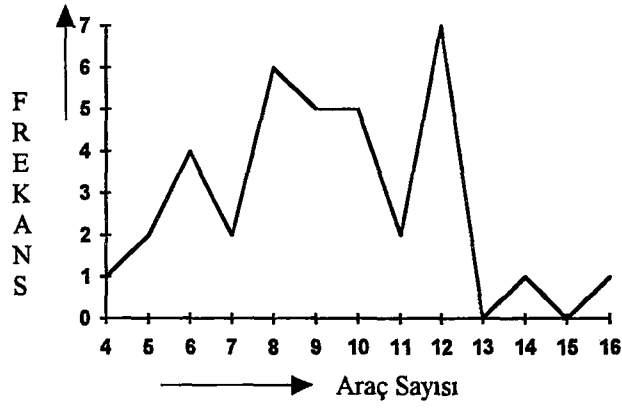
Şekil 7.17. 4 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı



$$s = 3.56 \approx 4$$

$$\bar{X} = 18$$

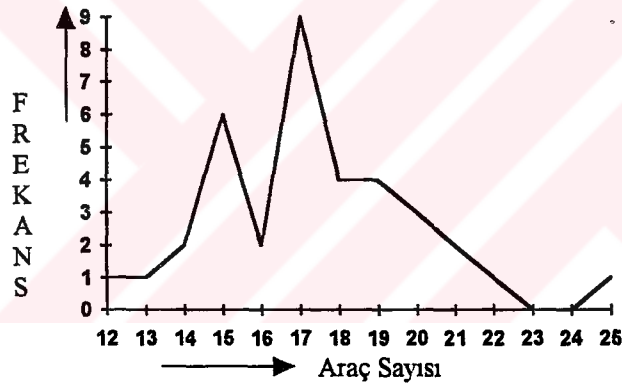
Şekil 7.18 4 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı



$$s = 2.78 \approx 3$$

$$\bar{X} = 10$$

Şekil 7.19. 5 Nolu Işıқта Kırmızıda Bekleyen Araç Sayısı



$$s = 2.7 \approx 3$$

$$\bar{X} = 18$$

Şekil 7.20. 5 Nolu Işıқта Yeşilden Geçen Araç Sayısı

7.5 Bulanık Alt Küme Terimlerini Belirleme

Bulanık mantık teorisi günümüzden yaklaşık 30 yıl önce ortaya atılmış olmasına rağmen endüstriyel denetim amacı ile kullanılmaya son 5 yıl içinde başlanmıştır. Bunun nedeni “Eğer.....ve.....ise.....o halde.....” değerlendirmelerinin mikro işlemcisiz yapılmasının pratik olmaması idi. Son yıllardaki mikro işlemci teknolojisindeki gelişmelerin böyle uygulamaları daha pratik kılması ile bu tür denetleyicilerin kullanımı artmaya başladı.

Bu çalışmadaki trafik sistemi Tablo 7.31’ de görüldüğü gibi bulanık alt küme teorisine uygun 3 adet kümeye ait sembolik etiketler belirlenmiştir.

Tablo 7.31 Bulanık Alt Küme Teorisine Uygun Sembolik Etiketler

Sembol	Bulanık Alt Küme Terimi
D	Düşük
O	Orta
Y	Yüksek

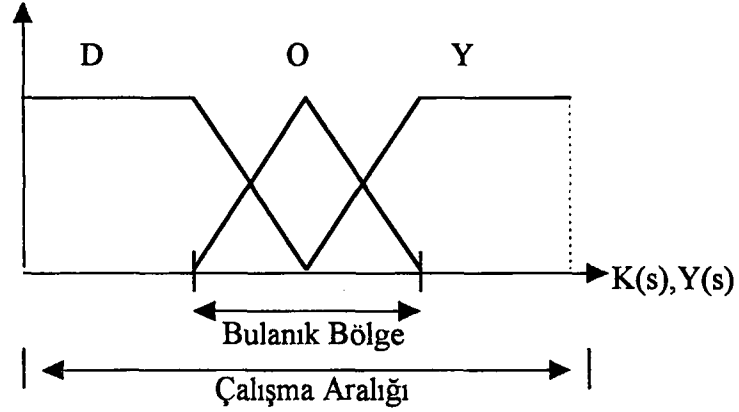
Bulanık alt küme teorisine uygun sembolik etiketlerden denetleyici için Kural Tablosunu Tablo 7.32’ de olduğu şekilde oluşturulabilir..

Tablo 7.32 Kırmızı Işıқта Bekleyen Araç Sayısı ile İlgili Kural Tablosu

		Y(s)		
		Y	O	D
K(s)	Y	D	D	O
	O	D	O	Y
	D	O	Y	Y

Üyelik fonksiyonlarını da Şekil 7.21’ de olduğu gibi belirlenebilir.

Üyelik Derecesi



Şekil 7.21 Kırmızı Işıқта Bekleyen ve Yeşil Işıқта Geçen Araç Sayısı İçin Üyelik Fonksiyonu

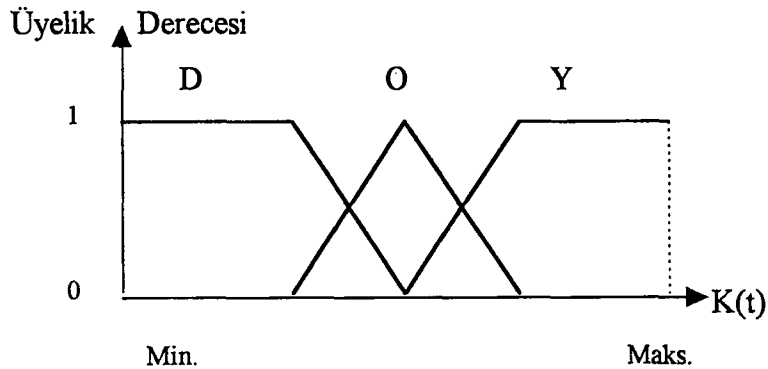
Bulanık bölgede bir denetim değeri iki veya daha fazla kümeye ait olabilir. Bu bölgenin genişletilmesi, denetim için daha yumuşak geçişler sağlar. Yani denetimin hassasiyeti bu bölgenin daraltılıp genişletilmesi ile yakından ilgilidir.

Denetim uygulamamızda, denetimi yöneten operatörlerden biri şu önermeyi yapabilir.

“EĞER Kırmızıda bekleyen araç sayısı ortaya yakın VE yeşilde geçen araç sayısı azalıyor İSE kırmızı yanma süresini yükselt.”

Çıkış üyelik fonksiyonları Şekil 7.22’deki gibi tanımlı ise bulanık mantıkta eşdeğer önerme şu şekilde olabilir.

“EĞER $K=0$ VE $Y=D$ ise O HALDE $K(t)=Y$ ”



Şekil 7.22 $K(t)$ Çıkış Üyelik Fonksiyonları

Diğer önermeler de sıralanarak, sistemin muhtemel tüm konumlarının en az bir adet kural ile örtülü olmasına dikkat edilerek, Tablo 7.32 oluşturulur.

7.6 Kuralların Oluşturulması

Dikkat edilirse yukarıdaki önerme Tablo 7.32’de 2. satır 3. sütunda yer almıştır. Bu şekilde bir uzman sistemin yapısında uzman sistemlere benzer düzenli kuralları üretebiliriz. Bu uzman sistemi oluşturmada daha önce de belirtildiği gibi bir bulanık denetleyici tipik olarak öncekiler (IF “EĞER” kısmı) ve neticeler (THEN “O HALDE” kısmı) ile bir IF-THEN kurallar setinde kendi üyelik fonksiyonlarını alırlar. Kırmızı ve yeşil ışık sürelerinin belirlenmesinde aşağıdaki kurallar tanımlanabilir.

Kural 1.

“EĞER Kırmızıda bekleyen araç sayısı Yüksek VE Yeşilde geçen araç sayısı Yüksek İSE Kırmızı yanma süresini Düşür.”

Kural 2.

“EĞER Kırmızıda bekleyen araç sayısı Yüksek VE Yeşilde geçen araç sayısı Orta İSE Kırmızı yanma süresini Düşür.”

Kural 3.

“EĞER Kırmızıda bekleyen araç sayısı Yüksek VE Yeşilde geçen araç sayısı Düşük İSE Kırmızı yanma süresini Orta yap.”

Kural 4.

“EĞER Kırmızıda bekleyen araç sayısı Orta VE Yeşilde geçen araç sayısı Yüksek İSE Kırmızı yanma süresini Düşür.”

Kural 5.

“EĞER Kırmızıda bekleyen araç sayısı Orta VE Yeşilde geçen araç sayısı Orta İSE Kırmızı yanma süresini Orta yap.”

Kural 6.

“EĞER Kırmızıda bekleyen araç sayısı Orta VE Yeşilde geçen araç sayısı Düşük İSE Kırmızı yanma süresini Yükselt.”

Kural 7.

“EĞER Kırmızıda bekleyen araç sayısı Düşük VE Yeşilde geçen araç sayısı Yüksek İSE Kırmızı yanma süresini Orta yap.”

Kural 8.

“EĞER Kırmızıda bekleyen araç sayısı Düşük VE Yeşilde geçen araç sayısı Orta İSE Kırmızı yanma süresini Yükselt.”

Kural 9.

“EĞER Kırmızıda bekleyen araç sayısı Düşük VE Yeşilde geçen araç sayısı Düşük İSE Kırmızı yanma süresini Yükselt.”

Belirlenen bu kurallarda **Düşük**, **Orta** ve **Yüksek** bulanık değişkenlerdir. Bu gibi doğal dil kuralları yukardaki gösterilen notasyonu kullanarak yazılırsa:

Kural 1.

EĞER ($K(s) = Y$ VE $Y(s) = Y$) O HALDE ($K(t) = D$)

Kural 2.

EĞER ($K(s) = Y$ VE $Y(s) = O$) O HALDE ($K(t) = D$)

Kural 3.

EĞER ($K(s) = Y$ VE $Y(s) = D$) O HALDE ($K(t) = O$)

Kural 4.

EĞER ($K(s) = O$ VE $Y(s) = Y$) O HALDE ($K(t) = D$)

Kural 5.

EĞER ($K(s) = 0$ VE $Y(s) = 0$) O HALDE ($K(t) = 0$)

Kural 6.

EĞER ($K(s) = 0$ VE $Y(s) = D$) O HALDE ($K(t) = Y$)

Kural 7.

EĞER ($K(s) = D$ VE $Y(s) = Y$) O HALDE ($K(t) = 0$)

Kural 8.

EĞER ($K(s) = D$ VE $Y(s) = 0$) O HALDE ($K(t) = Y$)

Kural 9.

EĞER ($K(s) = D$ VE $Y(s) = D$) O HALDE ($K(t) = Y$)

Benzer şekilde Yeşil ışık yanma süresini belirlemek için benzer kurallar üretilirse;

Kural 1.

“EĞER Yeşilde geçen araç sayısı Yüksek VE Kırmızıda bekleyen araç sayısı Yüksek İSE Yeşil ışık yanma süresini Yükselt.”

Kural 2.

“EĞER Yeşilde geçen araç sayısı Yüksek VE Kırmızıda bekleyen araç sayısı Orta İSE Yeşil ışık yanma süresini Yükselt.”

Kural 3.

“EĞER Yeşilde geçen araç sayısı Yüksek VE Kırmızıda bekleyen araç sayısı Düşük İSE Yeşil ışık yanma süresini Orta yap.”

Kural 4.

“EĞER Yeşilde geçen araç sayısı Orta VE Kırmızıda bekleyen araç sayısı Yüksek İSE Yeşil ışık yanma süresini Yükselt.”

Kural 5.

“EĞER Yeşilde geçen araç sayısı Orta VE Kırmızıda bekleyen araç sayısı Orta İSE Yeşil ışık yanma süresini Orta yap.”

Kural 6.

“EĞER Yeşilde geçen araç sayısı Orta VE Kırmızıda bekleyen araç sayısı Düşük İSE Yeşil ışık yanma süresini Düşür.”

Kural 7.

“EĞER Yeşilde geçen araç sayısı Düşük VE Kırmızıda bekleyen araç sayısı Yüksek İSE Yeşil ışık yanma süresini Orta yap.”

Kural 8.

“EĞER Yeşilde geçen araç sayısı Düşük VE Kırmızıda bekleyen araç sayısı Orta İSE Yeşil ışık yanma süresini Düşür.”

Kural 9.

“EĞER Yeşilde geçen araç sayısı Düşük VE Kırmızıda bekleyen araç sayısı Düşük İSE Yeşil ışık yanma süresini Düşür.”

Belirlenen bu kurallarda Düşük, Orta ve Yüksek bulanık değişkenlerdir. Bu gibi doğal dil kuralları bilgisayar diline daha sonra dönüştürülebilir, şöyle ki;

Kural 1.

EĞER ($Y(s) = Y$ VE $K(s) = Y$) O HALDE ($Y(t) = Y$)

Kural 2.

EĞER ($Y(s) = Y$ VE $K(s) = O$) O HALDE ($Y(t) = Y$)

Kural 3.

EĞER ($Y(s) = Y$ VE $K(s) = D$) O HALDE ($Y(t) = O$)

Kural 4.

