

**YÜKSEK BİNALARDAKİ İNSAN TRAFİĞİNİN
KONTROL EDİLMESİNDE
BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Oktay TÜRK
(518031040)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 Aralık 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 31 Ocak 2007**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Fuat GÜRLEYEN
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. İbrahim EKSİN (İ.T.Ü.)
Doç.Dr. Ata MUĞAN (İ.T.Ü.)**

OCAK 2007

ÖNSÖZ

Modern kentlerde kullanımı hızla gelişen asansör sistemleri, kullanılmaya başlandığı ilk tarihlerdeki basit yapılarından farklılaşarak günümüzdeki yüksek binaların insan trafiği yoğunluğunu karşılayabilecek duruma gelmişlerdir.

Yüksek ve modern binaların beraberinde getirdiği trafik yoğunluğunun istenilen koşullarda kontrol edilebilmesi, klasik sistemlerin yetersiz kaldığı bir hale dönüşmüştür. Bu çalışmada, asansör grup kontrol sistemlerinde bulanık mantık algoritması kullanımı ele alınmış ve önerilen trafik kontrolünün bu sistemlere uygulanması incelenmiştir.

Bu tezin hazırlanması sırasındaki çalışmalarında bilgisini, desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç Dr. Fuat GÜRLEYEN' e , tez çalışma sürecimde yorumlarıyla beni destekleyen Müh. Ahmet UYSAL' a ve hayatımda büyük yeri olan aileme minnetlerimi sunarım.

İstanbul, 2007

Müh. Oktay TÜRK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. ASANSÖR SİSTEMLERİ	3
2.1. Giriş	3
2.2. Asansör Trafîği	4
2.3. Asansör Trafîği Kontrol Sistemleri	7
2.3.1. Bağımsız Kabin Yönetimi	9
2.3.1.1. Tek Çağrılı Otomatik Kontrol	9
2.3.1.2. Çoklu Kabinli Otomatik Kontrol	9
2.3.2. Grup Kontrol Yöntemi	10
2.3.3. Bilgisayar Destekli Trafik Kontrolü	11
3. BULANIK MANTIK	14
3.1. Giriş	14
3.2. Bulanık Kümeler	14
3.3. Bulanık İşlemler	15
3.4. Bulanık İlişkiler	16
3.5. Üyelik Fonksiyonları	17
3.6. Dilsel Değişkenler	18
3.7. Bulanık Kontrolör Yapısı	18
3.8. Bulanık Kural Tablosunu Oluşturulması	19
3.9. Bulanık Çıkarım Metodları	22
3.9.1. Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım	22
3.9.2. Takagi - Sugeno Tipi Bulanık Çıkarım	22
3.10. Durulama Yöntemleri	23
4. ASANSÖR SİSTEMLERİNDE BULANIK YAKLAŞIMLAR	25
4.1. Giriş	25
4.2. Asansör Sistemlerinin Belirsizlikleri	26
4.3. Kontrol Önerileri	28
4.3.1. Farklı Trafik Modları Kontrolü	28
4.3.2. Kat Çağrısına Yakınlık Derecesi Kontrolü	32
4.3.2. Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları Kontrolü	34

5. BULANIK KONTROLÖR TASARIMI	36
5.1. Giriş	36
5.2. Trafik Analizi	37
5.3. Çağrı Katına Yakınlık Değerinin Etkisi	42
5.4. Yakınlık Değeri Ağırlığının Çıkarımı	45
5.5. Maket Bir Binada Algoritmanın İncelenmesi	51
5.5.1. Donanım ve Yazılım Yapıları	51
5.5.2. Bulanık Algoritmanın Çalıştırılması	54
5.5.1. Kontrol Algoritmasının Durum Davranışlarının İncelenmesi	58
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR	64
EKLER	66
EK A . Simülasyon Sonuçları	66
ÖZGEÇMİŞ	72

KISALTMALAR

RNC	: Asansör kat işlem sayısı
AWT	: Ortalama bekleme süresi
PC	: Sistem güç tüketimi
LWP	: Uzun süre bekleme olasılığı
BMK	: Bulanık mantık kontrolörü
UPT	: Yukarı trafik
DNT	: Aşağı trafik
CITP	: En kalabalık kat gelen yolcu sayısı oranı
DOTP	: En kalabalık kat giden yolcu sayısı oranı
TIME	: Zaman
TA	: Trafik miktarı
TP	: Trafik oranı
BT	: İş zamanı
UP	: Yukarı pik
DP	: Aşağı pik
LT	: Öğle yemeği zamanı
BTH	: İş saati ve yoğun trafik
HT	: Yoğun trafik
VS	: Çok küçük
SM	: Küçük
MD	: Orta
LR	: Büyük
VL	: Çok büyük
NL	: Negatif büyük
NM	: Negatif orta
ZE	: Sıfır
PM	: Pozitif orta
PL	: Pozitif büyük

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1	Bulanık kontrol kural tablosu 21
Tablo 4.1	Yolcu trafiği özellikleri 30
Tablo 4.2	Yolcu trafik modları 31
Tablo A.1	10 katlı binada 3 kabinli sistem için simülasyon sonuçları – 1. . . . 66
Tablo A.2	Simülasyon sonuçları – 1 $\phi(i)$ değerleri karşılaştırması..... 67
Tablo A.3	10 katlı binada 3 kabinli sistem için simülasyon sonuçları – 2..... 68
Tablo A.4	Simülasyon sonuçları – 2 $\phi(i)$ değerleri karşılaştırması..... 69
Tablo A.5	10 katlı binada 3 kabinli sistem için simülasyon sonuçları – 3..... 70
Tablo A.6	Simülasyon sonuçları – 3 $\phi(i)$ değerleri karşılaştırması..... 71

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	: Zamana bağlı değişik trafik yoğunlukları.....	6
Şekil 2.2	: Zamanla değişen pik durumları.....	6
Şekil 2.3	: Yukarı pik urumu	7
Şekil 2.4	: Aşağı pik durumu	8
Şekil 2.5	: Kontrol yazılımı yapısı.....	13
Şekil 3.1	: Hız üyelik fonksiyonları.....	18
Şekil 3.2	: Bulanık mantık kontrolörünün bileşenleri.....	19
Şekil 3.3	: Ters sarkaç.....	20
Şekil 3.4	: Mamdani tipi bulanık çıkarım.....	22
Şekil 3.5	: Sugeno tipi kural işleyişi.....	23
Şekil 3.6	: Ağırlık merkezi durulama metodu.....	24
Şekil 4.1	: Kat çağrısı durumu örneği.....	27
Şekil 4.2	: Temel karar bölümleri.....	29
Şekil 4.3	: TA ve TP üyelik fonksiyonları.....	31
Şekil 4.4	: Yolcu trafiğinin bulanık sınıflandırılması.....	32
Şekil 4.5	: Alan ağırlığının belirlenmesi akış diyagramı.....	34
Şekil 5.1.a	: Basit çağrı durumu.....	38
Şekil 5.1.b	: Hizmet rotası.....	38
Şekil 5.2.a	: Ters yönlü kat çağrısı.....	38
Şekil 5.2.b	: Aynı yönlü kat çağrısı.....	38
Şekil 5.3	: Çoklu kabin trafiği.....	40
Şekil 5.4	: Yakınlık değeri gösterimi.....	44
Şekil 5.5	: Kabinlerin yakınlık değerinin hesaplanması.....	45
Şekil 5.6	: Alfa çıkarım editörü ALFACIKARIM.fis.....	46
Şekil 5.7	: AWT üyelik fonksiyonları.....	47
Şekil 5.8	: Alfa üyelik fonksiyonları.....	47
Şekil 5.9	: PC üyelik fonksiyonları.....	48
Şekil 5.10	: LWP üyelik fonksiyonları.....	49
Şekil 5.11	: β üyelik fonksiyonları.....	50
Şekil 5.12	: Zaman üyelik fonksiyonları.....	50
Şekil 5.13	: Maket Asansör Sistemi Yapısı.....	51
Şekil 5.14.a	: Kabin1 görev durumu.....	52
Şekil 5.14.b	: Kabin2 görev durumu.....	52
Şekil 5.15	: Yukarı çağrı görevi atama butonlarının çalışması.....	52
Şekil 5.16	: Aşağı çağrı görevi atama butonlarının çalışması.....	53
Şekil 5.17	: Kabin içi görev atama butonlarının çalışması.....	53
Şekil 5.18	: Kabin yönünün belirlenmesi.....	54
Şekil 5.19	: Yukarı yönlü yapılan kat çağrısı çalışması.....	55
Şekil 5.20	: Tahmini bekleme süresi tb fonksiyonu akış diyagramı.....	56
Şekil 5.21	: Bulanık Çıkarım Hesabının Çağırılması.....	56
Şekil 5.22	: Kontrol programı akış diyagramı.....	57

SEMBOL LİSTESİ

N	: Bina kat sayısı
n	: Kabin sayısı
d	: Çağrı ile kabin arası uzaklık
FS	: Kabin seçim uygunluk değeri
$\mu_A(x)$	: x elemanının A kümesine uygunluk değeri
$\wedge$	: Yukarı yön çağrısı görevi
$\vee$	: Yukarı yön çağrısı görevi
$\bullet$	: Kabin içi hizmet görececek çağrı
θ	: Açı
d θ	: Açının türevi
ϕ	: Kabin seçim öncelik değeri
T_{AWT}	: Ortalama yolcu bekleme süresi
T_{LWP}	: Uzun süre bekleme süresi
T_{RNC}	: Belli bir zaman içerisinde kabin birim hareketi sayısı
v_1, v_2, v_3	: Hesaplama kriteri ağırlıkları
T_{AVR}	: Tahmini hizmet süresi
α	: Kabin çağrı katı yakınlık derecesi ağırlığı
β	: Tahmini hizmet süresi sapma miktarı
m	: Belli bir süre içerisinde gelen koridor çağrısı sayısı
f	: Çağrı katına yakınlık değeri hesaplama aralığı
T_α	: Kabinlerin çağrı katına yakınlık değeri
T_E	: Kabin özel durum etkeni değeri
Δ	: Koridor yukarı yön çağrısı
∇	: Koridor aşağı yön çağrısı
hol	: Kabin koridor görevleri kaydedici matrisi
kabin	: Kabin içi butonları görev kaydedici matrisi

YÜKSEK BİNALARDAKİ İNSAN TRAFİĞİNİN KONTROL EDİLMESİNDE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI

ÖZET

Yüksek binaların yoğun insan trafiği, asansör grup sistemlerinin daha etkili kullanılma zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Çok kabinli asansörlerde hizmet verilen yolcuların istenilen en kısa sürede hedefe ulaştırılması gibi taleplerinin yanında bazı performans değerlerinin de istenilen sınırlar içerisinde tutularak sistem trafik analizinin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada çok kabinli grup asansör sistemlerinin verileri incelenerek koridorlardan gelen kat çağrılarına tahsis edilecek kabin belirlenmektedir. Bina trafiğine özel, esnek yaklaşımlar getirerek daha etkili kararlar alınabilmektedir. Performans kriterlerinin durumları ve binanın o anki karakteristiği incelenerek bulanık çıkarım sonucunda en uygun kabin yönlendirilmektedir. Bu konuyla ilgili daha önce yapılan bulanık mantık kontrollü çalışmalarda dilisel değişkenlere yenileri eklenmiş, sistem denetiminin günün belirli zaman dilimlerinde çalışması farklılaştırılarak insan yorumları ve deneyimlerinin bulanık kontrol algoritmasındaki etkileri incelenmiştir.

Koridor çağrısı yönlendirme temelinde çalışan sistem, bina karakteristiğinden alınan ortalama bekleme zamanı, sistem güç tüketimi ve uzun süre bekleme olasılığı değerleri ile o anki çağrı zamanının yorumlanması sonucunda en uygun kabin yönlendirme seçimini yapmaktadır. Kontrol sisteminin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla maket bir asansör grup kontrol sistemi değişik çağrı durumlarında incelenmiştir. Binanın o anki özelliklerine göre yapılan esnek trafik analizi sonuçları gözlemlenmiştir. Böylece bekleme zamanı ve güç tüketimi değerlerinin istenilen durumlarda sınırlandırılması amaçlanmaktadır. Önerilen sistemin matematiksel hesaplamaları verilmiş, kabin çağrı yönlendirme öncelik fonksiyonu ve asansör sistemindeki her bir kabinin kat çağrısına yakınlığının önemini belirten katsayının bulanık mantık yöntemiyle çıkarımı açıklanmıştır. Daha önceki çalışmalardan farklı olarak dilisel değişken olarak kullanılan sistem kriterleri sayısı daha fazladır ve bulanık katsayı çıkarımı tek adımda elde edilmektedir.

A FUZZY APPROACH TO CONTROL THE HUMAN TRAFFIC IN TALL BUILDINGS

SUMMARY

As a result of increase in tall buildings and skyscrapers , elevator group control systems have become more important . Conventional algorithms lack controlling the heavy traffic in these buildings beside the intelligent algorithms.

In traffic control of elevator systems, a corresponding two level control hierarchy must solve two different control problems. The lower level task is to command each elevator to move up or down, to stop or start and to open and close the door. The higher level coordinates the movement of a group of elevators through a set of logical rules crafted to improve the system performance.of concern. [3] These rules are defined to state the basis of fuzzy controller.

The conventional elevator control systems do not guarantee the better waiting time for service and lower traveling time to another floor, beside the capability of serving the hall calls. A group control system defined as effective, should provide services to both car and hall calls, minimize the waiting time and system power consumption.

However, it is not so easy to satisfy all requirements since the sophisticated parameters like unpredictable random calls, locations and targets. Hence , the control strategy must be flexible enough to meet diverse conditions especially when changes in passenger demands, different traffic patterns (up-peak, down-peak, special services, etc.) are of concern. [3] When the system is highly complex and unpredictable it is more suitable to use fuzzy based control methods to improve the control quality.

In the elevator systems, there are two type of calls , named car calls and hall calls. There are a pair of hall call buttons on each floor, up and down call. When a hall call button is pressed, the number of passengers, the future calls and car calls are unpredictable, beside the known data such as the car floor, direction and its former assignments. To select the most suitable car to assign for a new hall call, priority functions are defined with estimated service time, distance value of the each car multiplied by a coefficient evaluated from fuzzy model of the buildings. The linguistic variables of the fuzzy model are average waiting time, power consumption, long waiting probability and the call time zone. The determination of the coefficient is very important. It may directly effect the selection of the car to assign for the new call.