EĞER ($Y(s) = 0$ VE $K(s) = Y$) O HALDE ($Y(t) = Y$)

Kural 5.

EĞER ($Y(s) = 0$ VE $K(s) = 0$) O HALDE ($Y(t) = 0$)

Kural 6.

EĞER ($Y(s) = 0$ VE $K(s) = D$) O HALDE ($Y(t) = D$)

Kural 7.

EĞER ($Y(s) = D$ VE $K(s) = Y$) O HALDE ($Y(t) = 0$)

Kural 8.

EĞER ($Y(s) = D$ VE $K(s) = 0$) O HALDE ($Y(t) = D$)

Kural 9.

EĞER ($Y(s) = D$ VE $K(s) = D$) O HALDE ($Y(t) = D$)

7.7 Kırmızı Işıқта Bekleyen ve Yeşil Işıқта Geçen Araçların Ortalamalarının Ortalaması

1. Sabah Saatlerinde Yapılan Gözlemlerde Kırmızı Işıқта Bekleyen ve Yeşil Işıқта Geçen Araçların Ortalamalarının Ortalamaları

Kırmızı Işık için:

X_i	N_i	$X_i N_i$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^2 N_i$
8	1	8	4	4
9	1	9	1	1
10	3	30	0	5
	5	47		5

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}_i \cdot N_i}{\sum N_i} \quad (7.3)$$

$$\bar{X} = 47 / 5 = 9.4$$

$$\bar{X} \approx 10$$

$$\delta_x = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X}_i - \bar{X})^2 \cdot N_i}{\sum N_i}}$$

(7.4)

$$\delta_x = \sqrt{5/5} = 1$$

Yeşil Işık için:

X_i	N_i	$X_i N_i$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^2 N_i$
17	2	34	4	8
18	1	18	1	1
20	1	20	1	1
21	1	21	4	4
	5	93	10	14

$$\bar{X} = 93 / 5 = 18.6$$

$$\bar{X} \approx 19$$

$$\delta_x = \sqrt{14/4} = 1.7$$

$$\delta_x \approx 2$$

2. Akşam Saatlerinde Yapılan Gözlemlerde Kırmızı Işıқта Bekleyen ve Yeşil Işıқта Geçen Araçların Ortalamalarının Ortalamaları

Kırmızı Işık için:

X_i	N_i	$X_i N_i$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^2 N_i$
8	1	8	4	4
9	1	9	1	1
10	3	30	0	5
	5	47		5

$$\bar{X} = 47 / 5 = 9.4$$

$$\bar{X} \approx 10$$

$$\delta_x^- \approx 1$$

Yeşil Işık için:

X_i	N_i	$X_i N_i$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^2 N_i$
16	1	16	9	9
18	2	36	1	2
20	2	40	1	2
	5	92		13

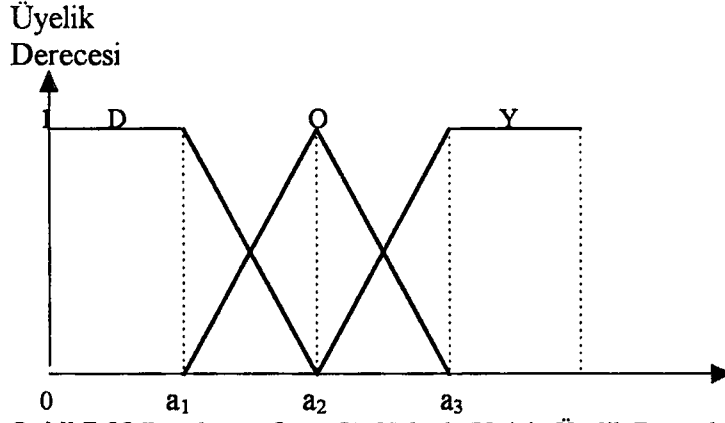
$$\bar{X} = 92 / 5 = 18.4$$

$$\bar{X} \approx 19$$

$$\delta_x^- = \sqrt{13/5} = 1.6$$

$$\delta_x^- \approx 2$$

7.8 Bulanık Alt Küme Terimleri İçin Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi



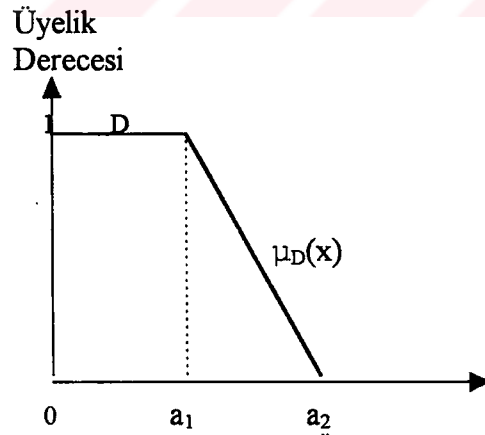
Şekil 7.23 Düşük (D), Orta (O), Yüksek (Y) için Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi

$$A=(a_1, a_2, a_3)$$

A: Bulanık Küme

a_1, a_2, a_3 : Bulanık Alt Kümeler

1. Düşük (D) Bulanık Alt Kümesi İçin Üyelik Dereceleri



Şekil 7.24 Düşük (D) için Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi

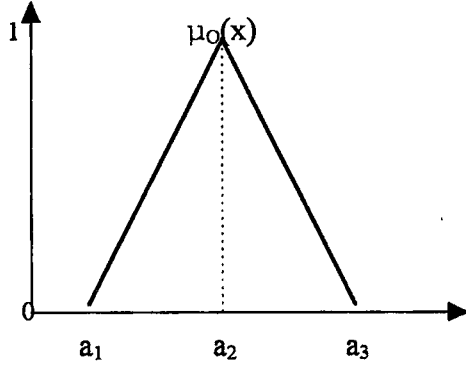
$$\mu_D(x)=1, \quad 0 \leq x \leq a_1$$

$$\mu_D(x)=(a_2-x)/(a_2-a_1), \quad a_1 \leq x \leq a_2$$

$$\mu_D(x)=0, \quad x > a_2$$

2. Orta (O) Bulanık Alt Kümesi İçin Üyelik Dereceleri

Üyelik
Derecesi



Şekil 7.25 Orta (O) için Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi

$$\mu_O(x)=0, \quad x < a_1$$

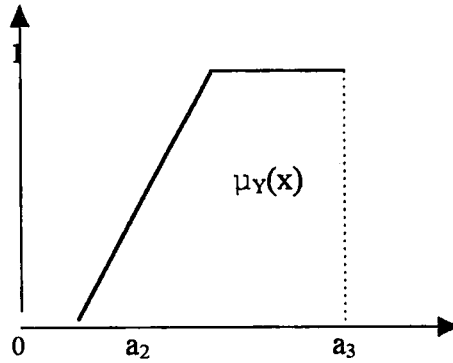
$$\mu_O(x)=\frac{x-a_1}{a_2-a_1}, \quad a_1 \leq x \leq a_2$$

$$\mu_O(x)=\frac{a_3-x}{a_3-a_2}, \quad a_2 \leq x \leq a_3$$

$$\mu_O(x)=0, \quad x > a_3$$

3. Yüksek (Y) Bulanık Alt Kümesi İçin Üyelik Dereceleri

Üyelik
Derecesi

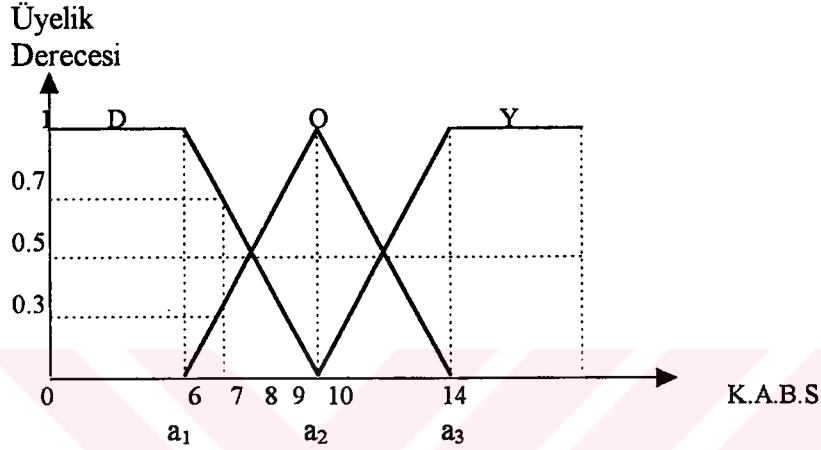


Şekil 7.26 Yüksek (Y) için Üyelik Derecelerinin Belirlenmesi

$$\mu_Y(x)=0, \quad x < a_2$$

$$\mu_Y(x)=(x-a_2)/(a_3-a_2), \quad a_2 \leq x \leq a_3$$

$$\mu_Y(x)=0, \quad x > a_3$$



Şekil 7.27 a_1, a_2, a_3 Bulanık Alt Kümelerinin Sayısal Üyelik Dereceleri

Tablo 7.33 Bulanık Alt Küme Terimleri İçin Üyelik Fonksiyonları (Kırmızı İçin)

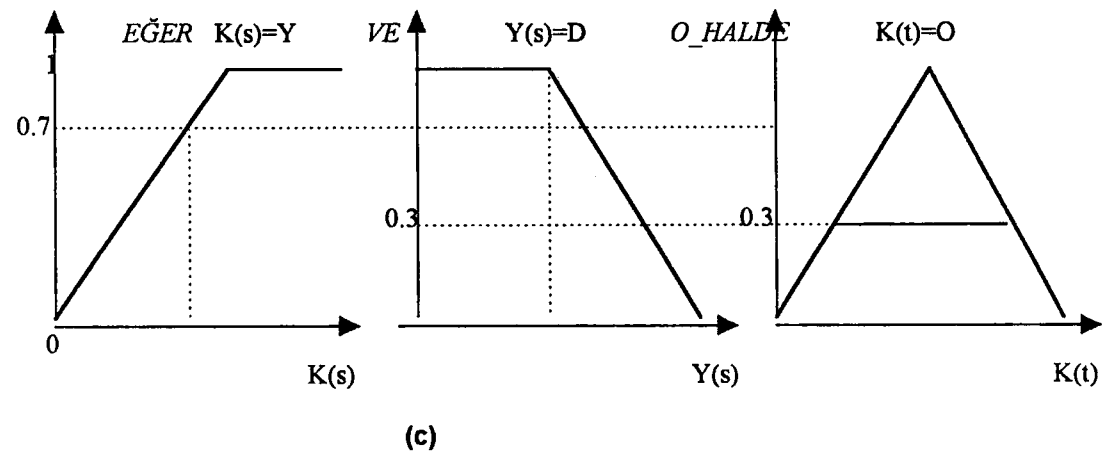
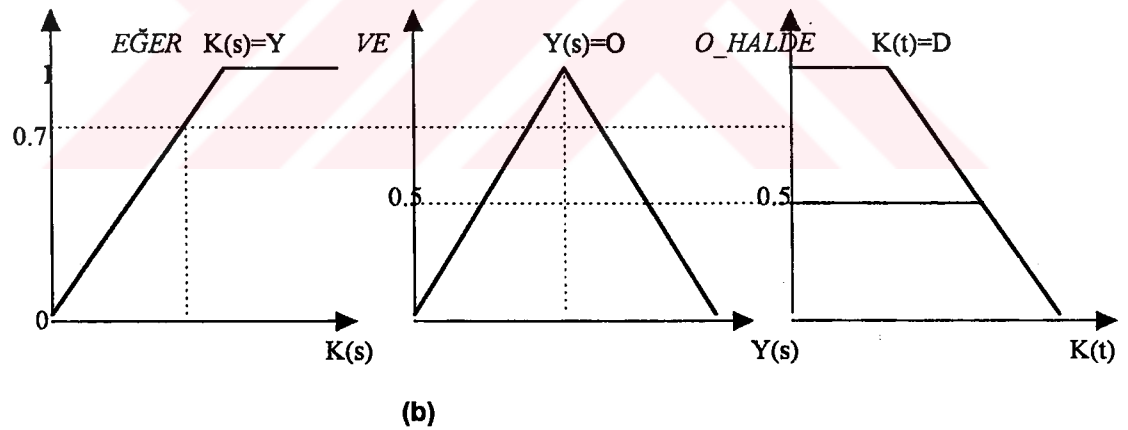
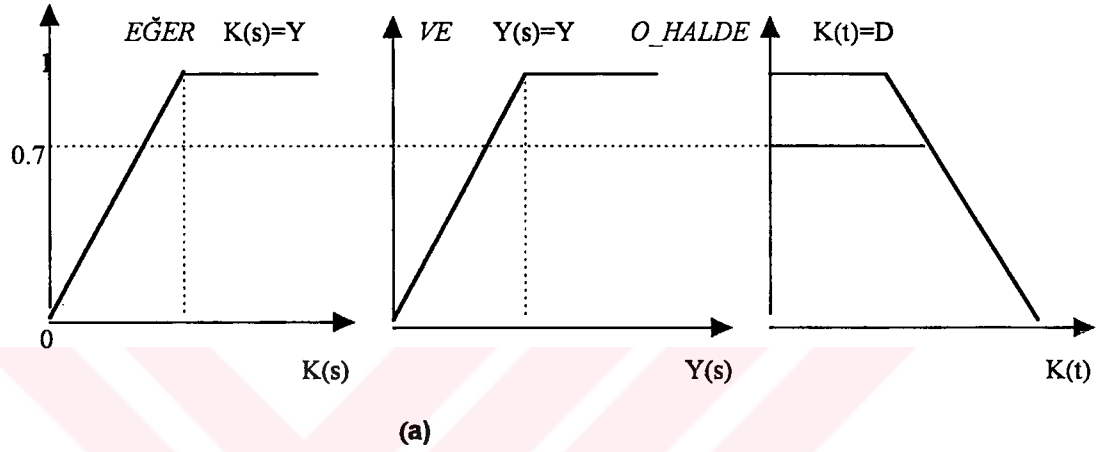
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
D	1	0.7	0.5	0.3	0	0	0	0	0
O	0	0.3	0.5	0.7	1	0.7	0.5	0.3	0
Y	0	0	0	0	0	0.3	0.5	0.7	1

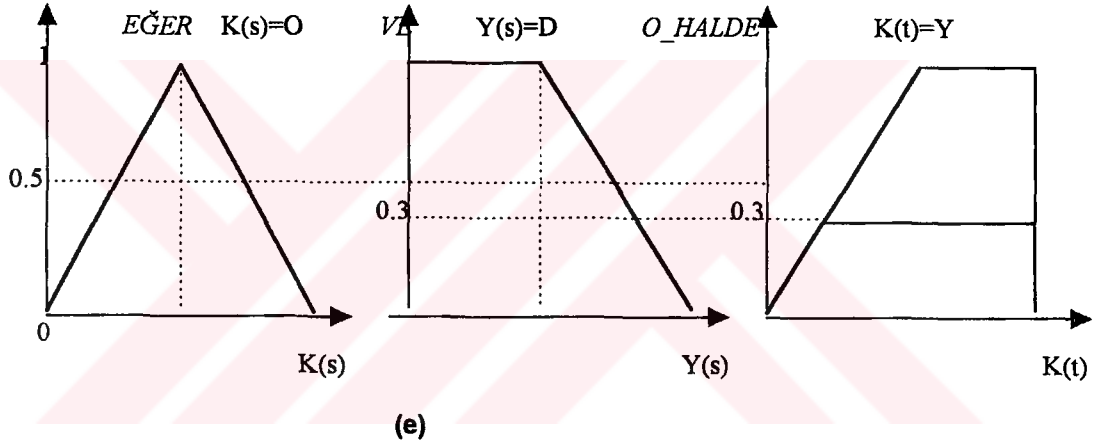
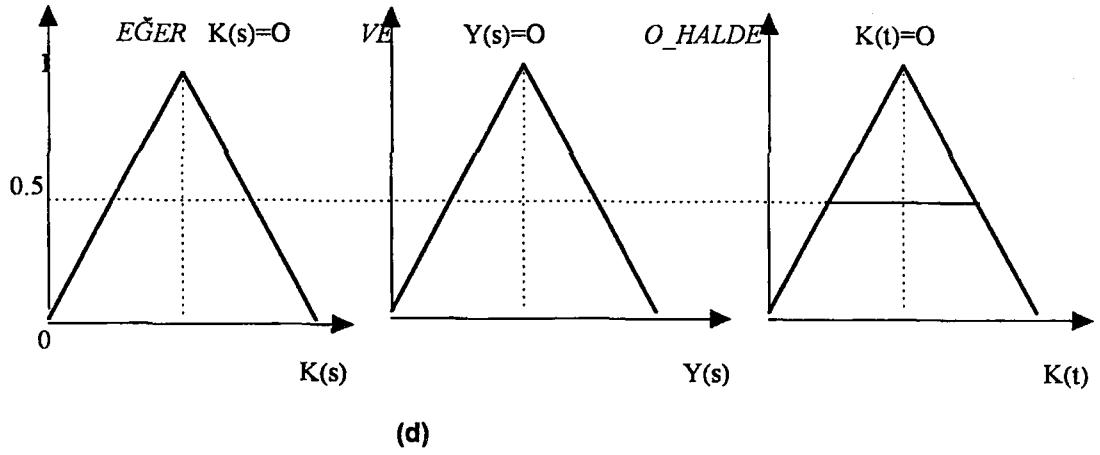
Tablo 7.34 Bulanık Alt Küme Terimleri İçin Üyelik Fonksiyonları (Yeşil İçin)

	15	16	17	18	19	20	21	22	23
D	1	0.7	0.5	0.3	0	0	0	0	0
O	0	0.3	0.5	0.7	1	0.7	0.5	0.3	0
Y	0	0	0	0	0	0.3	0.5	0.7	1

7.9 Kırmızı ve Yeşil Işık Yanma Süreleri İçin Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması

1. Sabah ve Akşam Saatleri için Çıkış (Kırmızı Yanma Süresi için) Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması





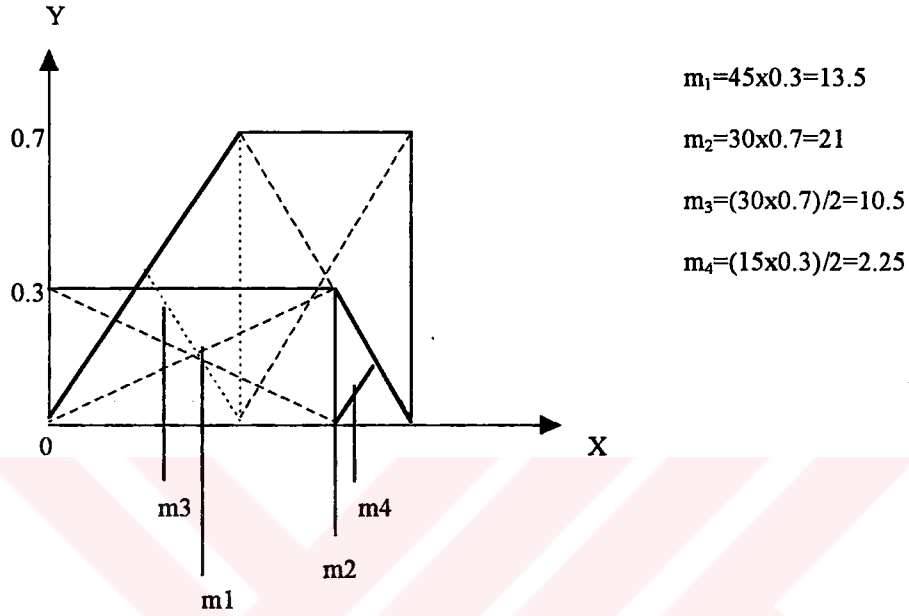
Şekil 7.28.a. b. c. d. e. Kırmızı Işık İçin Kurallara Dayanarak Oluşturulmuş Üyelik Fonksiyonları

Çıkış üyelik fonksiyonlarının taralı kısımlarının üst üste yerleştirilmiş durumlarının ağırlık merkezinin $K(t)$ çıkış ekseninde iz düşümü, kırmızı ışık denetim süresini verecektir. Ancak;

- Küme sayısı ve üyelik fonksiyonları sistemin performansına etki eden en önemli iki kuraldır.

- Üyelik fonksiyonları birbirlerine benzer ya da simetrik olmak zorunda değildirler. Ancak üçgen ve yamuk şeklindeki fonksiyonlar teknik olarak daha kolay gerçekleştirilebilirler.

- Önermede “VE” operatörü kullanılırsa en küçük doğruluğa sahip durum, “VEYA” operatörü kullanılırsa en büyük doğruluğa sahip durum çıkış oluşturmak için kullanılır.



Şekil 7.29 Kırmızı Işık İçin Üyelik Fonksiyonlarının Ağırlık Merkezi

$$x = (m_1 x_1 + m_2 x_2 + m_3 x_3 + m_4 x_4) / (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)$$

$$x = (13.5 \times 22.5 + 21 \times 45 + 10.5 \times 20 + 2.25 \times 50) / 13.5 + 21 + 10.5 + 2.25$$

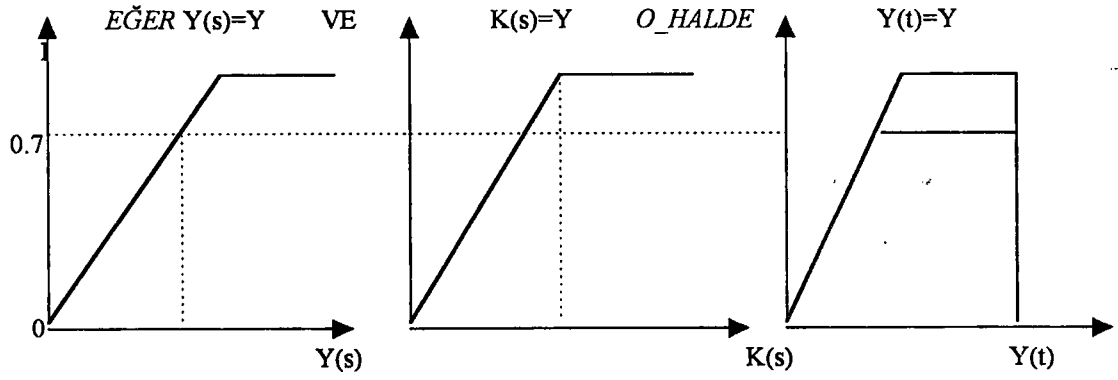
$$x = (303.75 + 945 + 210 + 112.5) / 47.25$$

$$x = 1571.25 / 47.25$$

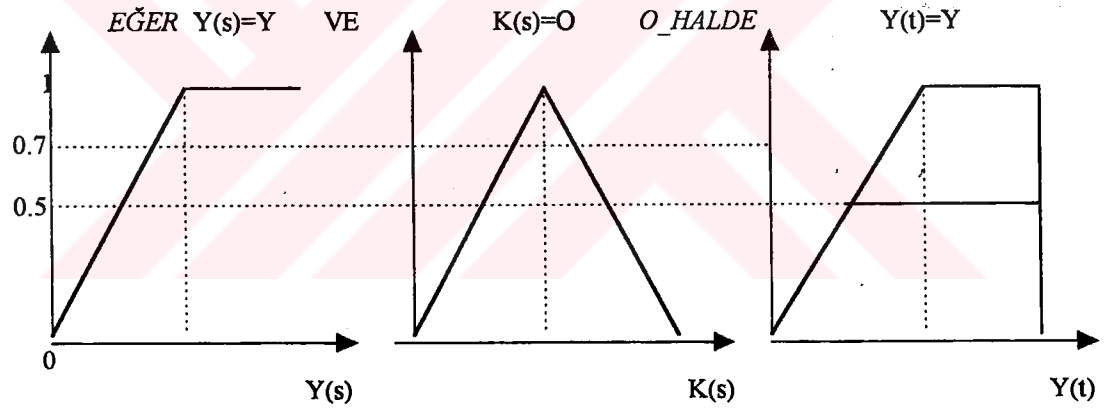
$$x = 33 \text{ sn}$$

Kırmızı Işık Yanma Süresi = 33 sn Olarak bulunur.

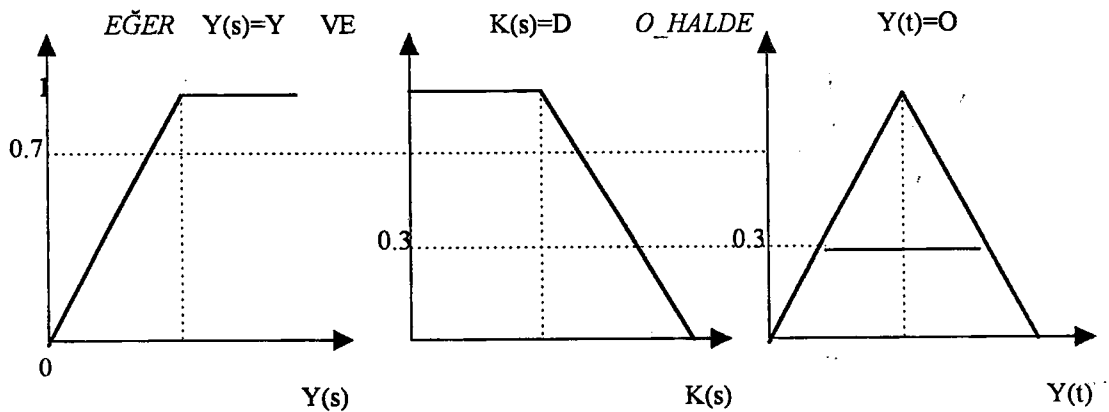
2. Sabah ve Akşam Saatleri İçin Çıkış (Yeşil Yanma Süresi İçin) Üyelik Fonksiyonlarının Oluşturulması