1. GİRİŞ

Asansörler, gelişen kentlerde kullanılmaya başlandığından itibaren yüksek binalarda zorunluluk haline gelmişlerdir. Bu sistemlerdeki gelişmeler sayesinde daha yüksek binalar yapılabilmiş, modernleşen kentlerdeki gökdelenlerin insan trafiği yoğunlukları karşılanabilir hale gelmiştir.

Gelişen teknolojiyle beraber, özellikle mikroelektronik alanındaki yenilikler sayesinde asansör sistemleri daha etkili yönetilmeye başlandı. Çok çeşitli kontrol algoritmaları gömülü sistemlere yüklenerek sistem performansı her geçen süreç içerisinde geliştirildi. Günümüzde gökdelenlerde ve çok yüksek binaların grup asansör trafiğinin kontrol edilmesinde bilgisayar tabanlı kontrol sistemleri kullanılmaktadır.

Yüksek binaların yoğun trafiğiyle başa çıkabilmek için bina kat sayısı, trafik yoğunluklarının değişimi ve istenilen hizmet süreleri gibi kriterlere göre kabin sayısı seçilmektedir. Bununla beraber, bina karakteristiğine uygun trafik dizaynının yapılarak sistemin performansının artırılması gerekmektedir. Kaliteli hizmetin anlamı tartışılırken katlardan gelen koridor çağrısına ve kabin içi çağrılara hizmet verebilmenin yanısıra hizmetin kalitesi, süresi gibi sistem kriterlerinin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yolcu taşıyan ilk asansör 1743 yılında kullanılmaya başlandığında insan gücü ile çalışmaktaydı. 21. yüzyıla gelindiğinde ise gökdelenlerin, çok lüks binaların asansör sistemleri çok daha karmaşık bir grup sistemi ve kontrol algoritması ile yönetilebilmektedir. Gelişen asansör sistemlerinin beraberinde kontrol sistemleri de gelişme içerisinde. Katlardan gelen çağrıya kabini göndermek ve uygun hizmeti vermek kullanılan en basit kontrol yöntemleridir. Az katlı binalarda bu sistem yeterli olmasına rağmen bina yüksekliği ve yolcu sayısı arttıkça ihtiyacı karşılayamaz hale gelmiştir.

Asansörlerin bina ihtiyaçları belirlendikten sonra hizmetin verileceği binanın trafiğini iyileştirecek seçimlerin yapılabilmesi önemlidir. Yolcu memnuniyeti, servis hızı ve sistem güç tüketimi konularında bina trafik karakteristiğinin iyi analiz edilmiş olması daha sonra yaşanabilecek aksaklıkları oluşmadan önleyebilmek için gereklidir.

Gün içindeki yoğunluk dağılımı, binadaki insan sayısı, gün içerisindeki insan sayısının değişimi, kabin hızı, kabin durma kalkma süreleri gibi daha önceden izlenmiş veya matematiksel olarak hesaplanabilen değerlerin bilinmesi, doğru sistem tasarımının yapılabilmesini sağlamaktadır. Tam olarak tahmin edilemeyen birçok değişkenin bulunduğu bir sistemin kontrol edilebilmesi ancak iyi bir gözlem, yorumlayabilme yeteneği ve sağlam bir kontrol önerisi ile mümkün olabilmektedir. Bu yaklaşımla, yolcu trafik anlarını yorumlayabilen ve bu değişik durumlarda yapması gerekenleri bilen bir sistem istenilen hizmetin performansını arttıracaktır. Bu nedenle çalışmamda, net olarak matematiksel ifadesi çıkarılamayan ancak deneyimler ve gözlemlerle tahmin edilebilen bir sistemin kontrolüne bulanık mantık kontrol önerisi geliştirilmiştir.

Bu öneride kabinlerin çalışma sıklıklarının belirlenmesinde çağrı katına olan yakınlıkların önemini vurgulayan katsayının bulanık çıkarım yöntemiyle elde edilmesi ortaya koyulmuştur. Daha önce yapılan benzer çalışmalardan farklı olarak ortalama bekleme süresi, uzun süre bekleme olasılığı, sistem güç tüketimi değerlerinin yanısıra günün hangi saatinde bulunulduğu da önem taşımaktadır. Bulanık çıkarım kurallarında o anki zaman da değişken olarak alınmıştır. Ayrıca matematiksel olarak hesaplanabilen kabinlerin çağrı katına varış süreleri de tam bir kesinlik içermemektedir. Her bir kabinin o anki görev tablosu bilinmesine rağmen ileride verilmesi gereken hizmetlerin daha önceden tahmin edilebilmesi zordur. Koridor çağrısı geldiğinde o anki durum için hesaplanabilen varış süresi değerinden sapabilmektedir. Bu sapma değeri 5 dk. lık süreçler içerisinde ortalama alınarak gözönüne alınırsa gelişigüzel oluşabilecek insan yoğunluğu etkisi kabin hesaplamalarında önem kazanacaktır. Tahmini bekleme süresi ve çağrı katına yakınlık değeri ile ifade edilen öncelik fonksiyonlarına göre çağrıya tahsis edilecek kabin belirlenmektedir.

2. ASANSÖR SİSTEMLERİ

2.1. Giriş

Asansörler, insan veya yükleri hareketli platformları ile düşey doğrultuda istenilen yükseklikteki bölümlere taşımayı sağlayan araçlardır. İlk kullanıldıkları günlerdeki basit çalışma sistemlerinden günümüze kadar hızlı bir şekilde gelişen elektronik kontrol sistemleri sayesinde otomatik tahrikli elektrik motorlarıyla çalışmaktalar ve daha modern bir trafik algoritması ile yönetilmektedirler.

Yolcu taşıyan ilk asansör 1743 yılında Ersailles Sarayında Fransa Kralı XV. Louis için kullanılmıştır. Bu ilk asansör, bazı ağırlık dengeleriyle hareket ediyor ve insan gücü ile çalışıyordu.

Bir binaya yerleştirilen ve insan taşıyan ilk asansör ise 23 Mart 1857' de, New York' un Broadway semtinde beş katlı bir binaya takıldı. Bunun sonrasında ise 23 Ağustos 1859' da New York' ta altı katlı Fifth Avenue Hotel' ine monte edilen bu ilk asansörler buharlı motor gücüyle çalışıyorlardı. Bir iş merkezinde çalışan ilk asansör 1868 yılında New York' taki Equitable Life Assuance Building' e takıldı. Yüksek hızlı asansörler de yine New York' ta 1879 yılı Eylül aylarında Boreel binasına yerleştirildi. Bu asansörler aynı anda hareket eden dört birimden oluşuyordu. 1880 yılında Manheim Endüstri Sergisi' nde 22 metre yüksekliğinde bir binaya ilk elektrikli asansör monte edildi.

Asansörlerin icadıyla birlikte kentlerin büyüme şekilleri ve yapıların yükseklikleri değişmeye başladı. Gökdelenler çok daha hızlı bir şekilde hayata geçirilebildi ve kentler artık dikey olarak büyümeye başladılar. Günümüzde çok yüksek binalarda kullanılan asansör hızları dakikada 150 metreye ulaşabilmektedir. Bu kadar yüksek hızlara ulaşabilen asansör sistemlerinin oldukça sağlam güvenlik sistemleri olması zorunluluk haline gelmiştir. Kabin üzerine bağlı çelik kablolar ile hareket

sağlanmaktadır ve kablonun diğer ucunda sistem ağırlığını dengeleyen demir bloklar bulunmaktadır. Asansörler klavuz raylar arasında hareket edebilmektedirler. Çelik halat kopması gibi düşme tehlikesi durumlarında emniyet frenleri devreye girmektedir.

Tercih edilen bir başka sistem ise alçak katlı binalarda düşük hızlı asansörlerde kablolu sistem yerine hidrolik sistem kullanılmasıdır. Kabinin altında çelik bir pistonu çevreleyen silindirin içindeki yağın basıncıyla asansör kabini yukarı doğru hareket eder. Kabinin aşağı doğru hareketinde ise silindirin valfleri yağın silindir dışına boşalmasını kontrol eder. Piston aşağı inerken kabin de aşağı yönde hareket eder.

Çok daha modern yöntemlerle çalışan günümüzün asansörleri koridor ve kabin çağrı butonları, otomatik açılıp kapanan güvenli kabin kapıları , gelişmiş sensör teknolojisi ile servis kalitesini artırma yönünde ilerlemektedir. Modern asansörler gelen her çağrıya hizmet verebilme, koridor çağrılarına cevap verebilme süreleri ve yolculuk sürelerini azaltabilme özelliklerine sahiptirler. Ancak çok yüksek yapılarda servis sürelerinin kısaltılması yanında çok katlı ve çok kabinli sistemlerin büyüyen enerji harcamalarının kontrol altına alınması istenilmektedir. Servis süresi kısaltılırken güç tüketiminde oluşacak anormal derecede bir artış çoğu zaman istenmeyen bir durumdur.

2.2. Asansör Trafiği

Bir asansör sisteminin yoğunluğu ve tipi bazı kriterlerle yorumlanabilir. Asansör sistemine giriş ve çıkış yapan yolcu sayısı, katlararası yolcu yoğunluğu, günün belirli saatlerinde oluşan yoğunluk ve durgunluk bir binanın karakteristiği ile doğrudan ilgili özelliklerdir.

Katlardan gelebilecek bir çağrı tamamen rastgeledir ve önceden tam olarak tespit edilebilmesi imkansızdır. Ancak çağrının hangi koşullarda ve nereden geldiği bir sistem için önemlidir. Bina karakteristiğinin doğru analiz edilmesi için, yoğunluk değişimlerinde nasıl bir algoritma uygulanacağını bilmesi gerekir. Belirsiz anlarda

yapılacak rastgele çağrılar sistemin kesin olmayan durumlar için kesin sonuçlar üretmesini zorunlu kılmaktadır. Kısaca, belirsiz durumlarda gelen bir çağrıya kesinlikle hizmet verilmesi gerekmektedir.

İnsan trafiği yoğunluğunun değişimi zaman içerisinde farklılaşabilmektedir. Hatta bu yoğunluk belirli zaman aralıklarında, önceki deneyimlerden ve izlenimlerden edinilen bilgilere göre çok belirgin bir şekilde izlenmektedir. Trafik yığılmalarının zamanı her bina için aynı olmasa da genel olarak anlamlı ve genel geçerliliği olan veriler içermektedir. Günün belirli saatlerinde belirli katlarda oluşan yoğunluğun tespiti ve sınıflandırılabilmesi kontrol algoritmasında gözönünde bulundurulması gereken önemli bir izlenimdir.

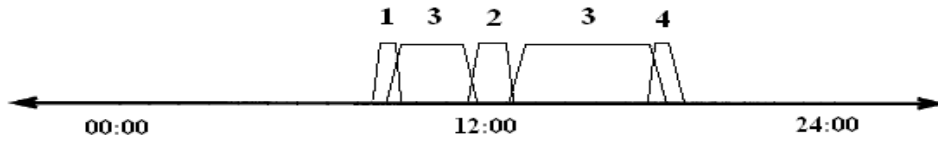
Asansör grup kontrol sistemleri, koridordan gelen çağrıya uygun kabini görevlendirirken kabinlerin o anki katı, çağrı katı, yolcu sayıları, trafik durumları ve kontrol algoritması önemlidir. Trafik datasının toplanması daha sonra gelecek çağrıların yorumlanabilmesi için gereklidir.

Daha önce yapılan bazı çalışmalarda, günün belirli saat dilimlerindeki farklı trafik şekilleri için farklı algoritmaların uygulanabileceği önerilmiştir. Sabah saatlerinde işe gelen insanların oluşturduğu yukarı yönde yığılan, yemek saatlerinde aşağı yönde, yemek saati dönüşünde giriş katından üst katlara doğru oluşan ve iş saati çıkışlarında aşağı yönde yoğunlaşan trafik, ani insan yoğunluğu değişimlerinin gözlemlerle öğrenilmiş olduğu genel durumlardır. Bu durumlarda farklı algoritmalar geliştirilerek ortalama bekleme süresinin veya güç tüketiminin istenilen sınırlar içerisinde tutulması sağlanmaktadır. Sabah saatlerinde oluşan yoğun yığılmaları karşılayabilmek için kabinlerin çalışma sıklığı artmalı , bu durumda güç tüketimi sınırlar dahilinde göz ardı edilmelidir. Trafiğin azaldığı normal süreçler içerisinde ise bekleme sürelerinin istenilen sınırlar içerisinde artmasına izin verilerek kabin çalışma sıklıkları azalmakta ve güç tüketiminin azalması sağlanmaktadır.

Günün belirli saatlerinde trafik Şekil 2.1 deki gibi yoğunluk olarak değişim göstermektedir.