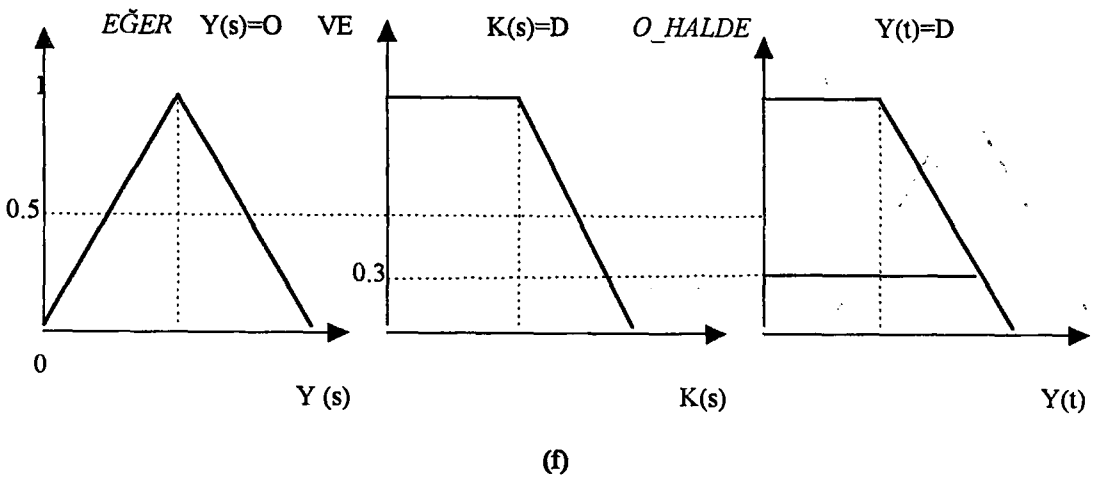
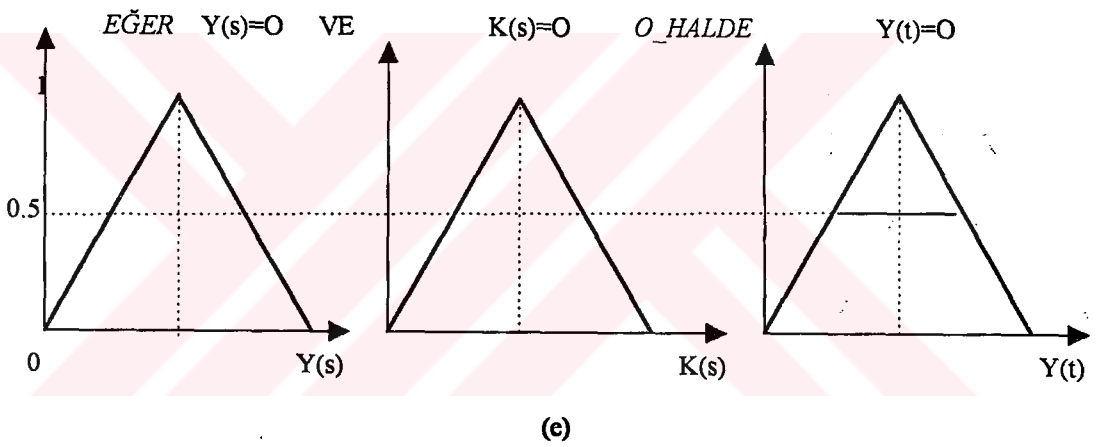
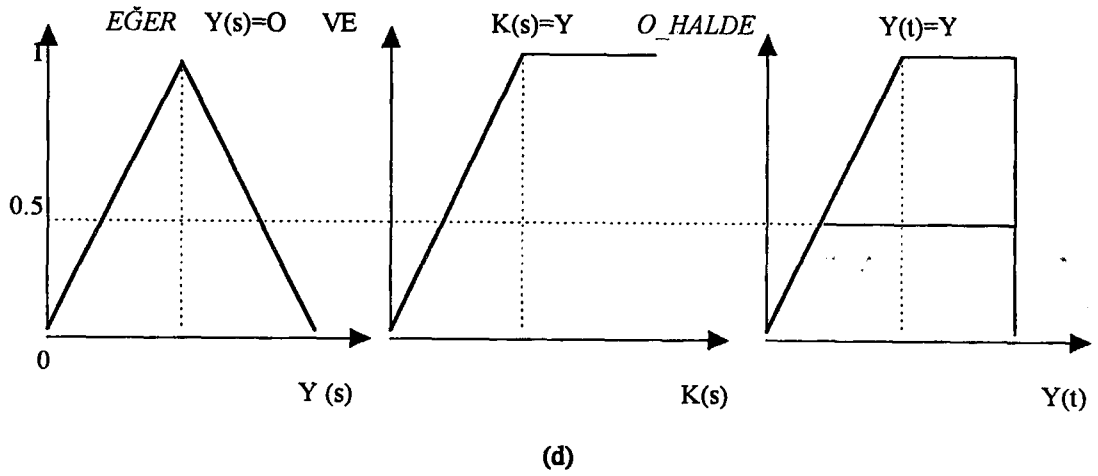
(a)

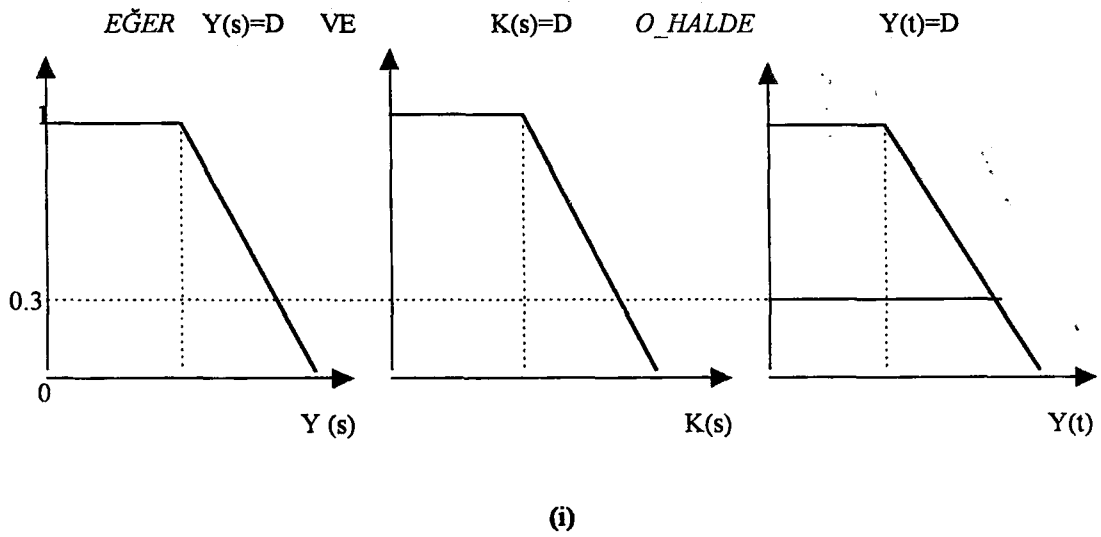
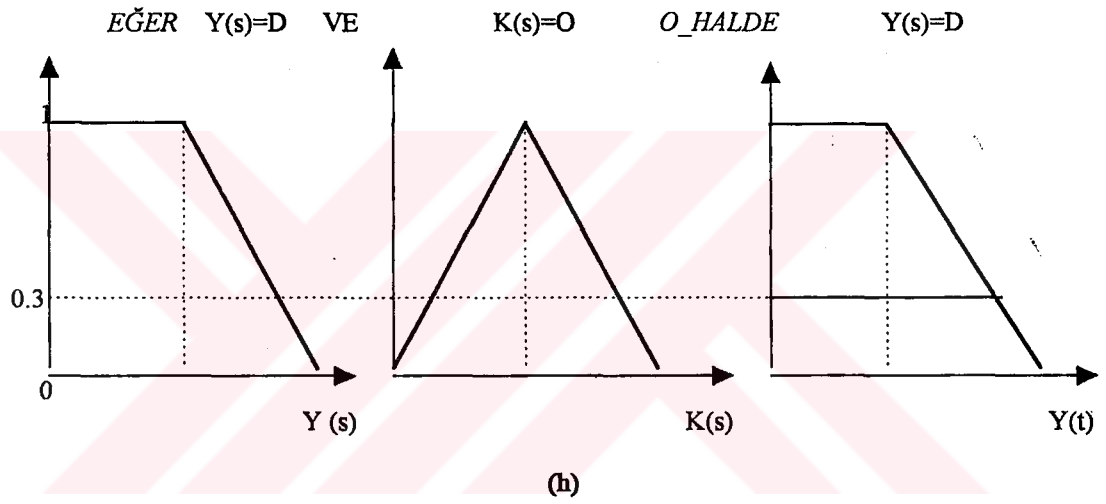
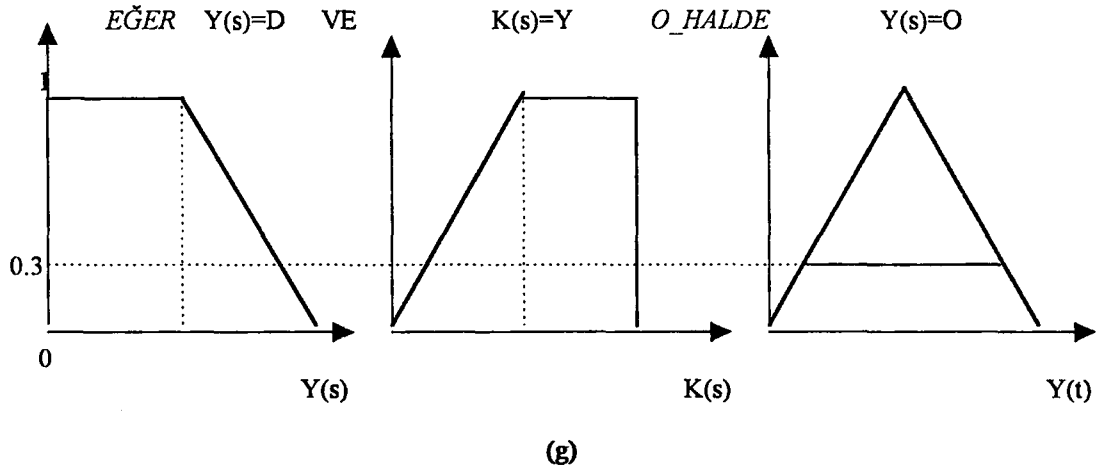


(b)

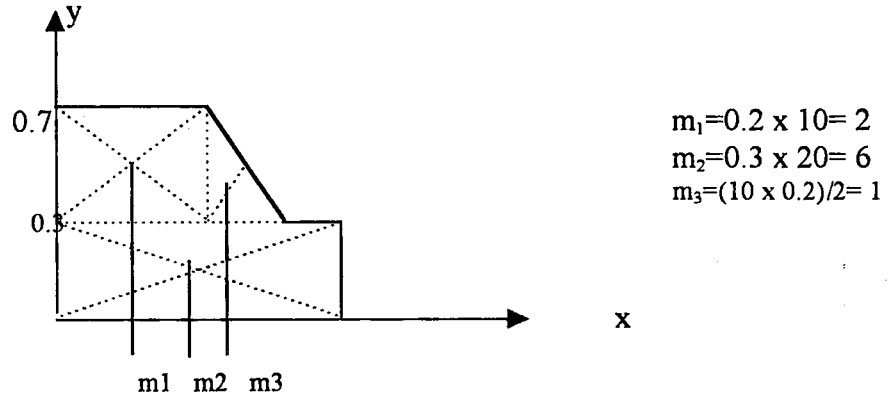


(c)





Şekil 7.30.a.b.c.d.e.f.g.h.i Yeşil Işık İçin Kurallara Dayanarak Oluşturulmuş Üyelik Fonksiyonları



Şekil 7.31 Yeşil Işık İçin Üyelik Fonksiyonlarının Ağırlık Merkezi

$$x = (m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3) / (m_1 + m_2 + m_3)$$

$$x = (2 \times 10 + 6 \times 20 + 1 \times 22) / (2 + 6 + 1)$$

$$x = (20 + 120 + 22) / (9) = 162/9 = 18 \text{ sn.}$$

Yeşil Işık Yanma Süresi = 18 sn. olarak bulunur.

7.10. Simülasyon

Simülasyon (Benzetim), bir sistemin modeli kurulurken yapılan çalışmaların, kazanılan deneyimlerin yönlendirilmesi, birleştirilmesi işlemleri anlamında kullanılır. Bu model, ya direk olarak sistemin kendisiyle ilgili elde edilen bir bilgi, bir deneyim ya da sistemle ilgili bir problemin analitik çözümüdür.

Simülasyon, özellikle analitik ve nümerik çözüm metodlarının uygulanmadığı veya uygulanmasının pratik olmadığı durumlarda kullanılır. Varsayımlarımızı yapabiliyorsak, sistemimizde müsaitse ilk olarak analitik modelleri denememiz gerekmektedir. Simülasyon modelleriyle analitik modeller arasında karma modeller vardır. Analitik modeller cevap vermezse karma modeller, onlardan da sonuç alınamazsa simülasyon modeline gidilir. Birçok kompleks sistem için analitik metodlar ve konusu geçen karma metodlar, sisteme uygun olmayan, çok pahalı, zaman alıcı metodlardır.

Simülasyon metodları, sistemin zaman içerisindeki davranışları ele alınır. Metodun amacı, değişik koşullar altında sistem elemanlarının davranışlarını incelemek, elemanlar arasındaki ilişkiyi anlamak, ortaya çıkarmaktır. Matematik anlamda bir çözüm aranmaz. Ama simülasyon çalışmalarının da bir amacı vardır ve ulaşılan amaca da çözüm denilebilir.