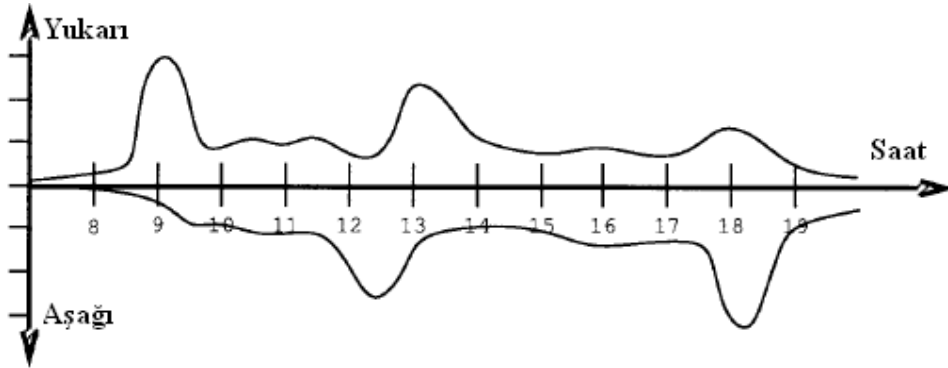
- 1 - Sabah saatlerinde görülen "Yukarı Trafik"
- 2 - Yemek saatinde oluşan aşağı yöndeki trafik
- 3 - Sabah-öğlen yemek arası ve yemek sonrası-akşam saatlerinde normal trafik
- 4 - Çıkış saatinde görülen "Aşağı Trafik"

O anki yukarı, aşağı trafik yoğunluğu, katlarda oluşan geliş gidiş yoğunlukları ve saate bağlı olarak değişik kontrol durumları tanımlanabilir. Böylece o anki duruma daha uyumlu bir bulanık algoritma sağlanmış olacaktır. [2]



Şekil 2.1 Zamana bağlı değişik trafik yoğunlukları

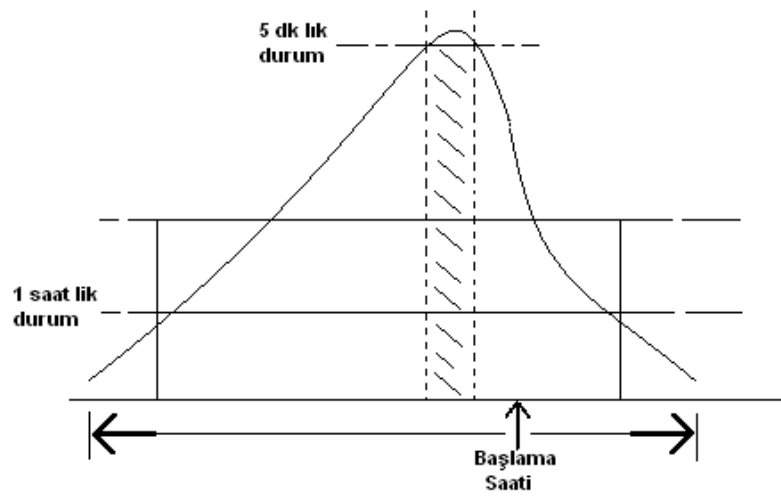
Genel bina yapılarındaki yoğunluk Şekil 2.2 deki gibi bir dağılım izlemektedir. Bu yoğunlukların karşılanması amacıyla belirli dönemlerde gözlenen pik durumlarında bekleme sürelerinin azaltılması ve daha iyi hizmet verilebilmesi için kabin ulaşma sürelerinin iyileştirilmesi gerekir. Bu amaçla kabinlerin çalışma sıklıklarının artırılarak en kısa sürede en uygun kabinin çağrıya tahsis edilmesi yönünde bir kontrol yürütülmesi gerektiği çok açıktır.



Şekil 2.2 Zamanla değişen pik durumları

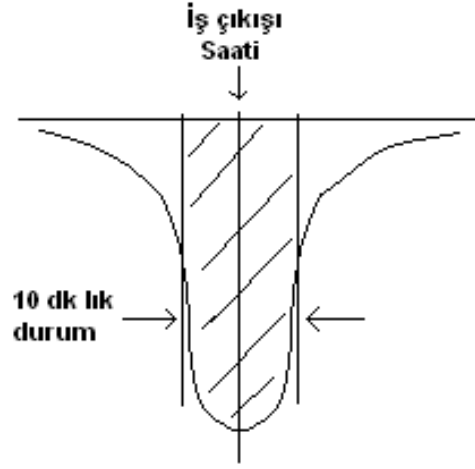
2.3. Asansör Trafîği Kontrol Sistemleri

GINA BARNEY [9], yaptığı analizde trafik durumlarını dört ana bölümde incelemiştir. Günün başlanıgıcında oluşan ve ortalama yukarı trafik değeri fazla olan bu trafik olayı sabah yukarı pik durumu olarak isimlendirilmiştir. Sabah saatinde görülen bu yoğunluk işe gelme sürecinin bir sonucudur. 1 saat kadar yaygın bir bölgede görülen yoğunlaşma mesai başlangıcı saatine yaklaşıldığında oldukça artmaktadır. Asansör talebinin Şekil 2.3’ de görülebileceği gibi, 5 dk. lık süreç içerisinde oluşan yukarı pik durumunda karşılanabilirliği oldukça önemlidir.



Şekil 2.3 Yukarı pik durumu

Günün sonunda binadaki insanlar çalışma saati bitiminde binayı terketmek için normalden çok daha fazla miktarda aşağı yönde çağrı oluşmaktadır. Akşam aşağı pik durumu olarak isimlendirilen bu durumun yukarı pik durumundan daha yoğun olduğu gözlemlenmiştir. Bu süreç , iş çıkışı saati öncesinde başlamakta , çıkış saatine yaklaştıkça çok büyük miktarda artmaktadır. Şekil 2.4 de görüldüğü gibi 10 dk lık bir süreç yoğunluğunun karşılanabilmesi sistem performansı için önemlidir.



Şekil 2.4 Aşağı pik durumu

Günün ortasında iki ayrı yukarı pik durumu ve iki aşağı pik durumu bulunmaktadır. Bina çalışanlarının iki ayrı öğle yemeği saati zaman dilimlerinden kaynaklanan bu durum iki yönlü (= two way) trafik olarak isimlendirilmiştir. [9]

Günün diğer zamanlarında ise yukarı ve aşağı yön çağrı sayıları hemen hemen eşittir. Katlararası trafik olarak isimlendirilmiş bu trafik önemli bir durumdur. Günün büyük bir kısmını oluşturan bu durum en genel trafik durumunu temsil eder.

Asansör sistemlerinin temel gereksinimi yolcularını istenilen katlardan alıp gitmek istedikleri katlara götürmektir. Buharlı ve hidrolik sistemler kullanıldığında hangi katta durulacağına bir yönetici karar veriyordu. Tüm kontrolleri bir insan yapıyor ve kabini kaldırma kararına varılıyordu.

Elektrikli asansörlerle birlikte kabin kapılarının kontrol edilmesi, harekete geçilmesi için gerekli önlemlerin tamamlanması gibi işlemler daha da kolaylaştı. Sistemin otomatik olarak yönetilmesinden önce kabin hareketleri ve hangi katlarda durulacağı el ile, sürekli olarak görevli bir yönetici ile belirleniyordu. Elektronik sistemlerin, teknolojinin gelişmesi ile beraber daha etkili yöntemler kullanılmıştır. Elle yönetilen sistemlerden çok daha avantajlı olan bu yeni sistemler daha hızlı, daha etkili trafik yönetimi özelliklerine sahip olmuşlardır.

2.3.1. Bağımsız Kabin Yönetimi

Binalardaki kabin sayısı yolcu ve trafik ihtiyacına göre belirlenmektedir. Örneğin 4 katlı bir binada tek kabin kullanılması yeterli olurken , 6 kattan yüksek binalarda ikiden fazla kabin sistemi tercih edilmesi önerilir. Binada kullanılan tek kabin sistemlerinde oldukça basit yöntemler kullanılmaktadır. Birden fazla kabinli bağımsız kabin yöntemi ile çalışan sistemlerde kabinler arası herhangi bir haberleşme yoktur. Her kabin için ayrı çağırma butonları vardır ve herbir kabin tek kabin gibi çalışmaktadır. Trafik yoğunluğunu karşılama, bekleme sürelerini en aza indirme ihtiyaçlarını tam olarak karşılayamayan sistemler olmasına rağmen günümüzde kullanım alanları mevcuttur.

Bağımsız kabin kontrolleri iki farklı şekilde olabilmektedir. Tek çağrılı otomatik kontrol sistemleri ve çoklu kontrol sistemleri olarak sınıflandırılmaktadırlar.

2.3.1.1. Tek Çağrılı Otomatik Kontrol

En basit yöntem olan tek çağrı otomatik kontrol sistemlerinde artık bir trafik yönlendirici görevli bulunmamaktadır. Yolcular katlarda ve kabin içlerinde bulunan butonlar sayesinde yönlendirmeyi yapabilmektedirler. Katlarda bulunan çağrı butonları ile kabin çağırma işlemi, kabin içindeki butonlar ile gidilmek istenen kat yönlendirmesi yapılmaktadır. Kabine binmiş bir yolcunun kabin içi buton komutu katlardan gelecek çağrılara göre önceliklidir. Günümüzde de hala düşük katlı binalarda kullanılan bu asansörler, hareket halindeler ise katlardaki çağırma butonları meşgul olarak görünmektedir. Meşgul bir asansör çağrılmaz ve çağrı katından dahi geçse durmaz. Ancak boş duruma geçtiğinde istenilen kattan çağrı yapılabilir. Hizmet anlamında yolcu memnuniyetsizliği oluşturan bu sistemlerin kullanımı gittikçe azalmaktadır.

2.3.1.2. Çoklu Kabinli Otomatik Kontrol

Tek çağrılı otomatik kontrol sistemlerinden çok daha avantajlı olan bu kontrol, en genel kullanımlardan biridir. İki yada daha fazla kabinden oluşan bu sistemde, tüm kat çağrıları ve kabin çağrıları aynı anda yapılabilir . Yapılan tüm çağrılar kayıt edilir

ve sırasıyla yanıtlanır. Kabinler durmaları gereken yerlerde otomatik olarak dururlar ve kattaki yolcularını alırlar.

Kat çağırma butonları tek olabileceği gibi iki farklı yön için iki adet de olabilirler. Tek çağrı butonu olan sistemlerde kabin çağrı katında durmakta, yukarı yada aşağı gitmek isteyen yolcu kabinin nereye gittiğini tercih edemedi binmek zorundadır. İki butonlu sistemler yolcular için daha etkili kullanımlardır. Bu durumda asansör hareket yönünün önemi vardır. Aşağı gitmek isteyen kat çağrısı, aşağı yönlü kabin tarafından alınacaktır. Aynı kattan iki farklı yön için iki çağrı yapılabilir. Örneğin iki çağrı gelen bir kata hizmet veren yukarı yönlü kabin önce yukarı gitmek isteyen yolcusunu alacaktır. Daha sonra aşağı yön değiştirdiğinde aynı kattan geçerken aşağı gitmek isteyen yolcuyu alacaktır.

2.3.2 Grup Kontrol Yöntemi

Bağımsız kabin kontrol yönteminden farklı olarak asansör sistemindeki tüm kabinler tek olarak çalışabilmeleri yanında birbirleriyle de bağlantılıdır. Daha etkili kontrol edilmeyi sağlayan bu yöntemde tüm çağrı ve yönlendirme kayıtları hafızada tutulur. Kontrol algoritması aracılığıyla görevlendirilmesi gereken kabin seçilir ve kabinin hareketi sağlanır.

Sistem performansını arttırmayı amaçlayan bu sistemde daha hızlı hizmet verme, istenilen sürelerde hedefe ulaşma kriterleri daha etkili biçimde gerçekleştirilebilmektedir.

Bu yöntemle kontrol edilen sistemlerin en basit kontrol algoritması en yakın kabini görevlendirme temeline dayanmaktadır. En yakın kabin kontrolü kabinleri bina içerisinde eşit aralıklarla dağıtarak müdahale zamanını iyileştirmeyi amaçlamaktadır. C. Erdem İMRAK [10] ve Dr. Gina Carol BARNEY [9], yaptıkları kontrol çalışmasında en yakın kabinin seçimi konusunda bazı hesaplamalar sunmuşlardır.

$$d = | \text{kabin pozisyonu} - \text{kat çağrısı katı} | \quad (2.1)$$

Hesaplanan bu d değeri ile her kabin için uygunluk değeri FS hesaplanmaktadır.

Uygunluk değeri hesaplanırken aşağıdaki durumlar incelenmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Durum 1: kabin yönü } \overset{\rightarrow}{=} \text{ kat çağrısı yönü} \\ FS = (N+1) - (d-1) \quad 2 \leq FS \leq N \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} \text{Durum 2: kabin yönü } \overset{\rightarrow}{\neq} \text{ kat çağrısı yönü} \\ FS = (N+1) - d \quad 1 \leq FS \leq N \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} \text{Durum 3: kabin yönü } \overset{\leftarrow}{=} \text{ kat çağrısı yönü} \\ FS = 1 \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Durum 4: kabin çağrısı yok} \\ FS = (N+1) - d \quad 1 \leq FS \leq N \end{aligned} \quad (2.5)$$

FS : Uygunluk değeri

N : Kat adedi

$\overset{\rightarrow}{=}$: aynı yönde yaklaşan çağrı

$\overset{\leftarrow}{=}$: aynı yönde uzaklaşan çağrı

$\overset{\rightarrow}{\neq}$: farklı yönde yaklaşan çağrı

FS değeri en büyük olan, FS değerleri aynı ise d değeri en düşük kabin, eğer d değeri de aynı ise 1 nolu kabin seçme kuralı uygulanmaktadır. [10]

2.3.3 Bilgisayar Destekli Trafik Kontrolü

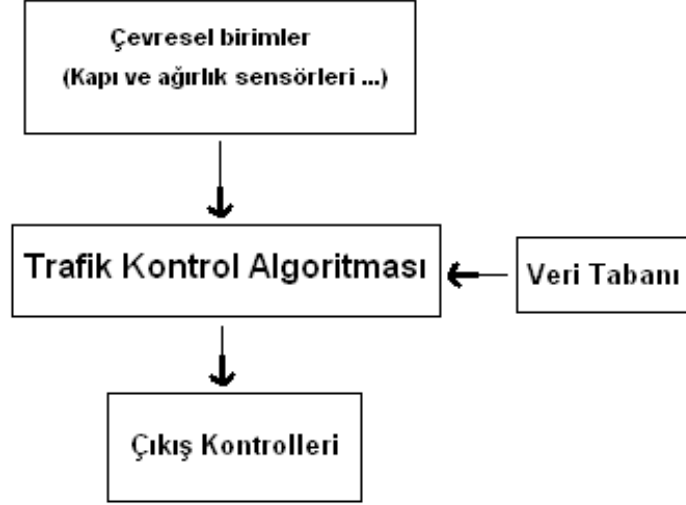
Bilgisayar destekli kontrol sistemleri , performans hesaplamalarının daha etkili yapılabilmesi, yangın kontrolü gibi bina güvenliğini sağlayabilmek ve gün boyunca sistemin veri kaydını tutabilmek amaçlı çok geniş bir kullanım alanı sunmaktadır. Kat sayıları , kabin sayıları ve trafik yoğunluğu arttıkça karmaşılaşan sistemin

kontrolü, başa çıkılması imkansız durumlara gelebilir. Bilgisayar destekli sistemler bu yönden de daha hızlı çözüm üretebilme özellikleriyle üstün bir çözümdür.