Bir modelin amacına ulaşabilmesi, işe yarar iyi bir model olabilmesi için iki önemli özelliği içermesi gerekir; gerçekçilik ve basitlik. Yani bir yandan gerçek sistemin bütün önemli özelliklerini gösteren iyi bir yaklaşım, bir yandan da anlaşılabilir ve çözülebilir olmalıdır. Fakat ne yazık ki gerçeğe yakın (gerçekçi) modeller genellikle komplekstirler, sabit modeller ise çoğunlukla gerçeğe yakın olamazlar.

Simülasyonun en büyük dezavantajı bir optimizasyon tekniği olmamasıdır. Ayrıca bir sistemin bilgisayar simülasyonunu kurmak ve geçerli olduğunu ispatlamanın maliyeti çok yüksektir. Genelde herbir sistem için ayrı bir program yazma zorunluluğu vardır. Simülasyon dilleri bir dereceye kadar bu dezavantajları giderebilmiştir.

7.10.1. Simülasyona Ne zaman Başvurulmalıdır?

Problemin tam bir matematik formülasyonu mevcut değildir veya matematik formülasyonun analitik yöntemlerle çözümü henüz bulunamamıştır. (Kuyruk Modellerinde olduğu gibi)

- . Analitik yöntemler çözüm için elverişli ama çok karmaşıktır.
- . Analitik çözümler vardır ve kullanılabilir, fakat problem üzerinde çalışanlarda bu bilgiler yoktur.
- . Belirli parametrelerin tahmin edilmesi için de simülasyona başvurulabilir.
- . Deneme için simülasyon tek yol olabilir.
- . Sistemlerin davranış karakteristiklerini ortaya koymak zaman gerektirebilir. Bu durumlarda simülasyon modelini bilgisayara adapte ederek çalıştırmak ve sistem karakteristiğini kısa zamanda öğrenmek mümkündür.

7.10.2. Simülasyon Metodunun Faydaları

- . Sistem modeli kurulduktan sonra, farklı durumların analizi için istenildiği kadar kullanılabilir.
- . Simülasyon yöntemleri, sistem verilerinin detaylı olmadığı durumlarda elverişlidir.
- . Simülasyon metodu üzerinde daha sonraki yapılacak analiz için veri, çoğu kez gerçek hayatta olduğundan daha ucuz elde edilir.
- . Simülasyon bir sistemdeki dahili karmaşık etkileşimleri etüd etme ve bunlar üzerinde deney yapma olanağını sağlar.
- . Simüle edilen sistemin ayrıntılı gözlemi, sistemin daha iyi anlaşılmasını daha önce görülmemiş eksikliklerin giderilmesini ve daha etkin fiziksel ve operasyonel sistemin kurulmasını sağlayabilir.
- . Simülasyon değişik koşullar altında sistemin nasıl olacağı hakkında çok az veya hiçbir veriye sahip olmadığımız yeni durumlar üzerinde deney yapma amacıyla kullanılabilir. Örneğin gezegenler arası uçuşta uzay arabalarının incelenmesi.
- . Simülasyon analitik çözümlerin doğruluğunu gerçeklemek üzere kullanılabilir.
- . Simülasyonla dinamik sistemlerin gerçek zamanı, daraltılmış veya genişletilmiş süre içinde incelenebilir.
- . Simülasyon analistleri daha genel düşünmeye zorlar.

7.10.3. Simülasyon Yöntemi Ne Zaman Yararlı Olmayabilir?

Sisteme ilişkin özel bir bilgiye gereksinim duyulduğunda ve bu bilgi bilinen kaynaklardan sağlanamıyorsa deneysel bir sorun ortaya çıktı demektir. Simülasyon metoduyla, gerçek sistem üzerinde doğrudan yapılan deney, model ve mevcut koşullar arasında iyi bir denge kurularak güçlüklerin büyük bir kısmının ortadan kaldırılması sağlanır. Bununla beraber bazan doğrudan deneyin de büyük sakıncaları vardır. Bu sakıncalar; şu şekilde sıralanabilir:

- . İşletme işlemlerini engelleyebilir.
- . Eğer kişiler sistemin bütünleyici bir parçası iseler "Hawthome etkisi" sonuçları etkileyebilir. Yani kişilerin gözlenmesi olgusu onların davranışını değiştirir.
- . Deneyin her koşulunda veya yinelenmesinde benzer işlem koşullarının korunması çok güç olabilir.
- . Aynı örnek hacmini elde etmek daha fazla zaman alıcı ve daha fazla maliyetli olabilir.
- . Gerçek yaşam denemelerinde çok değişik türden seçenekler üretmek mümkün olmayabilir.

Matematik estetikten yoksun olmasına karşın simülasyon, birçok problemin çözümünde en çok kullanılan tekniklerden biridir. Ancak yine de her teknik gibi belli sakıncalar da içermektedir. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- . İyi bir simülasyon modelinin geliştirilmesi pahalı ve zaman alıcı bir işlemdir. Her zaman kolaylıkla bulunamayacak düzeyde yaratıcılık gerektirir.
- . Bir simülasyon modeli, gerçek dünya durumunu yansıtmadığı bir anda, gerçek dünya durumunun modeli gibi algılanabilir.
- . Simülasyon sonuçları genellikle sayısaldır. Bu ise, sayılara gerektiğinden daha fazla bir geçerlik derecesi verilmesine neden olabilir.
- . Simülasyon tekniğini bir kez kullandıktan sonra, araştırmacılar, bu tekniğin analitik yöntemlerin daha uygun olduğu durumlarda da kullanma eğilimini gösterirler.

7.10.4. Kabul Edilen Varsayımlar

Kavşak, çeşitli akımların keştiği ve bir geçiş alanının olduğu yerdir. Akış ise kavşağa trafik yükü veren yoldur. Eğer kavşakta kesişen iki akış aynı anda kavşaktan geçemiyorsa, bunlar uyumsuz akışlar olur. Çevrim süresi bir ışığın bir dönemdeki toplam yeşil ve kırmızı yanma süresidir.

Atatürk Bulvarı, Sakarya'da iş merkezlerinin en yığılı olarak yer aldığı yerleşimdir. Atatürk Bulvarı, basit bir kavşaktan öte, kavşaklar bileşimi olan meydandaki trafik yükünün çok ağır olduğu açıkça görülebilir.

Meydandaki trafiğin trafik ışıkları aracılığıyla düzenlenmesi probleminin iskeleti Ek.A'dan da görülebileceği gibi;

- i) Çark Caddesinden Bulvara giden akış 1 nolu ışığa ait,
- ii) Belediye Caddesinden Bulvara ve Çark Caddesine giden akış 3 nolu ışığa ait,
- iii) Belediye Caddesinden, Çark Caddesinden, Ankara Caddesinden ve Yeni camiden bulvara girip tekrar bulvara giren akış 2 nolu ışığa ait,
- iv) Ankara Caddesinden gelip, Bankalar Sokağı ve Çark Caddesi istikametine giden akış 5 nolu ışığa ait,
- v) Bulvardan gelip, Bankalar Sokağına ve Çark Caddesi istikametine giden akış 4 nolu ışığa ait.

Ek.A' da oklarla belirtildiği gibi 1,2,3,4 ve 5 numaralı ışıklar uyumsuz ışıklara ait ışıkları oluştururlar. Örneğin, 4 nolu ışık yeşilken 5. ve 3. ışıkların kırmızı olması zorunludur.

Atatürk Bulvarındaki bu 5 ışıklı kavşağı veya meydanı tanıdıktan sonra kurulan model ve bu modeli oluştururken yapılan varsayımlar ile gözlemler üzerinde durulabilir. Modelde yer alan varsayımlar Şunlardır:

1. Kurulan Model, değişken giriş ve çıkış miktarlarını göz önüne alma. Yani modelde bir trafik ışığına gelen araç ve/veya araçların birim süredeki giriş ve çıkış miktarları sabittir.
2. Model sadece trafik ışıklarının yeşil ve kırmızı yanma sürelerini göz önüne alır. Işıkların sarı yanma süreleri yeşil yanma sürelerine dahil edilmiştir.
3. Kavşağın ele alınan kısmı içinde araçları, bir trafik ışığından çıkıp diğer trafik ışığına varış süreleri göz önüne alınmamıştır.
4. Başlangıçta kavşakta herhangi bir birikim yoktur.
5. Modelde yayalar göz önünde bulundurulmamıştır.

7.10.5. Kuyruk Sisteminin Simülasyonu

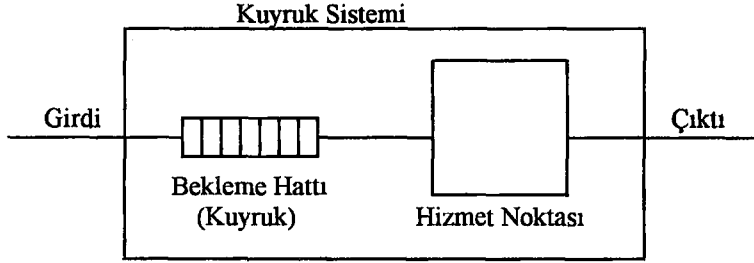
Kuyruk kuramı, belli bir hizmeti bekleyen her durum için geçerli bir kuramdır. Buna ilişkin tipik durumlar şöyledir:

- . Derse yazılmak için bekleyen öğrenciler,
- . Havaalanında bekleyen uçaklar,
- . Onarım bekleyen makineler,
- . Benzin istasyonunda bekleyen arabalar ve
- . Kırmızı ışıkta bekleyen araçlar.

Görüldüğü gibi bekleme hatları, herkesin günlük yaşamının bir parçasıdır. Verilen bir hizmete olan talep hizmet kapasitesini aşınca ortaya çıkar. Birçok durum kuyrukları azaltmak veya oluşumunu önlemek için ek imkanlar bulunur.

Bu kuyruk sisteminde, hizmet görmek için sabit ve değişken oranda hizmet noktasına gelen araçlar (uçaklar, makineler vb.) vardır. Eğer hizmet için beklemeleri gerekiyorsa, kuyruğa girerler ve hizmet görene kadar kuyrukte beklerler. Daha sonra, bunlar sabit ve/veya

değişken oranda hizmet görürler ve sistemi terkederler. Kuyruk sisteminde, hem bekleme hattı hem de hizmet noktası vardır. Şekil 7.10.1’ de görüldüğü gibi;



Şekil. 7.10.1. Tek Kuyruk, Tek Kuyruk Hizmet Sistemi

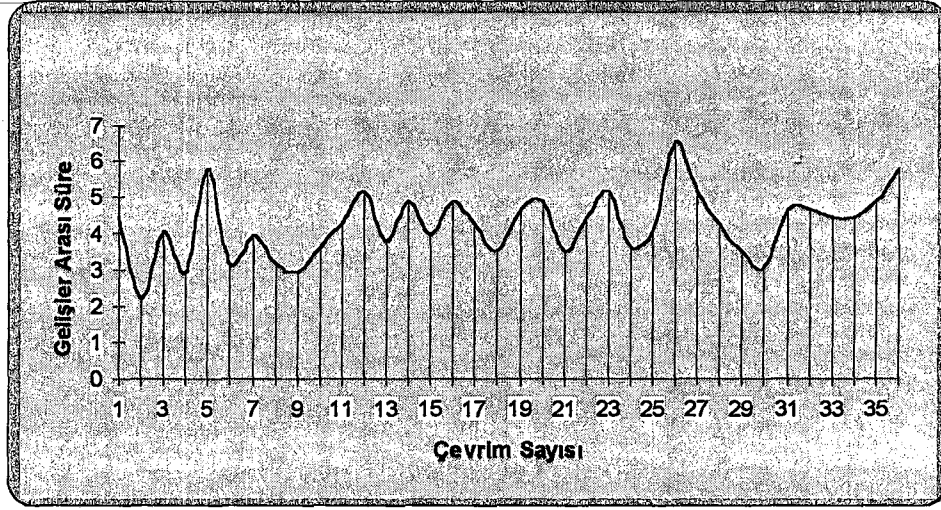
Kuyruk problemlerinde temel iki eleman bulunmaktadır:

1. Kuyruk sistemine gelen araçlar veya müşteriler servis bitene kadar bekleme hattında beklerler veya
2. Sistem boş ise gelen araçlar veya müşterilere hemen servis verilir ve sistemden ayrılırlar.