Konvansiyonel kontrol sistemleri, belli sayıda bir grup kabini oluşturulan algoritmaya göre yönetmeyi gerçekleştirmektedir. Sistemin, her kata hizmet verebilmesi, servis bekleyen yolcuların bekleme sürelerinin azaltılması, katlararası yolculuk sürelerinin düşürülmesi ve birim zamanda daha çok yolcuya hizmet verebilme gibi temel durumları karşılayabilmesi istenmektedir. Ancak sistem kontrolü sınırlarının olması , bina esnekliğinin sağlanabilmesi açısından zorluklar oluşturmaktadır.

Elektrik kontrolüyle çalışan günümüz asansörleri bugünkü haline gelene kadar birçok aşamadan geçmişlerdir. Dizisel bir kontak verme yöntemiyle çalışan elektronik devrelerle kontrol edilen sistemler , sayısal elektronik alanındaki gelişmeler sayesinde 1970 lerden sonra güvenilirlik ve etkinlik açısından önemli değişimler geçirdi. Gömülü elektronik alanındaki gelişmeler sayesinde yazılım algoritmaları, tasarımcının daha başarılı kontroller yapabilmesini sağladı. Kontrol algoritmaları artık gömülü bir sistemde, bir mikrodenetleyici üzerinde koşmaktaydı. İstenilen metodlar ve yöntemler artık donanımsal bir değişikliğe gitmeden sadece yazılım güncellenmesi ile yapılabilecekti.

Bilgisayar destekli bir sistemin donanım gereksinimleri oldukça fazladır. Kapıların kapalı yada açık olduğu, kabinin hareketi ve yönü, kabindeki yolcu ağırlıkları, gibi birçok çevresel birim mevcuttur. Kabin ve kat sayısı arttıkça bu bilgi sayısı da artmaktadır. Kabinlerde kapıları aç kapa butonları olmasına rağmen kapılar otomatik kapanıp açılmaktadır. Kata gelindiğinde kapılar açılmakta yolcular indikten sonra belli bir süre içerisinde hareket görülmezse kapılar kapanır. Kapı hizasında yolcu olup olmadığı sensörlerle kontrol edilmektedir. Kabin ağırlığı sensörlerle kontrol edilmekte, yük fazlalığında kabin hareket etmemekte ve uyarı vermektedir. Tüm bu çevresel etkiler ve sinyaller kurulu donanım sayesinde alınmakta , yazılım ile yorumlanmakta ve gerekli kontrol müdahaleleri uygulanmaktadır.



Şekil 2.5 Kontrol yazılımı yapısı

Çevresel birimlerden alınan sinyaller tasarımcının geliştirdiği yazılım ortamında istenilen metodlar dahilinde yorumlanmaktadır. Yeri geldiğinde veri tabanından da bina karakteristiği bilgilerine başvurularak karar verilmektedir. Yüksek hızlı komut işleyebilme özellikleri sayesinde olaylara daha hızlı çözümler bulabilen bilgisayarlar sistem kontrolü konusunda insan hayal gücü ile sınırlıdır denilebilir. Bilgisayar yazılımı olarak C/C++ dilleri en çok kullanılan üst seviye dillerdir. Assembler dili ise daha hızlı kontrol gerektiren sistemlerde mikrodenetleyici portlarına ve kaydedicilerine daha hızlı erişim sağladığı için tercih edilebilmektedir.

3. BULANIK MANTIK

3.1. Giriş

Bulanık mantık teorisi ilk olarak 1965 yılında Lotfi Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. “Bulanık Kümeler ” isimli bir makale ile birlikte sunulan çalışma sıradışı önerisi nedeniyle mühendislik alanında ilgi çekmemiştir. Michio Sugeno, 1972 yılında bulanık ölçüm ve bulanık integral kollarıyla Zadeh’ i izlemiştir.

Bulanık mantığın dönüm noktası 1974 yılında Ebrahim Mamdani’ nin bulanık mantık algoritmalarını basit bir buhar makinası kontrolünde uygulamasıdır. Daha sonra gelen ilk endüstriyel uygulama bulanık mantığın 1980 yılında bir çimento fırınında kullanılmasıdır. Yapılan çalışmalarla birlikte bulanık mantık 1990’ larda bir anda kontrol sistemlerinin içerisinde önemli bir yer almıştır.

3.2. Bulanık Kümeler

Klasik kümeler teorisi, elemanların herhangi bir kümeye ait olup olmamaları şeklinde tanımlanmaktadır. Evrendeki bir eleman ya kümeye aittir ya da değildir. Dolayısıyla üyelik değeri $\mu_A(x)$ 0 ve 1 şeklinde 2 farklı değer almaktadır. Küme elemanları bir kural ile belirtilir. U evrensel küme olmak üzere:

$$A = \{x \in U / x \text{ bazı şartları karşılar}\} \quad (3.1)$$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 \dots \text{eger} \dots x \in A \\ 0 \dots \text{eger} \dots x \notin A \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_A : x \rightarrow \{0,1\} \quad (3.3)$$

Bulanık kümelerin üyelik dereceleri $[0,1]$ aralığında sonsuz değer alabilmektedir. Bulanık küme teorisine göre bir eleman farklı üyelik dereceleriyle farklı kümelere ait olabilirler. Bulanık kümelerde üyelik derecelerinin daha iyi anlaşılabilmesi için farklı hızlarda yol alan araçları düşünelim. Örneğin 1. araç 60 km/h, 2. araç 100 km/h, 3. araç 140 km/h ve 4. araç 180 km/h hızla gidiyor olsunlar. Araçlar sırasıyla 0.7, 0.4, 0 ve 0 üyelik dereceleriyle yavaş araçlar kümesine aittirler. Bununla birlikte araçlar sırasıyla 0.3, 0.6, 0.3 ve 0.2 üyelik dereceleriyle normal hızdaki araçlar kümesine ait olabilirler. Dolayısıyla U evrensel kümesindeki bulanık A kümesi, u elemanlarının ve bu elemanların $\mu_A(u)$ üyelik derecelerinin sıralı çiftlerinden oluşan bir küme ile temsil edilmektedir:

$$A = \{u/\mu_A(u) \mid u \in U\} \quad (3.4)$$

3.3. Bulanık İşlemler

Birleşme işlemi:

Klasik küme:

$$A \cup B = \{x \in X \mid x \in A \text{ veya } x \in B\} \quad (3.5)$$

Bulanık küme:

$$\mu(A \cup B)(u) = \max(\mu_A(u), \mu_B(u)) \quad \text{veya} \quad (3.6)$$

$$\mu(A \cup B)(u) = \mu_A(u) + \mu_B(u) - \mu_A(u) \cdot \mu_B(u) \quad (3.7)$$

Kesişme işlemi:

Klasik küme:

$$A \cap B = \{x \in X \mid x \in A \text{ ve } x \in B\} \quad (3.8)$$

Bulanık küme:

$$\mu(A \cap B)(u) = \min(\mu_A(u), \mu_B(u)) \quad \text{veya} \quad (3.9)$$

$$\mu(A \cap B)(u) = \mu_A(u) \cdot \mu_B(u) \quad (3.10)$$

Tümleyen işlemi:

Klasik küme:

$$\overline{A} = \{x \in X \mid x \notin A\} \quad (3.11)$$

Bulanık küme:

$$\mu(\overline{A})(u) = 1 - \mu_A(u) \quad (3.12)$$

Dağılma Özelliği:

Klasik küme:

$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C) \quad (3.13)$$

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C) \quad (3.14)$$

Bulanık küme:

$$\mu_A(u) \cap [\mu_B(u) \cup \mu_C(u)] = [\mu_A(u) \cap \mu_B(u)] \cup [\mu_A(u) \cap \mu_C(u)] \quad (3.15)$$

$$\mu_A(u) \cup [\mu_B(u) \cap \mu_C(u)] = [\mu_A(u) \cup \mu_B(u)] \cap [\mu_A(u) \cup \mu_C(u)] \quad (3.16)$$

3.4. Bulanık İlişkiler

U ve V iki evrensel küme olsun. Bir bulanık ilişki $R(U,V)$ $U \times V$ çarpım uzayında bir bulanık kümedir. $x \in U$ ve $y \in V$ olmak üzere $R(U,V)$ $U \times V$ ' nin bir bulanık alt kümesidir.

$$R(U, V) = \{((x, y), \mu_R(x, y)) \mid (x, y) \in U \times V\} \quad (3.17)$$

$$\mu_R(x, y) \in [0, 1] \quad (3.18)$$

Bileşke bulanık ilişki:

$R(x,y)$ ve $S(x,y)$ aynı çarpım uzayı $U \times V$ ' de iki bulanık ilişki olsun. İki ilişkinin bileşimi olan R ve S' nin kesişimi ve birleşimi :

$$\mu(R \cap S)(x, y) = \mu_R(x, y) * \mu_S(x, y) \quad (3.19)$$

$$\mu(R \cup S)(x, y) = \mu_R(x, y) \oplus \mu_S(x, y) \quad (3.20)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

$R: X \times Y \rightarrow [0,1]$ bulanık ilişki ve $S: Y \times Z \rightarrow [0,1]$ bulanık ilişki olsun.

$$\mu R \bullet S(x, z) = \sup[\mu R(x, y) * \mu S(y, z)] \quad (3.21)$$

şeklinde sup-min tanımlıdır. x' dan y' ye tanımlı bulanık ilişki elemanları ile y' den z' ye tanımlı elemanları arasından min. değerliklilerin büyüklerinin seçilmesidir.

$$\mu R \otimes S(x, z) = \inf[\mu R(x, y) \oplus \mu S(y, z)] \quad (3.22)$$

ifadesi ile inf-max bileşkesi tanımlanmaktadır.. x' dan y' ye tanımlı bulanık ilişki elemanları ile y' den z' ye tanımlı elemanları arasından max. değerliklilerin küçüklerinin seçilmesidir.

sup-min dağılma özelliği:

Sadece birleşme özelliğine göre dağılma özelliği vardır.

$$(R \cup K) \bullet S = R \bullet S \cup K \bullet S \quad (3.23)$$

3.5. Üyelik Fonksiyonları

Bir kümenin elemanlarının bu kümeye üyelik derecesini belirten ve $[0,1]$ aralığında sonsuz değerler alabilen üyelik fonksiyonu x eleman olmak üzere $M_A(x)$ şeklinde gösterilmektedir. Örneğin $M_{HIZLI}(1. \text{ arac})=0.05$ olabilir.

$$M_A(x) : x \rightarrow [0,1] \quad (3.24)$$

Klasik yöntemlerdeki üyelik fonksiyonları ya 0 ya da 1 olabilmekteydi. Ancak bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu çok daha fazla değer alabilmektedir.

$$K_A(x) \in \{0,1\}, M_A(x) \in [0,1] \quad (3.25)$$

3.6. Dilsel Değişkenler

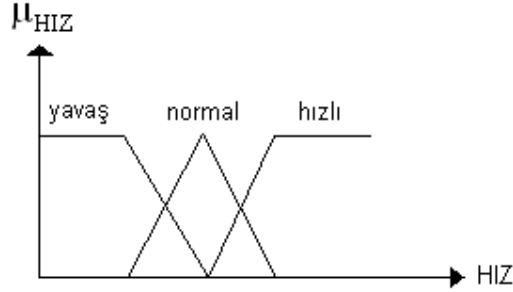
3.2 kısmında verilen örnekte araçların hızı yorumlanmaktaydı. 1. araç 60 km/h hızıyla gitmekteyken 0.7 üyelik değeri ile yavaş araçlar kümesine ait idi. Bu örnekte “hız” dilsel değişkendir. “yavaş”, “normal” ve “hızlı” tanımları ise dilsel değişkenin belli üyelik değerleri ile ait olabileceği bulanık kümelerdir.

1. araç için :

$$\mu_{HIZ} = 0.7 \times "yavaş" + 0.3 \times "normal" \quad (3.26)$$

şeklinde tanımlanabilir.

Şekil 3.1 de görülen üyelik fonksiyonu “HIZ” dilsel değişkeninin tanımlanmasını sağlayan ve araç hızlarının hangi üyelik değerleri ile hesaplanabileceğini göstermektedir.



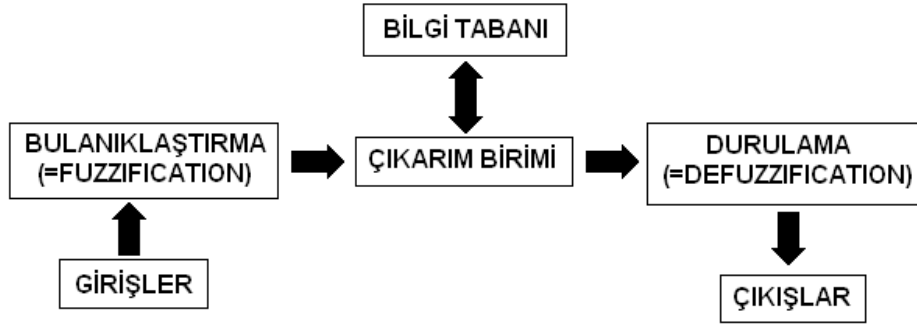
Şekil 3.1 Hız üyelik fonksiyonları

3.7. Bulanık Kontrolör Yapısı

Bulanık mantık kontrolörü 4 temel birimden oluşmaktadır. Bulanıklaştırma , bilgi tabanı, çıkarım ve durulama birimleri temel birimleridir.

Bulanıklaştırma (=Fuzzification):

Sayısal giriş değerlerinin sözel olarak nitelendirilmiş uygun bulanık kümelere belirlenen üyelik fonksiyonu değerleriyle atanmasıdır.



Şekil 3.2 Bulanık mantık kontrolörünün bileşenleri

Bilgi Tabanı:

Tüm sistem tanımlamalarının yapıldığı , kontrol amaçlarının kontrol edildiği ve tüm giriş çıkışlar arasındaki bağlantının kurulduğu birimdir. Giriş verilerinin dilsel değişkenlere dönüştürülmesi ve üyelik değerleri atanması, koşul-sonuç ilişkilerinin belirlenmesi işlemleri bu birimden alınan bilgilere göre yapılmaktadır.

Çıkarım Birimi:

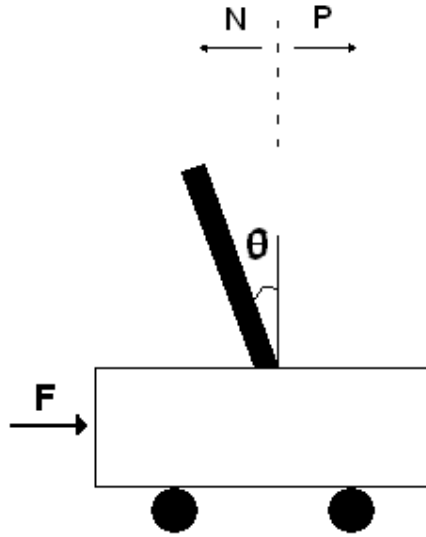
Bulanık verilerin işlendiği, çeşitli yöntemlerle yapılan gerçeklemeler yardımıyla kavramların kontrol edilerek yorumlandığı birimdir. Çeşitli bulanık çıkarım metodları uygulanabilmektedir.

Durulama:

Bulanık işlemler sonucunda elde edilen bulanık çıkarım sonuçlarının sistem çıkışı olarak kullanılabilecek gerçel sayı değerlerine dönüştürülmesidir.

3.8. Bulanık Kural Tablosunun Oluşturulması

Kontrol edilecek sistem davranışları gözlemsel olarak tanımlanabilir. İyi bir kontrol düzeneği için sistemin çeşitli durumlarında nasıl dengelemeler yapılacağı bir uzman tarafından bilinmeli ve önerilmelidir. Şekil 3.3 de dikey pozisyonda durması hedeflenen bir ters sarkaç örneği bulunmaktadır.



Şekil 3.3 Ters sarkaç

Sarkacın dikeyle yaptığı açı θ ve açının türevi $d\theta$ olsun. Açı ve açının türevi değişkenleri $\{NB, NM, NK, SF, PK, PM, PB\}$ terim setiyle tanımlanmaktadır. Aynı şekilde çubuğu dikey konumda tutmak için uygulanması gereken F kuvveti de aynı terim setiyle tanımlanmaktadır.

Sarkaç “N” yönünde açı yapmış ise açı negatif yöndedir. Bu yönde açı büyükse NB, normal ise NM ve küçük ise NK olarak yorumlanmaktadır. $d\theta$ değeri pozitif ise açı büyüyor demektir ve sarkaç “N” yönünde ilerlemeye devam etmektedir. $d\theta$ değeri büyük ise NB, normal ise NM ve küçük ise NK olarak yorumlanmaktadır.

Sarkaç “P” yönünde açı yapmış ise açı pozitif yöndedir. Bu yönde açı büyükse PB, normal ise PM ve küçük ise PK olarak yorumlanmaktadır. $d\theta$ değeri pozitif ise açı büyüyor demektir ve sarkaç “P” yönünde ilerlemeye devam etmektedir. $d\theta$ değeri büyük ise PB, normal ise PM ve küçük ise PK olarak yorumlanmaktadır.

Çok daha iyi bir kontrol amaçlanıyorsa açının 2. türevine de bakılmalıdır. Yani belirli bir yönde ilerleme durumunun ivmesi de incelenmelidir. Ancak bu örnekte sadece türevi yeterli görülmüştür. Tablo 3.1 de örnek sistemin bulanık kural tablosu görülmektedir.

Tablo 3.1 Bulanık kontrol kural tablosu

$\theta \backslash d\theta$	NB	NM	NK	SF	PK	PM	PB
NB	PB	PM	PM	PM	PK	SF	SF
NM	PM	PM	PK	PK	PK	SF	SF
NK	PM	PK	PK	PK	SF	NK	NK
SF	PM	PK	PK	SF	NK	NK	NM
PK	PK	PK	SF	NK	NK	NK	NM
PM	SF	SF	NK	NK	NK	NM	NM
PB	SF	SF	NK	NM	NM	NM	NB

Kural 1: Eğer $\theta = \text{NB}$ ve $d\theta = \text{NB}$ ise $F = \text{PB}$

Kural 2: Eğer $\theta = \text{NB}$ ve $d\theta = \text{NM}$ ise $F = \text{PM}$

Kural 3: Eğer $\theta = \text{NB}$ ve $d\theta = \text{NK}$ ise $F = \text{PM}$

....

...

Kural 49: Eğer $\theta = \text{PB}$ ve $d\theta = \text{PB}$ ise $F = \text{NB}$ (3.27)

Kural 1 incelenirse, sarkaç negatif yönde büyük bir açı yapmıştır ve açı negatif yönde gittikçe büyümektedir. Bu nedenle araca uygulanacak kuvvet pozitif yönde oldukça büyük olmalıdır.

$\theta = \text{NB}$ ve $d\theta = \text{PB}$ olduğu durumda, sarkaç negatif yönde büyük bir açı yapmıştır ancak açı hızla pozitif yönde ilerlemektedir. Bu nedenle sıfır noktasına doğru yönelmiş bir harekete kuvvet uygulanmayacaktır.

Kural 49 incelenirse, sarkaç pozitif yönde büyük bir açı yapmıştır ve açı değeri pozitif yönde gittikçe büyümektedir. Sistemi sıfır noktasında dengelemeyi amaçlayan sistem negatif yönde büyük bir kuvvet uygulamalıdır.

3.9. Bulanık Çıkarım Metodları

3.9.1 Mamdani Tipi Bulanık Çıkarım

A_1, A_2, B_1, B_2, C_1 ve C_2 bulanık kümeler olmak üzere,

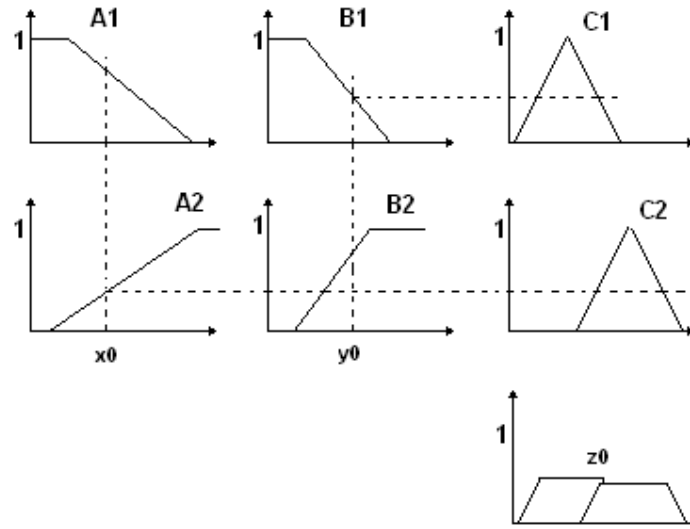
Eğer $x = A_1$ ve $y = B_1$ ise $z = C_1$

Eğer $x = A_2$ ve $y = B_2$ ise $z = C_2$

şeklinde tanımlanan iki kural seti için x, y girişlerine karşılık z çıkışı alınmaktadır.

$$\mu_{C_1}(z_0) = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0) \quad (3.28)$$

$$\mu_{C_2}(z_0) = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0) \quad (3.29)$$



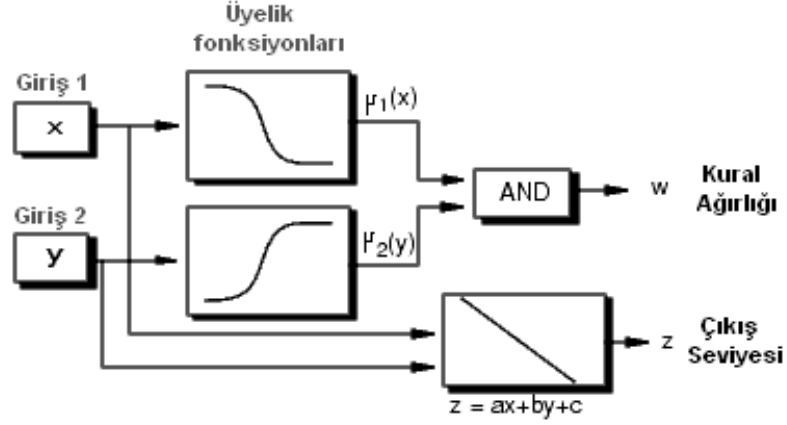
Şekil 3.4 Mamdani tipi bulanık çıkarım

3.9.2 Takagi - Sugeno Tipi Bulanık Çıkarım

Bir çok yönüyle Mamdani metoduna benzetmekle beraber temel farkı çıkış üyelik fonksiyonlarının lineer yada sabit olmasıdır. Sistem giriş değerleri x ve y , çıkış değeri $z=ax+by+c$ şeklinde tanımlanabilmektedir. $a=b=0$ ise Sugeno bulanık modeli sıfırıncı derecedendir ve çıkış sabittir.

Her çıkış seviyesi z_i , w_i ler ile ağırlıklandırılır. Burada $\mu A(x_i)$ ve $\mu B(y_i)$ girişlerin üyelik fonksiyonu değerleridir.

$$w_i = \mu A(x_i) \wedge \mu B(y_i) \quad (3.30)$$



Şekil 3.5 Sugeno tipi kural işleyişi

Son çıkış değeri, tanımlanmış kurallar yardımıyla bulunan ve lineer çıkışın etkisini bir çarpan olarak değiştiren çıkarım katsayısı ile beraber aşağıdaki hesaplamayla bulunmaktadır.

$$\text{Son Çıkış} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i z_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (3.31)$$

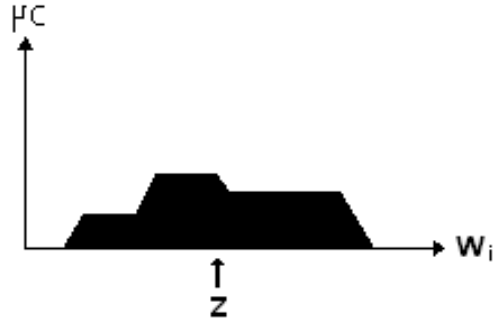
3.10. Durulama Yöntemleri

Durulama işlemi bulanık işlemler sonucunda elde edilen değerleri uygulanabilecek bir çıkış değerine dönüştürmektir. Bulanık işlemler sonucunda veri tek ve kesin bir değerde olmadığı için çoklu değerlerin temsilini en iyi şekilde yansıtacak bir veri elde etmek gerekmektedir.

Genel olarak kullanılan durulama metodlarından max kriteri metoduna göre, elde edilen sonuçlardaki maksimum dereceli eleman kesin kontrol eylemi olarak seçilmektedir. Diğer bir metod ise maksimumların ortalaması metodudur.

En yaygın olarak kullanılan yöntem “ağırlık merkezi” metodudur. Bu yöntemde elde edilen bulanık eylemlerin ağırlık merkezi sonuç kontrol eylemi olarak seçilmektedir.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \mu C(w_i) \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n \mu C(w_i)} \quad (3.32)$$



Şekil 3.6 Ağırlık merkezi durulama metodu

4. ASANSÖR SİSTEMLERİNDE BULANIK YAKLAŞIMLAR

4.1. Giriş

Yüksek binalar, karışık taşıma talepleriyle başa çıkabilecek bir asansör kontrolü sıkıntısı çekmektedirler. Asansörlerden istenilen özellikler daha kısa bekleme süreleri, artan uyum, konfor, bina trafik denetleyicisinin belirlediği ihtiyaçlara hızlı yanıtlar verebilme niteliklerine ek olarak sistem güvenilirliğidir.

Asansör grup kontrol sistemleri bir binadaki çoklu kabin sistemini yöneten, yolcuları etkili bir şekilde taşımayı sağlayan bir kontrol sistemidir. Taşıma performansının ölçülebilmesi belirli kriterler aracılığıyla olmaktadır. Bu kriterlerden bazıları ortalama bekleme süreleri ve sistem güç tüketimidir. Grup kontrol sistemleri tüm kriterlerin belirli sınırlar dahilinde sağlanabilmesi amaçlı tasarlanmışlardır. Bir sistemde örneğin, bazı anlarda ortalama bekleme sürelerinin azaltılması amaçlanırken bazı durumlarda ise güç tüketiminin azaltılması amaçlanmaktadır.

Grup kontrol sistemlerinin çoğu kat çağrısı yönlendirme yöntemini kullanmaktadır. Bir asansör sisteminde kat çağrı butonları, kabin içi çağrı butonları, kabinler ve grup kontrolörü bulunmaktadır. Kattan çağrı yapan bir yolcu bir kabinin gelmesini bekler ve daha sonra gideceği katı seçerek kabin içerisindeki butonlara basar. Çağrının yapıldığı anda kontrol sistemi kararını vermek zorundadır. Belirli bir kararsızlık anı veya hizmet verememe durumu söz konusu değildir. Binanın o anki durumu incelenerek en uygun kabin çağrıya yönlendirilmelidir.

Kat çağrılarına hizmet görevlendirilmesi yapabilmek düşünüldüğü kadar kolay değildir. Çünkü kontrol sistemi yapısı çok karmaşıktır. Binanın kat sayısı, asansör kabin sayısı ve çağrı sayısı arttıkça düşünülmesi gereken olasılıklar ve durumların

sayısı da artmaktadır. Bunlara ek olarak yakın zamanda yapılacak çağrılar ve üstlenilecek görevler henüz belli değilken o anki durumda karar vermek bina karakteristiğinin iyi bir şekilde analiz edilmiş olmasını gerektirmektedir.

4.2. Asansör Sistemlerinin Belirsizlikleri

Asansör sistemlerinin temel amacı, katlardan gelen çağrılara hizmet verebilmektir. Çok kabinli grup kontrol sistemlerinde katlardan gelen çağrılara uygun kabini görevlendirmek birçok kriter değerlendirilmesi ve hesaplamalar sonucunda yapılmaktadır. Gözönünde bulundurulacak kriterler, ortalama bekleme süresi, çok uzun süre bekleme olasılığı ve bunun gibi değerlerdir. Bekleme süresinin uygun bir kısalıkta olması beklenmektedir. Ancak, grup kontrol sisteminin bulunduğu ortamın koşulları, matematiksel olarak ifade edilemeyecek belirsizlikler ve değişken durumlar içermektedir.

Zamanı tam olarak bilinmeyen kat çağrıları, yolcuların gitmek istedikleri hedefler, kabine binecek yolcu sayıları ve kabinin o anki görevlerine göre kabaca hesaplanabilen tahmini bekleme sürelerinde oluşabilecek aksamlar belirsizliklerin bazılarıdır. Kontrol sistemi algoritmasını doğrudan etkileyen bu belirsizliklerin yanısıra trafik durumlarının zamana göre değişmesi ve binanın yapısından kaynaklanabilecek alışılmamış kullanımlar sistem modellenmesini oldukça zorlaştırmaktadır.