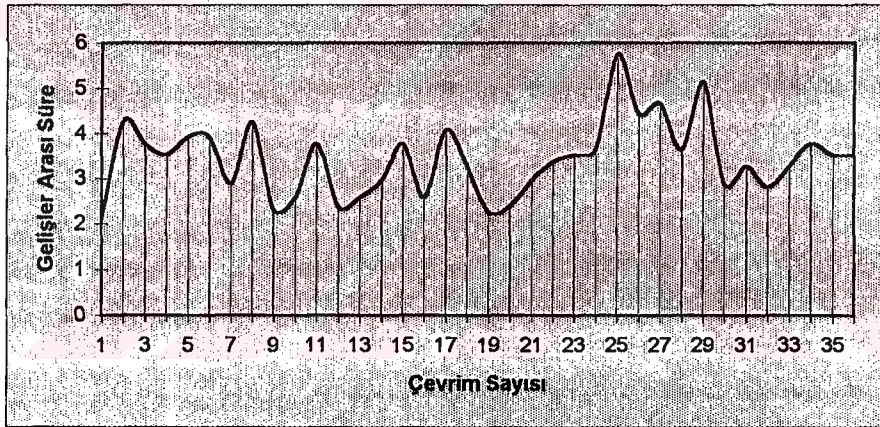
7.10.6. Sistemde Kullanılan Parametrelerin Dataları

Tablo. 7.10.1. Sistem dataları

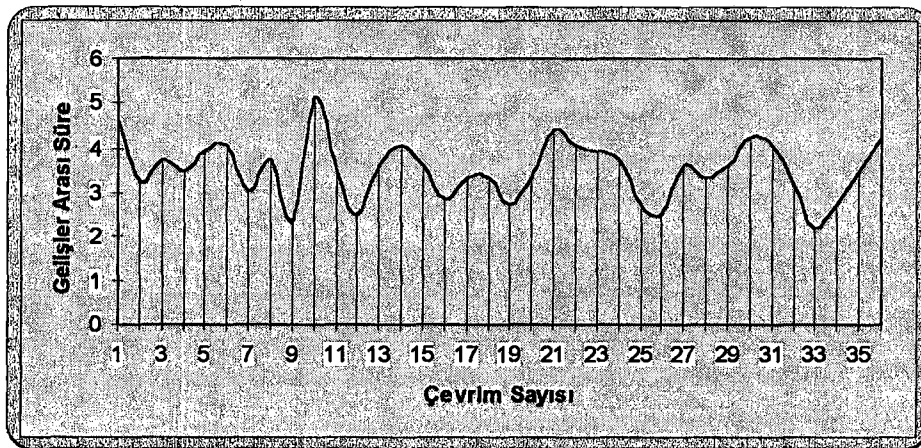
1-5 Nolu Işıklar İçin Gelişler Arası Süre (sn)				
1 Nolu	2 Nolu	3 Nolu	4 Nolu	5 Nolu
4,45	2,09	4,67	2,81	3,37
2,23	4,26	3,27	2,72	3,37
4,08	3,77	3,77	2,96	3,92
2,97	3,51	3,51	4,67	5,44
5,76	3,92	3,92	3,92	4,08
3,16	3,92	4,08	2,88	2,81
3,92	2,88	3,06	4,45	4,45
3,16	4,26	3,77	4,45	4,45
2,97	2,33	2,39	4,08	3,77
3,63	2,58	5,16	5,76	5,76
4,26	3,77	3,51	4,67	3,51
5,16	2,39	2,51	3,51	3,06
3,77	2,58	3,63	3,63	3,63
4,90	2,97	4,08	5,76	4,45
3,92	3,77	3,63	4,26	4,26
4,90	2,58	2,88	2,97	4,08
4,26	4,08	3,38	4,45	4,08
3,50	3,27	3,38	3,92	3,51
4,67	2,28	2,72	3,06	3,77
4,91	2,39	3,38	2,65	3,16
3,51	2,97	4,45	2,81	3,16
4,45	3,38	4,08	3,51	3,92
5,16	3,51	3,92	4,45	4,67
3,63	3,63	3,77	5,16	4,67
4,08	5,76	2,72	4,26	5,16
6,53	4,45	2,51	2,65	2,97
5,16	4,67	3,63	3,51	4,67
4,26	3,63	3,38	4,45	4,26
3,51	5,16	3,63	4,26	2,88
3,06	2,88	4,26	2,45	4,26
4,67	3,27	4,08	3,63	3,51
4,67	2,81	3,16	4,91	5,44
4,45	3,27	2,18	6,13	4,26
4,45	3,77	2,72	3,92	3,77
4,91	3,51	3,51	3,06	4,08
5,76	3,51	4,26	3,16	5,16



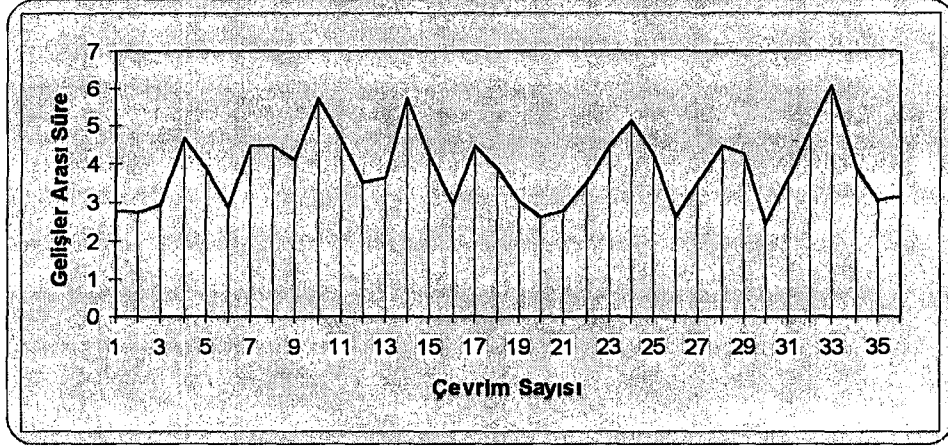
Şekil.7.33 1 Nolu Işığa Ait Dağılım Grafiği



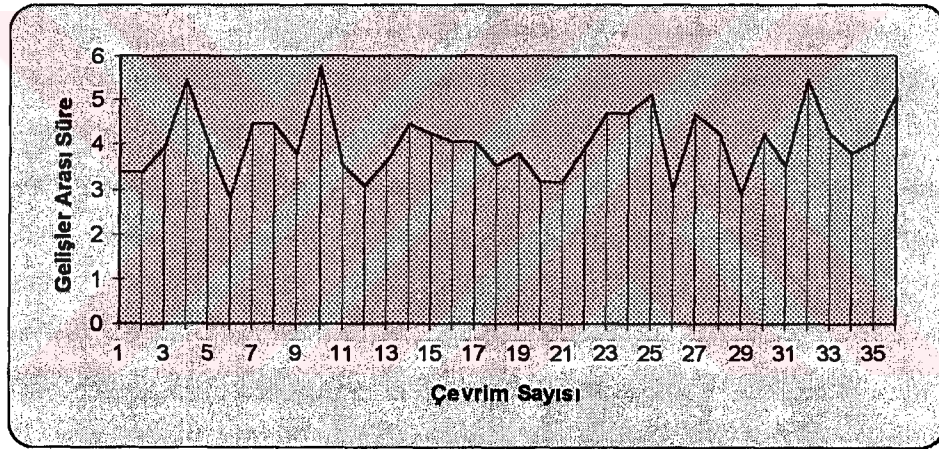
Şekil.7.34. 2 Nolu Işığa Ait Dağılım Grafiği



Şekil.7.35 . 3 Nolu Işığa Ait Dağılım Grafiği



Şekil.7.36. 4 Nolu Işığa Ait Dağılım Grafiği



Şekil.7.37. 5 Nolu Işığa Ait Dağılım Grafiği

7.10.7. Mevcut Sistemin Simülasyon Çıktısı

SIMAN IV Run Processor Version 1.3 - License #8750064
Copyright (C) 1991 by Systems Modeling Corporation. All rights reserved.

This program is licensed for training & evaluation purposes only by:

Rensselaer Polytechnic Inst.

This is a special student version with model size restrictions. Information about the commercial version may be obtained by calling (412) 741-3727.

Reading program file: r.P

Beginning execution of replication 1 of 1

SIMAN IV - License #8750064
Rensselaer Polytechnic Inst.

Summary for Replication 1 of 1

Project: LAMBA
Analyst: REMZI

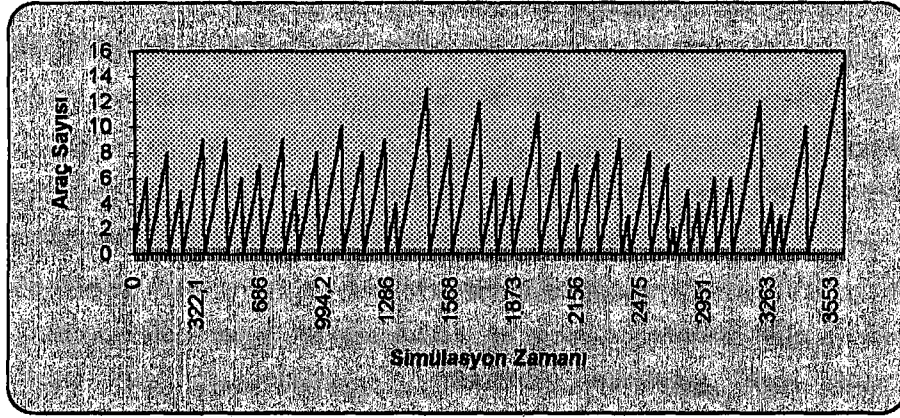
Run execution date : 10/25/1995
Model revision date: 1/ 1/1195

Replication ended at time : 3600.0

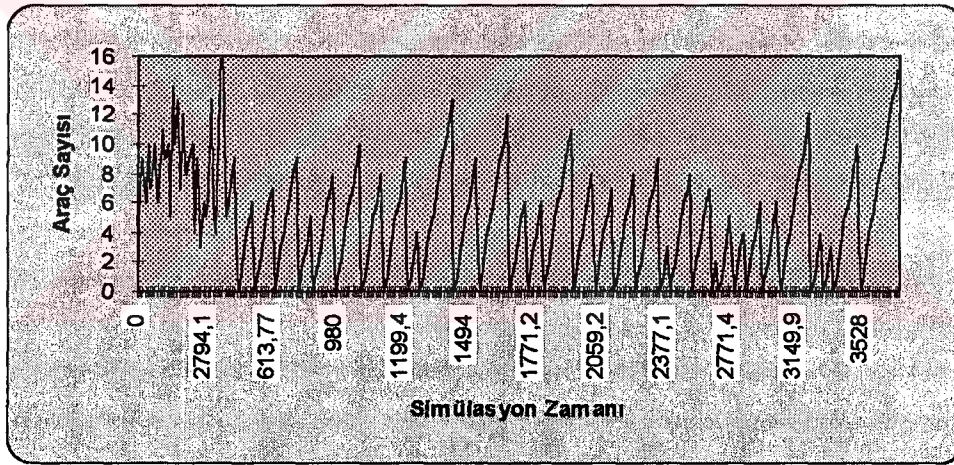
DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Variation	Minimum	Maximum	Final Value
Yeşilde Geçen	8.2896	.34021	.00000	16.000	16.000
Kırmızıda Bek.	6.0160	.56129	.00000	15.000	15.000

Run Time: 0 min(s) 5 sec(s)
Simulation run complete.



Şekil.7.38. Mevcut Sistemde Kırmızı Işıktaki Bekleyen Araçların Grafiği



Şekil.7.39. Mevcut Sistemde Yeşil Işıktaki Geçen Araçların Grafiği

7.10.8. Teklif Edilen Sistemin Simülasyon Çıktısı

SIMAN IV Run Processor Version 1.3 - License #8750064
Copyright (C) 1991 by Systems Modeling Corporation. All rights reserved.

This program is licensed for training & evaluation purposes only by:

Rensselaer Polytechnic Inst.

This is a special student version with model size restrictions. Information about the commercial version may be obtained by calling (412) 741-3727.

Reading program file: r.P

Beginning execution of replication 1 of 1

SIMAN IV - License #8750064
Rensselaer Polytechnic Inst.

Summary for Replication 1 of 1

Project: LAMBA
Analyst: REMZI

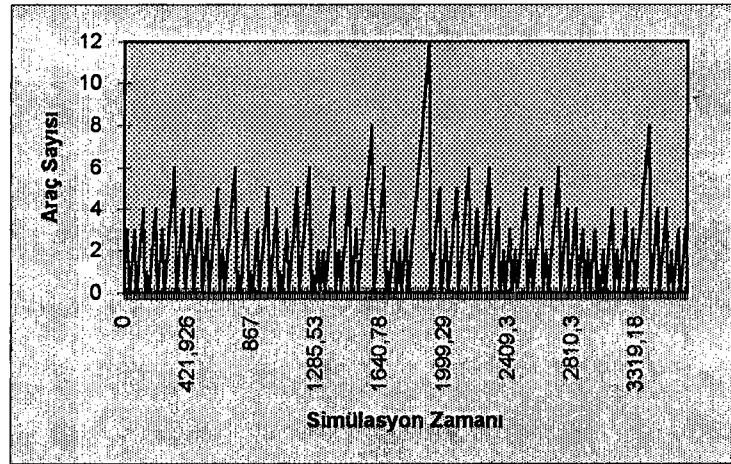
Run execution date : 10/26/1995
Model revision date: 1/ 1/1195

Replication ended at time : 3600.0

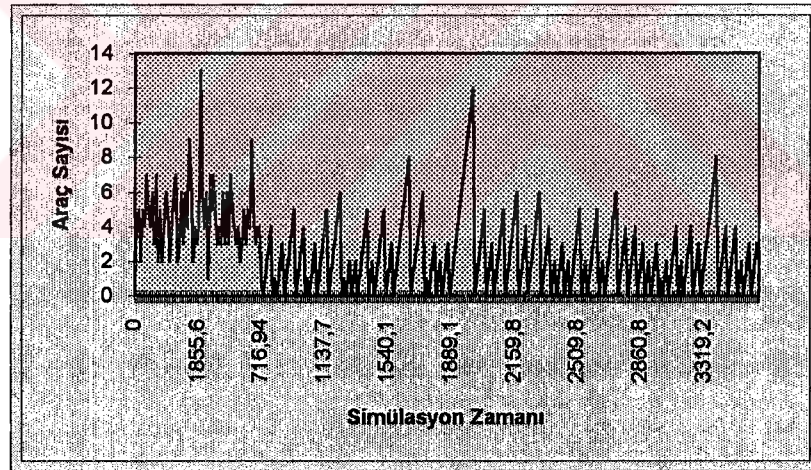
DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Variation	Minimum	Maximum	Final Value
Yes. Gec	4.6523	.42464	.00000	13.000	4.0000
Kır. Bek	2.9304	.70162	.00000	12.000	3.0000

Run Time: 0 min(s) 5 sec(s)
Simulation run complete.



Şekil.7.40 . Teklif Edilen Sistemde Kırmızı Işıқта Bekleyen Araçların Grafiği



Şekil. 7.41 . Teklif Edilen Sistemde Yeşil Işıқта Geçen Araçların Grafiği

7.10.9 Yeşil Işıktaki Geçen Ortalama Araç Sayısı İçin Anlamlılık Testi

$$\bar{x}_1 = 8.2896 \quad S_{x_1}^2 = 0.34022$$

$$\bar{x}_2 = 4.6523 \quad S_{x_2}^2 = 0.42464$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{S_{x_1}^2}{n_1} + \frac{S_{x_2}^2}{n_2}} \quad n_1 = n_2 = 36$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{0.36022 + 0.42464}{36}} = 0.148$$

$\alpha = 0.05$ anlam düzeyinde (%95 güvenlilikle)

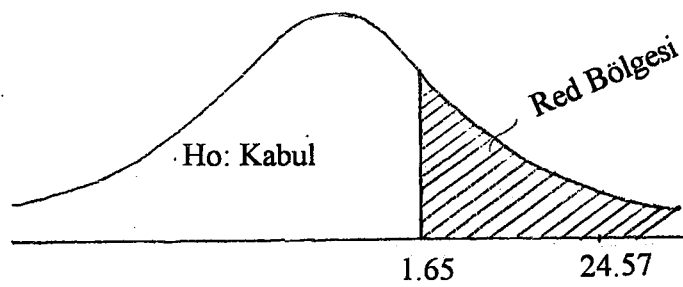
$H_0: \bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0$ (Eski ile yeni durum arasında bir fark görülmemiştir)

$H_1: \bar{x}_1 - \bar{x}_2 > 0$ (Yapılan değişiklik beklenen ortama araç sayısını düşürmüştür)

$\alpha = 0.05$ normal dağılım için $Z_\alpha = 1.65$

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - 0}{S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} = \frac{(8.2896 - 4.6523)}{0.148} = 24.57$$

$1.65 < 24.57$ olduğundan H_0 red edilir, yani ortalama yeşilde geçen araç sayısı eskiye nazaran azalma göstermiştir.



7.10.10 Kırmızı Işıktaki Bekleyen Ortalama Araç Sayısı İçin Anlamlılık Testi

$$\bar{x}_2 = 6.016 \quad S_{x_2}^2 = 0.56129$$

$$\bar{x}_1 = 2.930 \quad S_{x_1}^2 = 0.70162$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_1} = \sqrt{\frac{S_{x_1}^2}{n_1} + \frac{S_{x_1}^2}{n_2}} \quad n_1 = n_2 = 36$$

$$S_{\bar{x}_1 - \bar{x}_1} = \sqrt{\frac{0.56129 + 0.70162}{36}} \\ = 0.187$$

$\alpha = 0.05$ anlam düzeyinde (%95 güvenlilikle)

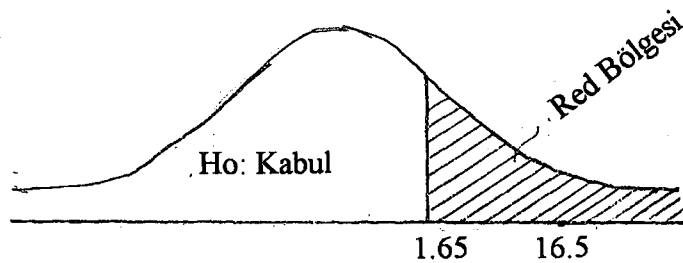
$H_0: \bar{x}_2 - \bar{x}_1 = 0$ (Eski ile yeni durum arasında bir fark görülmemiştir)

$H_1: \bar{x}_2 - \bar{x}_1 > 0$ (Yapılan değişiklik beklenen ortama araç sayısını düşürmüştür)

$\alpha = 0.05$ normal dağılım için $Z_\alpha = 1.65$

$$Z = \frac{(\bar{x}_2 - \bar{x}_1) - 0}{S_{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}} = \frac{(6.016 - 2.930)}{0.187} = 16.5$$

$1.65 < 16.5$ olduğundan H_0 red edilir, yani ortalama yeşilde geçen araç sayısı eskiye nazaran azalma göstermiştir.



BÖLÜM 8. SONUÇLAR

Bu çalışmanın yapıldığı Atatürk Bulvarındaki kapalı-döngü çevrim sistemine göre çalışan kırmızı ve yeşil ışık yanma süreleri, sabah ve akşam saatlerinde trafiğin yoğunluğu nedeniyle EK.B' de gösterilen ve aşağıda tanımlanmış olan noktalarda çevrim süreleri sabit olup kırmızı ışık yanma süresi 63 sn., yeşil ışık yanma süresi ise 35 sn. dir.

- 1 Nolu Işık : Çark Caddesi Girişi
- 2 Nolu Işık : Çark Caddesi ve Belediyeden Bulvara Giriş
- 3 Nolu Işık : Belediye Caddesinden Giriş
- 4 Nolu Işık : Bulvardan Bankalar Caddesine Giriş
- 5 Nolu Işık : Ankara Caddesinden Bulvara Giriş

A. Herbir noktada yapılan 72 gözlem sonucunda elde edilen verilerin analizinde kırmızı ışıkta bekleyen araç sayısının fazla olduğu dolayısıyla yeşil ışığın da 35 sn. olması her ne kadar trafik akışını hızlandırıyorsa da bu durumu periyodik olarak gözönünde bulundurduğumuzda 35 sn.' nin uzun bir süre olduğu tesbit edilmiştir.

B. Trafik Akış Sisteminin Bulanık Mantıkla Denetimi adlı bu çalışmamızda, bulanık denetimin gerektirdiği metotlardan biri olan ağırlıklı ortalama yönteminin kullanılmasıyla elde edilen sonuçlar; Kırmızı ışığın yanma süresi 33 sn. yeşil ışığın yanma süresi ise 18 sn. olarak bulunmasıyla bu çevrim

sürelerinin teorik olarak değerlendirilmesi gözönünde bulundurulduğunda kapalı döngülü çevrim sürelerinden daha avantajlı olduğu tesbit edilmiştir.

C. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen bu çevrim sürelerinin özellikle iki faydasından bahsedilebilir.

1. **Fayda** : Belli bir zaman aralığında kırmızı ve yeşil ışıkların Periyodundaki artışlar trafik akış hızını artıracaktır.

2. **Fayda** : Trafik akış hızındaki artış, kırmızı ışıkta bekleme süresini azaltacağından maliyetten (Yakıt ve zaman) önemli ölçüde (elde edilen verilere göre zamanın yaklaşık olarak yarı yarıya düşmesi) tasaruf sağlanmış olacaktır.

D. Bu çalışmada yayaların kapsam dışı bırakılması, öncelikle yaya takibinin zorluğundan kaynaklanmıştır. Ancak, çalışma sonucunda varılan sonuçların yayaları da önemli ölçüde avantaj olarak etkileyeceği aşikardır. Bu avantaj, yayaların klasik metotla belirlenmiş olan araçlar için 35 sn.'lik geçiş, yayaların bu süre boyunca beklemesine, bulanık denetimle bulunan sonuçta ise yayaların sadece 18 sn beklemesi şeklindedir.

BÖLÜM 9. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

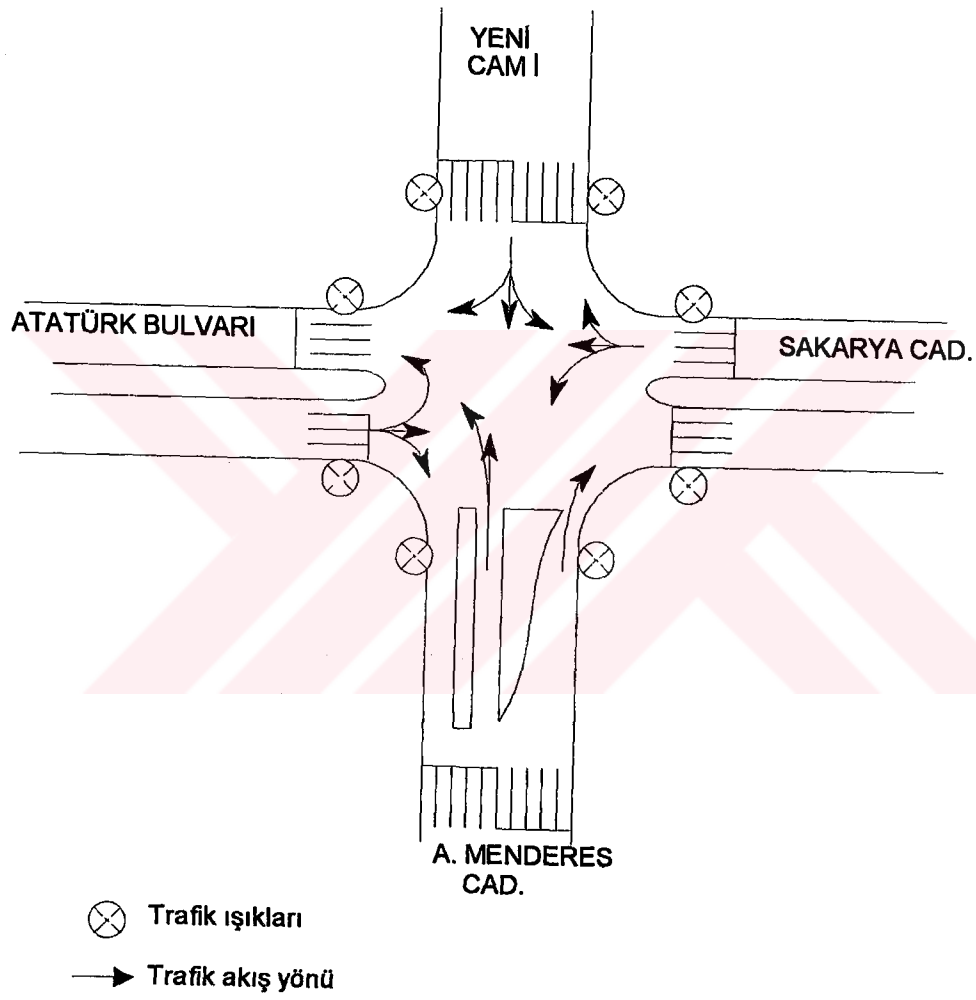
Bu çalışmada günlük hayatta insan aktivitesini önemli ölçüde etkileyen unsurlardan biri olan kavşaklarda trafik akış sistemi incelenmiştir ve bu çalışma sonucunda özellikle araçlar için trafik akış hızının belirlenmesinde sistemin modellenmesi komplike bir yapıya sahip oluşu bu çalışmanın ancak Adapazarı Atatürk Bulvarında bulunan 5 noktalı bir ışık sisteminden oluşan bir kavşağı incelemeyi gerektirmiştir. Atatürk Bulvarındaki trafik akış sisteminin daha düzgün işlemesi açısından;

1. Yayaların da bu sistemde gözönünde bulundurulması,
2. Sistemi oluşturan diğer kavşakların da incelenip sistemin bir bütün olarak ele alınması,
3. Araçların ortalama belli bir hız limitiyle seyretmeleri durumunda, kavşaklar arası mesafesinde gözönünde bulundurulup kavşaklardaki trafik ışıklarının çevrim sürelerinin belirlenmesinde önemli bir etken olacağı,
4. Trafik sisteminin daha iyi işlemesi açısından, özellikle trafiğin yoğun olduğu kavşaklarda sensörlerin yerleştirilerek optimal veya optimale yakın kırmızı ve yeşil ışık yanma sürelerinin belirlenmesi, şehir içinde trafik akış sisteminin akıcılığı açısından önemli bir gelişme olacaktır.