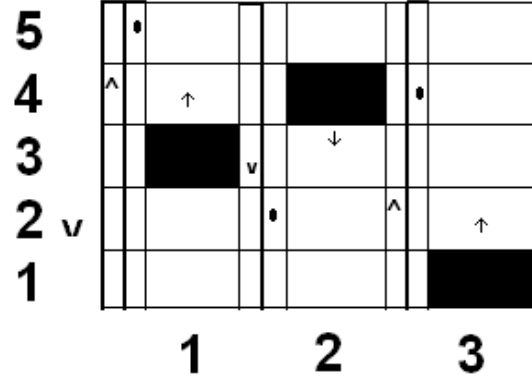
Şekil 4.1 deki durumda 3 kabinli bir asansör görülmektedir.

Kabinlerin hizmet vereceği yukarı yön kat çağrısı : $\wedge$

Kabinlerin hizmet vereceği aşağı yön kat çağrısı : $\vee$

Kabinlerin hizmet vereceği kabin içi hedef çağrıları : $\bullet$

İşaretletiyile belirtilmişlerdir.



Şekil 4.1 Kat çağrısı durumu örneği

- 1 nolu kabin 3. kattadır ve 4. kattan gelen yukarı yöndeki çağrıya yönelmiştir.
- 2 nolu kabin 4. kattadır ve 3. kattan gelen aşağı yöndeki çağrı ile 2. katta inmek isteyen kabin içi çağrıya yönelmiştir.
- 3 nolu kabin 1. kattadır, 2. kattan gelen yukarı yönlü çağrı ile 4. katta inmek isteyen kabin içi çağrıya yönelmiştir.

Kabin yönleri ve görevleri bu şekilde iken 2. kattan gelen bir çağrıya hangi kabinin yönlendirileceğine karar vermek için sadece matematiksel hesaplar yeterli olmayacaktır. Bu durumda, en uygun kabin seçilecektir. Görev atamasının yapılabilmesi için çağrı katı, kabinlerin o anki katları, kabinlerin görevleri ve yönleri bilinmek zorundadır. Ancak sonuca varılırken bu sayısal değerler etkili bir karar verilmesinde önemli bir rol oynasalar da binanın trafik davranışı durumu oldukça etkilemektedir. Her bir kabin için kata cevap verebilme süreleri tahmini olarak hesaplanabilir. Tahmin edilen bu sürelerin ne kadar doğru olacağı çağrı katına ulaşıldığında netleşecektir. Tahmin edilen değerle gerçek değer arasındaki sapma trafiğin yoğunluğuyla ilgili olarak artabilecektir. Sistem kontrolünde gerçekleşen bu sapmalar aynı yoğunluk periyotları içerisinde gelecek diğer kat çağrılarına aktarılmalıdır ve yorumlanmalıdır.

Asansör grup kontrol sistemleri , asansör sisteminin o anki durumu ve gelecek durumları hakkında bir çok etkeni gözönünde bulundurmak zorundadır. [1] Çağrının geldiği andaki kabin durumları bilinmesine karşılık biraz sonra gelebilecek bir kat çağrısı veya kabin içinden gelebilecek hedef kat bilgisi bilinemez ancak geçmiş deneyimlerinden ve öğrenilen karakteristikten tahmin edilebilir. Bu kadar çok

belirsizliğin olduğu, sistemin tam olarak modellenemediği bir kontrol için matematiksel ve kesin bir algoritma kontrolü yerine bina yapısına göre esneklik gösterebilen, deneyimlerden , ani değişimlerden gelen durumlara uygun cevaplar verebilen bir algoritma gerekmektedir.

Kontrol edilmesi gereken sistemlerin giriş değerlerinin belirsizlikler içermesi, net bir sonuç ortaya koymak amacı taşıyan denetleyicinin belirli sınırlar dahilinde durumları daha önceden belirlenmiş kural tabanı sayesinde o anki durumu yorumlayabilmesi gerekmektedir.

4.3. Kontrol Önerileri

Grup asansör sistemlerinin daha etkili bir şekilde kontrol edilmesini amaçlayan çok sayıda kontrol önerisi getirilmiştir. Bina trafik karakteristiğinin daha iyi ve çabuk öğrenilerek belirsizlikler durumunda gelecek kat çağrılarına en etkili hizmeti verebilmek amacıyla yapay sinir ağları ve bulanık mantık algoritmaları çalışmaları yapılmaktadır.

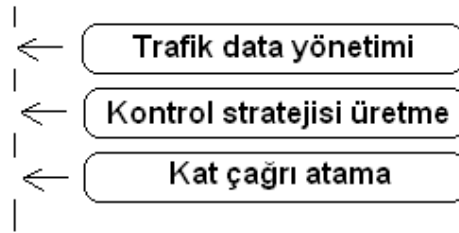
Performans kriterleri, kontrol edilen sistemlerinin sonuçlarının hafızada tutularak bir sonraki karar mekanizmasında geri besleme ve durum analizinde kullanılacaktır. Asansör sistemlerinde en önemli kriterler bekleme süresi ve güç tüketimidir. Bir sistem tasarımcısı için bekleme süresinin en aza indirilmesi çok önemliyken diğer bir tasarımcı için ise güç tüketimini azaltmak daha önemli olabilmektedir. Başka bir bakış açısı ise, yoğunluğun çok arttığı ve hizmet sürelerinin yolcularda huzur kaçırıcı boyutlara ulaşabileceği durumlarda önceliğin bekleme sürelerinin en aza indirilmesi yönünde olduğudur.

4.3.1. Farklı Trafik Modları Kontrolü

Bulanık mantık algoritmaları bir kontrol önerisinde daha önceden gözlemlenmiş çeşitli durumlar için farklı trafik modları tanımlanmıştır. O anki dilsel değişkenlerin durumlarında ortaya konulan çıkışa göre ilgili trafik modu seçilmekte ve sistem farklı bir algoritmayla çalışmaktadır. Sistemin performans kriterleri ortalama bekleme süresi, uzun süre bekleme olasılığı ve hareket etme sayısı. RNC (=run count) , birim

zamandaki asansör hareketidir ve enerjinin çoğu bir asansörü harekete geçirirken veya durdururken harcadığı için güç tüketimini tahmin etmekte kullanılır. Asansör grup kontrol sistemi trafik data yönetimi, kontrol strateji üretimi ve kat çağrı ataması ana kısımlarını içermektedir. [2]

Trafik datası yönetim birimi kat çağrıları, kabin çağrıları ve kabine inen binen yolcuların sayısı gibi trafik bilgilerini toplar. [2] Kontrol strateji üretme birimi ise trafik yönetimini belirli modlara ayırır ve hangi kontrol algoritmasının o an için daha uygun olabileceğine karar verir. Daha sonra ise çağrı görevlendirme birimi ise trafik moduna uygun algoritma ile gelen çağrıya en uygun kabinin görevlendirmektedir.



Şekil 4.2 Temel karar bölümleri

Bu öneride gelen kat çağrısı için her bir kabinin uygunluk fonksiyonları hesaplanmaktadır. $\phi(i)$ her kabin için hesaplanan çağrı uygunluk değeridir. [2]

$T_{AWT}(i)$: Yolcu bekleme süresi

$T_{LWP}(i)$: Uzun süre bekleme süresi (örneğin 60 sn den fazla)

$T_{RNC}(i)$: i. Kabin kat çağrısına yönlendirildiğinde birim zamanda yapılacak olan kabin hareketi sayısı

$$\phi(i) = v_1 \cdot T_{AWT}(i) + v_2 \cdot T_{LWP}(i) + v_3 \cdot T_{RNC}(i) \quad [2] \quad (4.1)$$

Bu eşitlikte v_1 , v_2 ve v_3 değerleri, $T_{AWT}(i)$, $T_{LWP}(i)$ ve $T_{RNC}(i)$ hesaplama kriterlerinin ağırlıklarıdır. $\phi(i)$ değeri en küçük olan kabin görevlendirme için seçilmektedir.

Yapılan çalışmada yolcu trafik verilerinin özelliklerine göre o anki durum için farklı trafik modları tanımlanmaktadır. Tablo 4.1 de görülen yolcu sayısı özelliklerini

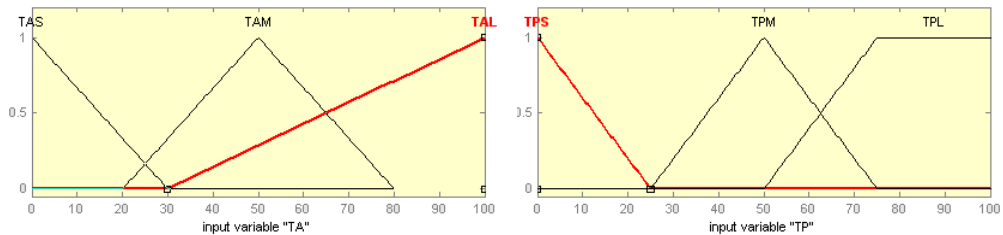
tanımlayan 5 tanım, dilsel değişkenler olarak kullanılmakta ve bulanık çıkarım modelinin çıkışı olarak trafik modunu vermektedir.

Her kat için gelen ve giden yolcu sayısı bilgileri her iki yön için de toplanmaktadır. Trafik datası oldukça fazladır ve bunu ifade edebilmek için trafiği ifade eden özellikler tanımlanmıştır. Yukarı/aşağı giden yolcu sayıları en önemli kısımdır ve yocuların katlardaki dağılım oranları da oldukça önemli bilgiler vermektedir.

Tablo 4.1 Yolcu trafiği özellikleri [2]

UPT Yukarı trafik	Yukarı giden yolcu sayısı
DNT Aşağı trafik	Aşağıya inen yolcu sayısı
CITP	En kalabalık kattaki gelen yolcu sayısının tüm katlardaki gelen yolcu sayısına oranı
DOTP	En kalabalık kattaki giden yolcu sayısı haricindeki sayının tüm katlardaki giden yolcu sayısına oranı
TIME	Çağrı zamanı

Tablo 4.1 deki trafik özellikleri trafik miktarını belirten TA (=traffic amount) , trafik oranını belirten TP (=traffic percentage) ve zamanı belirten TM kategorilerinde incelenebilir. UPT ve DNT TA kümesine, CITP ve DOTP TP kümesine , TM ise TIME kümesine aittir. [2] Şekil 5 , dilsel terimleri ve trafik özelliklerini belirten değişkenlerin üyelik fonksiyonlarını göstermektedir. Şekil 5 deki TA_S , TA_M ve TA_L trafik miktarının üyelik fonksiyonlarını (small, medium, large) , TP_S , TP_M ve TP_L ise trafik oranının üyelik fonksiyonlarını temsil etmektedirler. TM_{UP} , TM_{BT} , TM_{LT} ve TM_{DN} zamanın üyelik fonksiyonlarıdır.



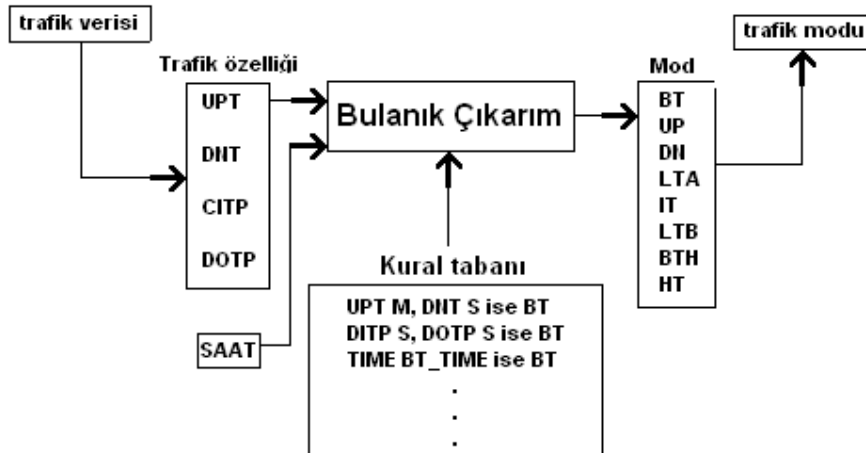
Şekil 4.3 TA ve TP üyelik fonksiyonları

Bulanık çıkarım sonucunda belirlenen trafik modları Tablo 4.2 de gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Yolcu trafik modları [2]

BT İş saati	Toplam trafik normaldir Öğleden önce ve sonra
UP Yukarı pik	Binaya çok sayıda yolcu girmektedir Ofislere gitme saati
DP Aşağı pik	Binadan çok sayıda yolcu çıkmaktadır Çıkış saati
LT-A Öğle yemeği zamanı A	Birçok yolcu yemeğe gitmektedir Öğle yemeği başlangıç saati
IT Aktif olmayan zaman	Toplam trafik düşüktür Gece
LT-B Öğle yemeği zamanı B	Birçok yolcu ofislerine gitmektedir Öğle yemeği sonu
BTH İş saati ve yoğun trafik	Toplam trafik miktarı büyüktür
HT Yoğun trafik (= Heavy Traffic)	Birçok yolcu bir katta toplanır veya bir kattan dağılır Herhangi bir zaman

Trafik modunun belirlenebilmesi için o anki dilsel değişkenlerin üyelik fonksiyonu değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Trafik data verilerinin toplanmasıyla ve bu beş özelliğin bulanık çıkarım modelinin girişleri olarak kullanılarak trafik modu belirlenecektir. Şekil 4.4’de yolcu trafiğinin bulanık sınıflandırılması, kural tabanı ve bulanık çıkarım yöntemi şema şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Yolcu trafiğinin bulanık sınıflandırılması [2]

O anki trafiğin durumunu belirten beş özellik girişleri yardımıyla bulanık çıkarım mekanizması trafik biçiminin belirlenmesi için seçimini yapar. Maksimum olasılıklı trafik modu seçilerek kontrol algoritmasına yön verilmektedir. Denklem (4.1) de belirtilen her bir kabinin çağrı uygunluk değerinin değişken v_1 , v_2 ve v_3 katsayıları farklı trafik modları için farklı tanımlanmıştır. Çıkarılan ve önerilen trafik moduna göre ağırlıkları değişen AWT, LWP ve RNC değerleri sayesinde kabin uygunluk değerleri belirlenmekte ve çağrıya en uygun kabin seçilerek görevlendirme yapılmaktadır.

4.3.2 Kat Çağrısına Yakınlık Derecesi Kontrolü

Grup Kontrol Sistemlerin'e Bulanık Bir Yaklaşım [1] isimli çalışmada , sistem performansının belirlenmesinde kabinlerin çağrı katına olan yakınlıklarını temsil eden katsayının bulanık çıkarım yöntemiyle elde edilmesi ve kabinlerin uygunluk denklemlerinin hesaplanmasında oynadığı rol belirtilmiştir.

Sistem performansının belirlenmesinde göz önüne alınabilecek bir çok kriter bulunmaktadır. Asansör grup kontrol sistemi, yolcu servis kalitesini arttıran ve güç tüketimi gibi maliyeti düşüren , üç yada daha fazla kabini sistematikli bir şekilde yönetebilen kontrol sistemidir. [1] Kontrol edilen sistemin karmaşıklığı ve verilerinin yetersiz olduğu durumlarda yaklaşım metodları ve bulanık çıkarım yöntemleri kullanılmaktadır.

Yapılan bu çalışmada AWT, LWP ve PC değerlerinin sistem hafızasında tutularak daha sonraki gelecek çağrılarda en uygun kabini yönlendirme karar çıkarımında giriş değerleri olarak kullanılmaktadır. 4.1 denklemindeki $\phi(k)$, her kabin için hesaplanan çağrı uygunluk değeridir.

$$\phi(k) = T_{AVR}(k) - \alpha \cdot T\alpha(k) + T_E(k) \quad [1] \quad (4.2)$$

$T_{AVR}(k)$: Seçilecek kabinin çağrı katına tahmini varış süresi

α : Yakınlık derecesi ağırlığı

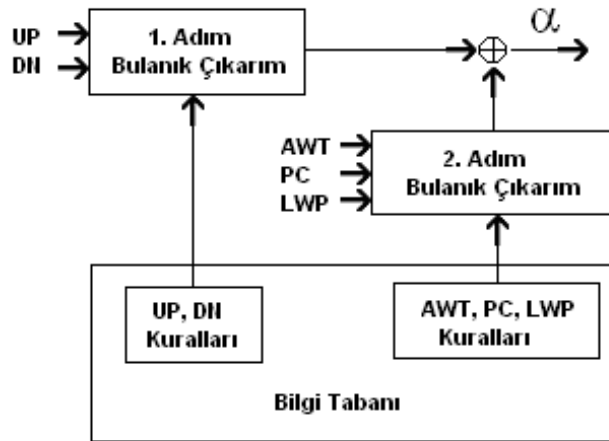
$T\alpha(k)$: Kabinlerin çağrı katına olan yakınlıkları

$T_E(k)$: Bu değer kabinin özel bir durumu varsa seçilme olasılığını azaltacak şekilde denkleme eklenmiştir.

α , $T\alpha(k)$ kabin uygunluk değerini azaltacak yönde denklemden çıkarılmıştır. Bu nedenle k . kabinin seçilme olasılığını arttıracak yöndedir. $\phi(k)$ değerinin küçük olması seçilme olasılığını arttırmaktadır. Bu değer hangi trafik durumlarında hangi kabinler için azaltılmasını gerektiğini en çok etkileyecek faktör α katsayısıdır. Bu katsayının çıkarımı, binanın o anki sistem değerleri incelenerek, daha önceden tanımlanmış bulanık kural tablolarından yararlanılarak yukarı yön trafiği, aşağı yön trafiği, AWT, LWP ve PC dilsel değişkenlerinin giriş olarak kullanıldığı bulanık çıkarımdan elde edilmektedir.

$$\alpha = \alpha^I + k \quad (4.3)$$

(4.3) denkleminde alan ağırlığı hesaplanmasında, iki farklı bulanık çıkarım sonucu toplanmaktadır. Yukarı yön trafik UP ve aşağı yön trafik DN dilsel değişkenlerinin belirlenen kural tabanı çıkarımından elde edilen sonuç α^I dir. İkinci grup faktörler AWT, PC ve LWP, alan ağırlığının oluşturulmasına etkisi olan k katsayısının koşul-sonuç çıkarımlarından (if-then) elde edilmesini etkiler.



Şekil 4.5 Alan ağırlığının belirlenmesi akış diyagramı [1]

α değeri büyük ise kata yakın olan kabinin görevlendirilme olasılığı artacaktır, ortalama bekleme süresi artabilecek ve güç tüketimi düşecektir. Güç tüketimi ve bekleme süresi kriterlerinin istenilen sınırlarda tutularak sistemin kontrol mekanizmasını yönlendirmek temel amaçtır.

4.3.3. Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları Kontrolü

Yapay sinir ağları YSA, biyolojik sinir sisteminin çalışma şekli simüle edilerek tasarlanan programlama yaklaşımıdır. Simüle edilen sinir hücreleri nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler.

YSA da öğrenme, eğitme algoritmasının giriş verilerini kullanarak bağlantı ağırlıklarını bir yakınsama sağlanana kadar, tekrar tekrar ayarlamasıyla olur.

Bulanık mantık algoritma önerileri, kesin ifadelerle net bir sayısal değer olarak ortaya koyulamayan durumlarda , daha önceden belirli kural dizisi ile belirlenmiş sistem davranışları ile kontrol parametreleri, trafik durumları ve çıkış cevabı arasında bağlantı kurmaktadır. Sinir ağları kullanılarak, yeni verilerle güncellenen ağırlıklar yarımıyla sistem performansı modelinin bir sonraki adımının tahmin edilebilmesi mümkündür.

Sistem modellenmesinde, bulanık sinir ağı modellenen sistemi giriş uzayını sınırları bulanık olan birçok alt-uzaya böler. [6] Bu uygulama ile çok büyük bir ağı eğitmek yerine daha küçük ve çok sayıda alt uzayı eğitmek daha hızlı sürmektedir. Önerilen bu kontrol uygulamasında herbir dilsel değişken girişleri alt uzay koşul sorguları eğitilerek ağ çıkışına ağırlıklar olarak yansıtılırlar. Koşul sonucu önermeler de başka ağ yapılarında eğitilerek çıkışlar alınır ve sistem cevabı verilirken eğitimlerden çıkan ağırlıklarla birlikte bu koşul sonuçları kullanılmaktadır.

Yapılan bir başka çalışma ise trafik sisteminden alınan bilgilerin sinir ağları ile eğitilerek sistemin modellenmesi, değişen durumlarda kolaylıkla ve hızlı bir şekilde adapte olabilen bir model sunulabilmesidir. Günün değişik zamanlarında yolcuların

taleplerini içeren trafik modellerini önceden öğrenerek , değişik katlardan gelen çağrılara uygun yanıtlar verilmektedir. Bu sistemde öğrenme aşaması süreklilik arz eder. Her yanıt öğrenme işlemine tabi tutulmakta ve ağırlıklar yeni değerlerle her defasında ayarlanmaktadır. Böylece binadaki nüfusun veya hareketliliğin değişimine anında uyum sağlanmaktadır. [10]

5. BULANIK KONTROLÖR TASARIMI

5.1. Giriş

Bu bölümde grup asansör sistemlerinin trafik yönetimine getirilen tasarım önerisi, durum denetlemeleri ve sonuçları anlatılmış, geliştirilen kontrolör yazılımı, kullanılan hesaplamalar detaylı olarak incelenmiştir. Çeşitli örnek durumlarla geliştirilen yazılımın sistem denetimi üzerindeki etkileri açıkça ortaya koyulmuştur.

Asansörler ilk kullanılmaya başlandıkları sadeliklerden karışık yapıdaki ortamlara ve daha yüksek yapılara geçtiklerinde trafik kontrolü de giderek karmaşık bir yapıya dönüşmüş, istenilen çözümlerin getirilebilmesi için daha etkili kontrol yöntemleri geliştirilmek zorunda kalınmıştır.

Etkili bir kontrol algoritması bazı temel özellikleri karşılamak zorundadır:

1. Katlardan gelen her çağrılara hizmet verebilmek,
2. Çağrı bekleme süresini olabildiğince kısaltmak,
3. Sistem güç tüketimini belirlenen sınırlar içerisinde tutabilmek,
4. Ani trafik yoğunluklarında etkili sonuçlar verebilmek,
5. Bina karakteristiğine göre algoritma esnekliği sağlayabilmek.

Bu beş temel hizmetin sağlanabilmesi algoritmanın tasarımıyla doğrudan ilgilidir. Geliştirilen trafik kontrol algoritması ,

1. Sistem algoritmasını matematiksel olarak ifade edilmesi,
2. Sistem kontrol yöntemlerini net olarak ortaya koyabilme,
3. Kriter değerlerinin tipleri ve algoritmadaki önemlerini belirtebilme, açıklayabilme,

4. Algoritmayı yazılım uygulamasıyla destekleyebilme,
5. Farklı trafik durumlarında ve zamanlarında sistemin önerdiği kontrol önerisinin açıklanabilmesi, özelliklerini içermektedir.

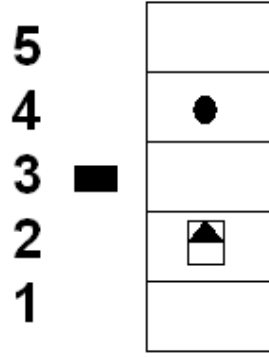
Sistem algoritmasında kullanılan tüm veriler matematiksel ifadeler içerisinde kullanılmaktadır. Belirsizlik durumları yüksek olan bir kontrol olması nedeniyle çağrı yönlendirme sistemi karar mekanizmasında kullanılan çıkarımlar, bulanık kural tablosuna dayalı çıkarım sonuçlarıdır.

Önerilen kontrol algoritmasının temel dayanağı, asansör grup kontrol sisteminin birimleri olan kabinlerin çalışma sıklığının düzenlenmesidir. Gerekli görülen durumlarda kabinlerin çalışma frekansları arttırılmakta gerekli görülen durumlarda ise azaltılmaktadır. Daha sık çalışan kabinler AWT değerinin düşürülmesini sağlamaktadır, ancak PC değerinin artmasına neden olmaktadır.

5.2. Trafik analizi

Günümüzde halen kullanılmakta tek kabinli asansörler oldukça basit sistemlerdir. Asansörün harekette olduğu durumlarda katlardan çağrı yapılamaz ve kattaki yolcu asansörün boşa çıkmasını beklemek zorundadır.

Şekil 5.1.a da görülen örnek bir trafik durumunda kabin yukarı yönde hareket etmekte, 4. katta bir kabin çağrısı yolcusu bırakacaktır. Bu sırada 3. kattan kat çağrısı yapılmak istense de asansör meşgul olduğu için hizmet alınamayacaktır. 4. kattaki yolcu bırakıldıktan sonra kabin 3. kata yönelebilecektir. Şekil 5.1.b de görüldüğü gibi bir yol izlenmektedir. Bu tip asansör sistemlerinde katlardan gelen çağrıların yönü belli değildir. Katlarda bir çağrı butonu bulunmaktadır.



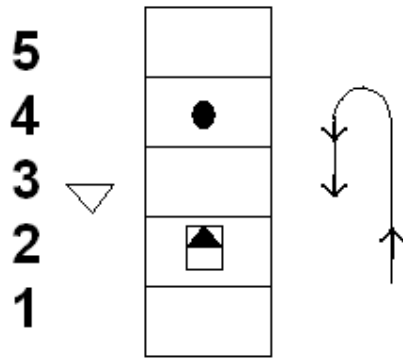
Şekil 5.1.a Basit çağrı durumu



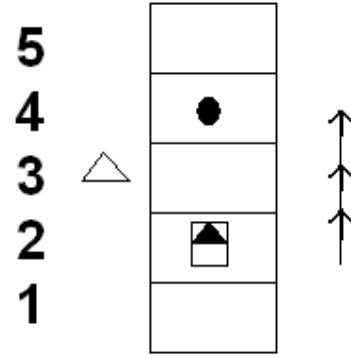
Şekil 5.1.b Hizmet rotası

Katlarda yukarı ve aşağı olmak üzere iki adet buton bulunan sistemler gidilecek yönün seçilebilmesi açısından yolcular için daha kullanışlıdır. Kabin yönü ile aynı yönlü olan çağrılar alınacaktır, aksi takdirde hizmet daha sonraki bir adımda verilecektir. Şekil 5.2.a da kabin yukarı yönde hareket etmekte iken 3. kattan gelen aşağı yönlü bir çağrı kattan geçilirken cevaplanmayacak, kabin dönüşünde cevaplanacaktır. Şekil 5.2.b deki durumda ise kabin hareketi ile aynı yönlü olan kat çağrısı kattan geçilirken hizmet görecektir. Gözlenen iki durum için hizmet alma süreleri farklıdır.

Çağrı yapıldığı andan kabinin ilgili kata yakın olmasının yanında çağrı yönünün kabin yönüyle aynı olması da önemli bir noktadır.



Şekil 5.2.a Ters yönlü kat çağrısı



Şekil 5.2.b Aynı yönlü kat çağrısı

Çok kabinli sistemlerde katlardan gelen çağrıya hangi kabinin gönderileceği anında çözülmesi gereken bir sorundur. Yolcunun istediği, en kısa sürede hizmet alabilmektir. Ancak trafik yöneticisinin kriterleri arasında sadece hizmet süresi yoktur. Etkili ve geçerli bir sürede ancak geçerli güç tüketimi sınırları içerisinde hizmet verebilmek daha önemlidir.

Yüksek katlı bir binada birden fazla kabin ve daha yoğun bir trafik mevcuttur. Kattan çağrı yapan yolcunun bekleme süresi sistem memnuniyetini doğrudan etkilemektedir. Şekil 5.3 de 2 kabinli bir sistemde örnek bir durum gözlenmektedir.

1. kabin 1. katta yukarı yönlü, 4. katta kabin çağrısı var,
2. kabin 9. katta ve boşta beklemektedir.

Bu durumda 4. kattan aşağı yönlü kat çağrısına yönlendirilmesi gereken kabin seçimi nasıl yapılmalıdır?