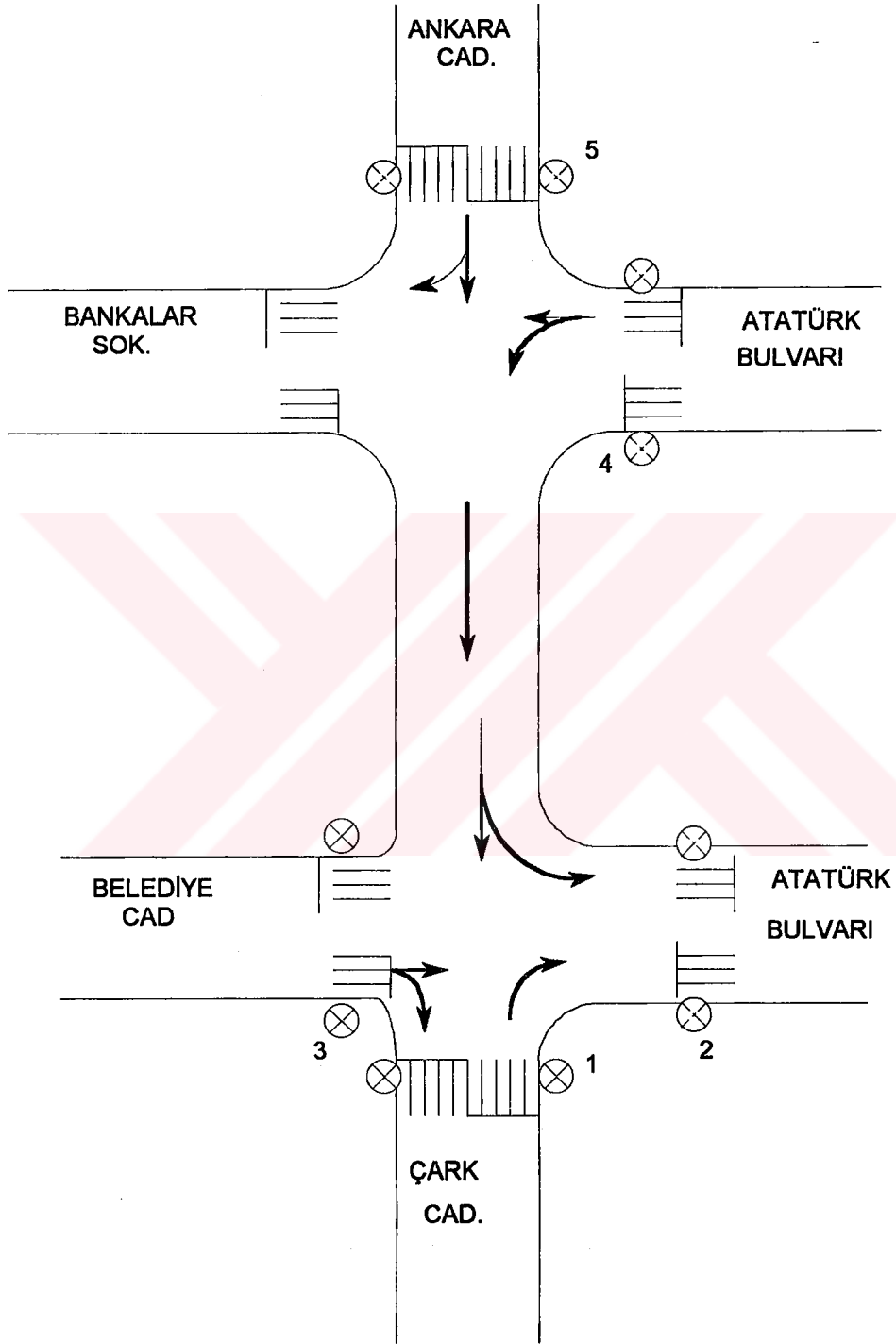
KAYNAKLAR

- [1] SHOURESHI, R. "Intelligent Control Systems: Are They for Real", Transactions of the ASME, Vol.115, pp.392-401, June- 1993.
- [2] JAMSHIDI, M., " Fuzzy Logic", Fuzzy Logic and Control, JAMSHIDI, M., VADIEE, N. and J. ROSS, T., University of New Mexico, PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.
- [3] KAYNAK, O., "Bulanık Denetim ve Endüstriyel Uygulamaları", TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, CAD/CAM ve Robotik Bölümü, 28 Ocak 1993.
- [4] SONG DA-HE "A Mathematical Model and Algorithm of Fuzzy Controller", Applications of Fuzzy Set Methodologies in Industrial Engineering. Department of Computer Science and Technology, Northern Jiaotong University, China.
- [5] VADIEE, N., " Fuzzy Rule-Based Expert Systems I", Fuzzy Logic and Control, ed.: JAMSHIDI, M., VADIEE, N. and J. ROSS, T., University of New Mexico, PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.
- [6] RALSTON, P.A.S and WARD, T.L., " Fuzzy Control of Industrial Processes", Applications of Fuzzy Set Methodologies in Industrial Engineering, ed.: EVANS, G.W., KARWOWSKI, G. and WILHELM, M., ELSEVIER Amsterdam-Oxford-Newyork-Tokyo, 1989.
- [7] ROBERT, L. K. and Keith R. B., "Simulation of Traffic Flow and Control Using Fuzzy and Conventional Methods", Fuzzy Logic and Control, ed.: JAMSHIDI, M., VADIEE, N. and J. ROSS, T., University of New Mexico, PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.

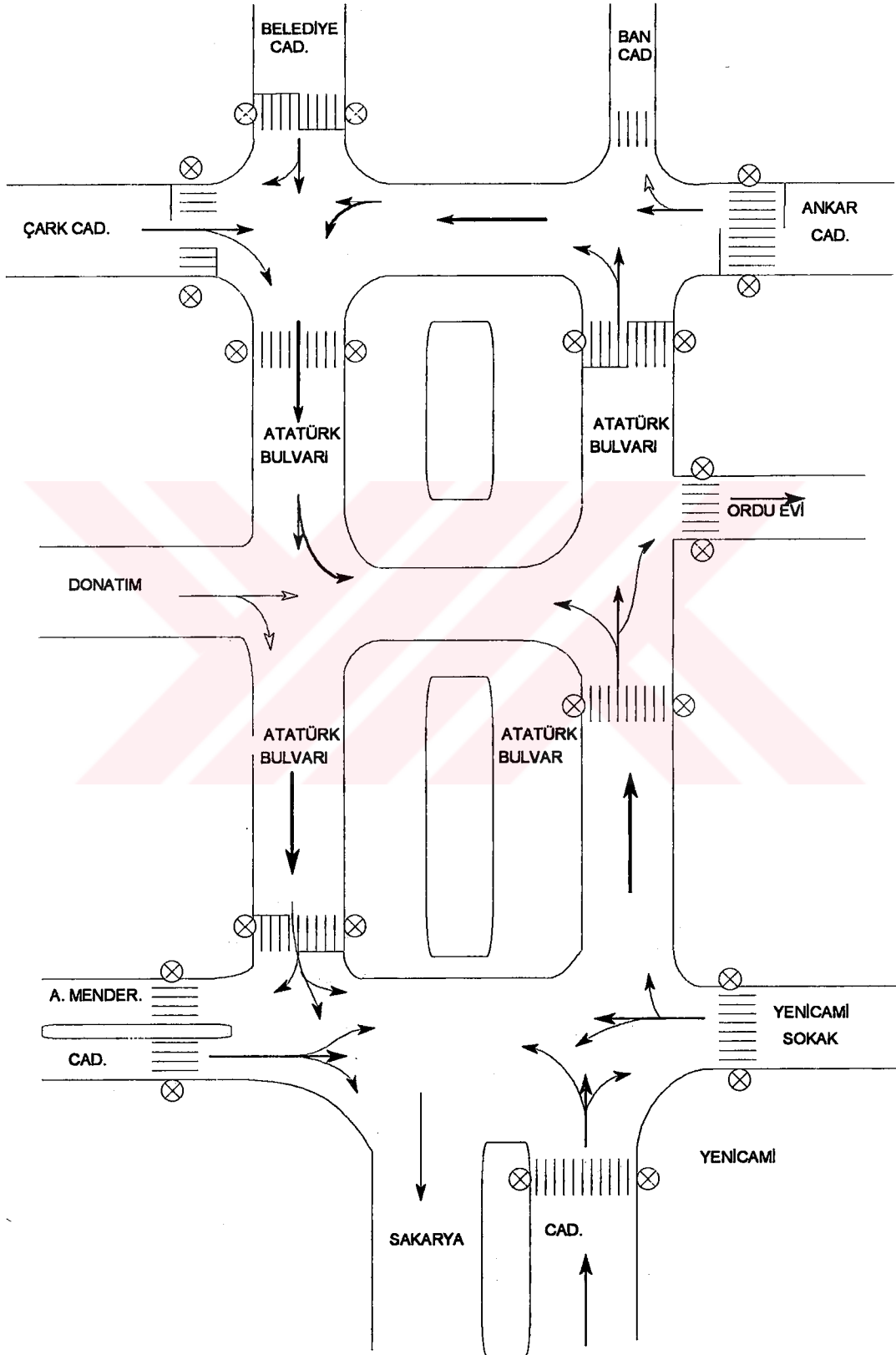
- [8] AKSEN, D., AKSU, M., ve KUBAN ALTINEL, I. " Mecidiyeköy Meydanındaki Trafik Işıklarının Düzenlenmesi", Boğaziçi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Endüstri Mühendisliği, Cilt.5, Sayı.6, 1994
- [9] GERİŞKOVAN, I. " PID, Fuzzy ve PID-Fuzzy Kontrol Algoritmalarına Genel Bir Bakış", Otomasyon, Haziran-1995.
- [10] JAMSHIDI, M., " Fuzzy Logic", Fuzzy Logic and Control, JAMSHIDI, M., VADIEE, N. and J. ROSS, T., University of New Mexico, PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1993.
- [11] CHUEN CHIEN, L., " Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I" IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, V. 20, pp. 404-418, 1990.
- [12] CZOGALA, E. and PEDRYCZ, W., "Control Problems in Fuzzy Systems", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 7, pp. 257-273, North-Holland Publishing Company, 1982.
- [13] SHI-ZHONG, H., TAN, S. and PEI-ZHUANG, W., "Control of Dynamical Processes Using an On-Line Rule-Adaptive Fuzzy Control System", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 54, pp. 11-12, North-Holland, 1993.
- [14] PEDRYCZ, W., " Methodological and Applicational of Fuzzy Models For Systems Engineering", Applications of Fuzzy Set Methodologies in Industrial Engineering, ed.: EVANS, G.W., KARWOWSKI, G. and WILHELM, M., ELSEVIER Amsterdam-Oxford-Newyork-Tokyo, 1989.
- [15] HALUK, E., " Kuyruk Sisteminde Simülasyon ", Yönetimde Simülasyon Yklaşımı, Syf.143, 1992.

EK.A: Yeni Cami Kavşağı ve Trafik Akış Yönü

EK.B: Bankalar Kavşağı ve Trafik Akış Yönü (Uygulama Kavşağı)



EK.C: Atatürk Bulvarındaki Trafik Kavşakları ve Trafik Akış Yönü



Deneyisel Program

```

BEGIN;
  PROJECT,LAMBA,REMZI,01/01/1195;
  DISCRETE,1000,1,2;
  PARAMETERS:1,5.16;
  RESOURCES:1,ISIK,1;
  DSTAT:1,x(3),Yes Gec,02:
    2,x(1), Kir Bek,01;
  REPLICATE,1,0,3600;
  ARRIVALS:1,QUEUE(2),0,1;
END;

```

Model Program

```

BEGIN;
  CREATE:EX(1,1):MARK(1);
  branch,1:
    if,x(2).eq.0,say:
      else,sayma;
  say  assign:x(1)=x(1)+1;
  sayma assign:x(3)=x(4)+1;
  QUEUE,1;
  SEIZE:ISIK;
  RELEASE:ISIK:DISPOSE;
  LAMP  QUEUE,2;
  ALTER:ISIK,-1;
  assign:x(2)=0;
  assign:x(1)=0;
  DELAY:35;
  assign:x(4)=x(1);
  ALTER:ISIK,+1;
  assign:x(2)=1;
  DELAY:63:NEXT(LAMP);
END;

```

Deneysel Program

```

BEGIN;
  PROJECT,LAMBA,REMZI,01/01/1195;
  DISCRETE,1000,1,2;
  PARAMETERS:1,5.16;
  RESOURCES:1,ISIK,1;
  DSTAT:1,x(3),Yes Gec,02:
    2,x(1), Kir Bek,01;
  REPLICATE,1,0,3600;
  ARRIVALS:1,QUEUE(2),0,1;
END;

```

Model Program

```

BEGIN;
  CREATE:EX(1,1):MARK(1);
  branch,1:
    if,x(2).eq.0,say:
      else,sayma;
  say  assign:x(1)=x(1)+1;
  sayma assign:x(3)=x(4)+1;
  QUEUE,1;
  SEIZE:ISIK;
  RELEASE:ISIK:DISPOSE;
  LAMP  QUEUE,2;
  ALTER:ISIK,-1;
  assign:x(2)=0;
  assign:x(1)=0;
  DELAY:18;
  assign:x(4)=x(1);
  ALTER:ISIK,+1;
  assign:x(2)=1;
  DELAY:33:NEXT(LAMP);
END;

```

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Şanlı Urfa'da doğdu. İlk öğrenimini Şanlı Urfa'da Orta Öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 1993 yılında İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü bitirdi. Şu an SAÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında yüksek lisans öğrencisidir. Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