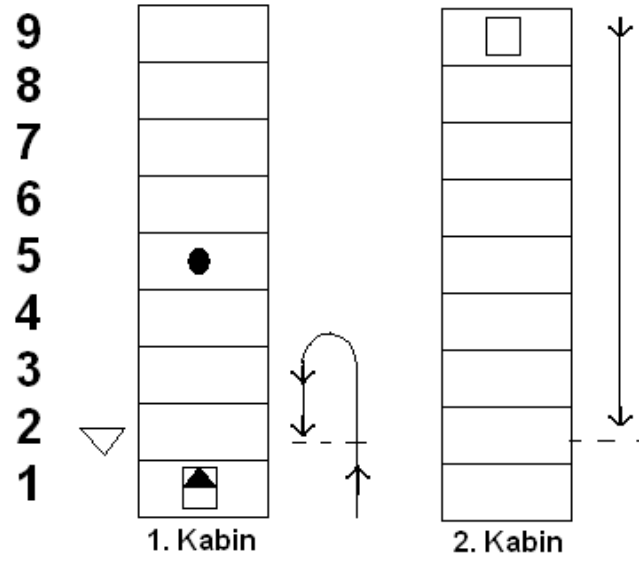
1.kabin çağrıya yönlendirilğinde sistemdeki toplam hareket:

Kabin yönü ile çağrı yönü aynı olmadığı için yukarı çıkılırken yolcu alınamayacaktır. Kabin çağrısı bırakıldıktan sonra hizmet verilebilecektir. Dolayısıyla yolcu önce kabinin kendi görevlerini bitirmesini beklemek zorundadır, daha sonra hizmet görebilecektir.

1. kabin : Önce 4 kat çıkacak 5. katta yolcusunu bırakacak ve daha sonra 3 kat inecek, 2. kattaki yolcuya hizmet verecektir.
2. kabin : Hareket etmeyecektir.

Toplam sistem davranışı:

Kat hareket sayısı	: 7 birim
Durma	: 2 birim
Kalkma	: 1 birim



Şekil 5.3 Çoklu kabin trafiği

Kabinlerin harekete geçerken ve dururken daha çok süre harcadığını düşünürsek kolaylıkla görülebildiği gibi 2. kabinin kat çağrısına hizmet verme süresi daha düşüktür. Ancak düşünülmesi gereken başka bir hesap da şudur.

2. kabin çağrıya yönlendiğinde sistemdeki toplam hareket:

1. kabin: 5. kattaki yolcusunu bırakmak için 4 kat çıkacak, 1 kere duracaktır.
2. kabin: 2. kattaki çağrıya gitmek için 7 kat inecek, 1 kere kalkacak, 1 kere duracaktır.

Toplam sistem davranışı:

Kat hareket sayısı	: 11 birim
Durma	: 2 birim
Kalkma	: 1 birim

Kat çağrısına 2. kabin görevlendirildiğinde bekleme süresi daha düşük olmaktadır. Ancak böyle bir görevlendirme yapıldığında sistemin harcayacağı enerji daha fazladır. Bu nedenle kabinlerin çalışma sıklıkları azaltılarak, güç tüketimini azaltıp yolcuların bekleme sürelerinin artırılması seçilebilir. Diğer bir seçim ise, kabin çalışma sıklıklarını arttırarak bekleme sürelerinin düşmesi amacıyla güç tüketimindeki artışı göz ardı etmektir.

Hangi durumlarda hangi seçimlerin yapılacağı gayet karmaşık bir durumdur ve sistem algoritması seçimini yaparken bina verilerini incelemesi gerekmektedir. Trafik yoğunluğunun durumu, AWT, LWP ve PC değerleri, kabin seçim kararlarının alınmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yoğunlaşan bir trafikte çok sayıdaki çağrıya cevap verebilmek ancak sık olarak çalışan kabinlerle mümkündür. Aksi takdirde bekleme süreleri çok uzayacaktır. Artan çağrılar ile uzayan AWT süresi değeri yoğunlaşan bir trafiğin ve hizmet hızındaki düşmenin habercisidir. Bu tip benzer durumlarda sistemin nasıl davranacağı hakkında insan yorumları sunmak daha etkili olabilmektedir. Geçmiş tecrübe ve deneyimlerinden görerek öğrenen insanın yorumlama gücünden faydalanarak oluşturulacak olan kural tabanı, çeşitli trafik durumlarında ve farklı zaman dilimleri içerisinde farklı çözümler sunmaktadır.

Katlardan gelecek bir çağrıya görevlendirilecek kabinin seçilmesi temel problem olarak ele alınmıştır. Tüm sistem hesaplamaları ve çıkarımları bu problemin çözümüne yönelik olarak sunulmuş bir trafik kontrol sistemi önerisidir. Ancak seçim yapılabilmesi sadece belli görev ve çağrı katı durumlarında hangi kabinin görevlendirileceği sorununun yanısıra diğer performans kriterlerinin o anki durumlarına göre de bir çözüm sunulabilmesidir.

N katlı , her katında iki adet çağrı butonu bulunan n kabinli bir asansör sistemindeki olası durumların sayısı hesaplanabilir. Kabinlerin alabileceği görev sayısı hesaplanırken kabin içi butonların tüm kombinasyonları ve katlardaki çağrı butonlarının tüm kombinasyonları düşünülmelidir. Ayrıca n adet kabin N katlı bir binada kaç farklı şekilde dağılmış olabileceği durumlar da hesaplanmalıdır.

$$\text{Her kabin için olası görev durumu: } N! \times (2N)! \quad (5.1)$$

$$n \text{ adet kabin için toplam görev durumu: } n \times N! \times (2N)! \quad (5.2)$$

$$n \text{ adet kabinin } N \text{ katlı binadaki katlara dağılım sayısı: } \binom{N}{n} \quad (5.3)$$

$$\text{Toplam durum sayısı : } n \times N! \times (2N)! \times \binom{N}{n} \quad (5.4)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Örneğin 10 katlı ve 3 kabinli bir sistemdeki durum sayısı :

$$3 \times 10! \times 20! \times \binom{10}{3} = 3 \times 3628800 \times (2.4329e+018) \times 120 = 3.1783e+027 \quad (5.5)$$

Görüldüğü gibi bu yüksek sayıdaki durumlardan herhangi birinde rastgele bir zamanda yönü ve katı belli olmayan bir çağrı gelebilir. Bu durumda kabin seçim işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Her durum için ayrı bir seçim tanımlanması mümkün değildir. Bu kadar durum için bu sayıda kural tablosunun okunması , gereken sonucun alınması ve kabinin görevlendirilmesi yapılabilse bile performans kriterlerinin hangi değerlerde olduğu da ayrı bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yoğunlukta belirsiz durumlarda karar verebilmek için bulanık çıkarıma ihtiyaç duyulmuştur.

10 katlı ve 3 kabinli bir sistemde bu kadar fazla olan durum sayısı çok yüksek bir gökdelende kontrol edilmesi çok zor haller almaktadır. Düşük kat sayısındaki binalardaki durumları incelemek ve sonuç atamak mümkün iken çok yüksek yapılarda imkansız hale gelmektedir. Bulunduğu durumdaki verileri alarak, tanımlanmış kural tablosuna göre yorumlayarak sonuç çıkarmak ve görevlendirilecek kabini seçmek yoğunlukla başa çıkabilmenin en etkili yollarından biridir.

5.3. Çağrı Katına Yakınlık Değerinin Etkisi

Sistem performansı değerleri, çağrı yönlendirilmesini etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Kabinlerin o anki durumları, AWT, PC, ve LWP değerleri, o anki zaman ve çağrı katı tümüyle düşünülmesi gereken değerlerdir. Daha önceki benzer çalışmalardan farkı hizmet gecikmelerinin yoğunluk bilgisi içermesi ve bu etkinin denkleme yansıtılmasıdır. Bu belirli durumların yanısıra bir sonraki kattan alınan

yolcunun hangi kata gitmek isteyeceği , hangi katlardan yeni çağrılar geleceği sistemi belirsiz yapan temel sorunlardır. En iyi sistem verileri 5dk lık süreçler içerisinde alınan değerler olarak kabul edilmektedir.

Kabin seçimi yapılırken her bir kabin için ayrı ayrı hesaplanacak öncelik denklemleri tanımlanmıştır. (5.6) denklemindeki $\phi(i)$ öncelik değeri küçük olan kabin çağrıya görevlendirilecektir.

$$\phi(i) = \beta \cdot T_{AVR}(i) - \alpha \cdot T\alpha(i) + T_E(i) \quad (5.6)$$

$T_{AVR}(i)$: Seçilecek kabinin çağrı katına tahmini varış süresi

β : T_{AVR} değeri ile gerçek ulaşım süresindeki sapmaların ortalaması

α : Yakınlık derecesi ağırlığı

$T\alpha(i)$: Kabinlerin çağrı katına olan yakınlıklarının değeri

$T_E(i)$: Bu değer kabinin özel bir durumu varsa seçilme olasılığını azaltacak şekilde denkleme eklenmiştir.

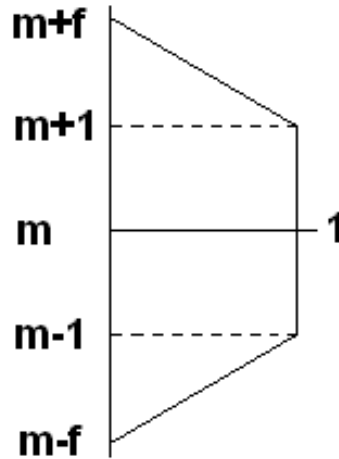
T_{AVR} değeri hesaplanmasında, kabinin o anki görevlerini yürütürken çağrıya ulaşabilme süresi gözönüne alınmaktadır. 5 dk lık süreç içerisinde tahmin edilen değerler sapabilmektedir. Çünkü alınan yolcunun hangi kata gitmek isteyeceği veya kat çağrısına giderken başka bir görevin verilip verilmeyeceği belli değildir. Sistem yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle bu gecikme etkisi ortalama olarak öncelik denklemi hesabına yansıtılmalıdır. Tahmin edilen değer ile erişim süreleri aynı ise β değeri 1 olacaktır. Ancak sürelerde sapma var ise oran değerine göre β değeri 1 den büyük olacaktır. Denklem (5.7) de β değerinin hesaplanması görülmektedir. Son 5 dk. lık süreç içerisinde gelen m adet çağrıya verilen hizmetteki süre sapmalarının ortalaması β değeridir.

$$\beta = 1 + \frac{\sum_{i=1}^m \frac{(T_{gercek}(i) - T_{AVR}(i))}{T_{AVR}(i)}}{m} \quad (5.7)$$

Trafik yoğunluğu arttıkça tahmin edilen değerlerde bazı sapmalar meydana gelecektir. Bu sapmanın artması sistemdeki yoğunluğun arttığını gösterebilmektedir. Önerilen trafik kontrolü tasarımında β değeri öncelik fonksiyonuna doğrudan etki olarak sunulmuştur ve ayrıca α değerinin bulanık çıkarımında kural tablosunda yorumlanmaktadır. Trafiğin yoğunluğunu belirten β katsayısı sistem performansı kriteri olarak düşünülmektedir.

$T\alpha(i)$, kabinin çağrı katına olan yakınlığının değeridir. (5.6) denkleminde öncelik değerini azaltacak şekilde çıkarılmıştır. Bu değer çok farklı şekillerde hesaplanabilir. Çağrı katına belli uzaklıktaki kabinlerin değerlendirmesi yapılabilir. Bu uzaklık sınırı tamamen tasarımcının bina performansı gözlemlerine göre seçilebilir. Çağrı katına yakın kabinlerin $T\alpha$ değeri 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Şekil 5.4 de m. kattan gelen çağrıya f kadar yakınlık aralığındaki kabinlerin $T\alpha$ değerleri heaplanmaktadır. Daha uzak olan kabinlerin yakınlık değeri 0 olmaktadır.,

Yakınlık değerinin bulunması için tanımlanan alandegeri2 fonksiyonu Ek A dosyası içerisinde “alandegeri.m” isimli dosya olarak sunulmuştur. Şekil 5.5 de gösterilen yazılım ana yazılım BULANIK_KONTROL.m içerisinde çağrılmaktadır.



Şekil 5.4 Yakınlık değeri gösterimi

```

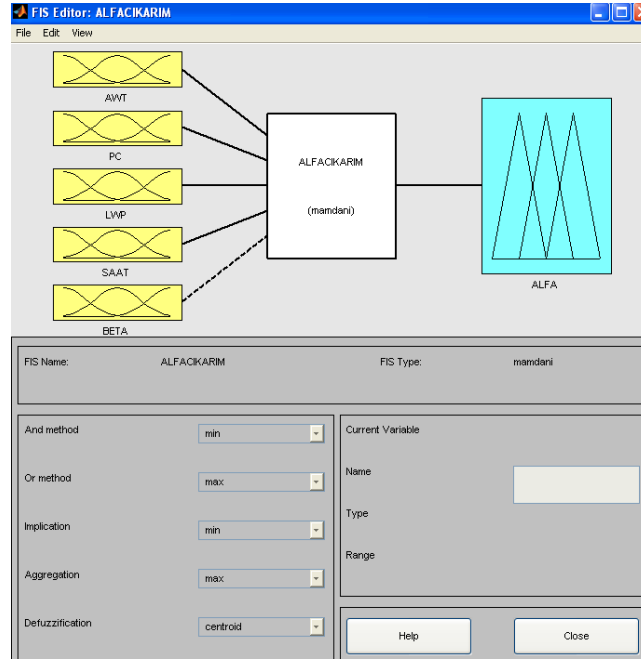
function [Talfa] = alandegeri2(kabinsimdikikat,cagrikati,aralik)
if abs(kabinsimdikikat-cagrikati)==1 || kabinsimdikikat==cagrikati
    Talfa=1;
    return
end
if abs(kabinsimdikikat-cagrikati)>aralik
    Talfa=0;
    return
end
if kabinsimdikikat>cagrikati
    Talfa= abs(cagrikati+aralik+1-kabinsimdikikat)/aralik;
elseif kabinsimdikikat<cagrikati
    Talfa= abs(kabinsimdikikat-cagrikati+aralik+1)/aralik;
End

```

Şekil 5.5 Kabinlerin yakınlık değerinin hesaplanması

5.4. Yakınlık Değeri Ağırlığının Çıkarımı

Kabinlerin öncelik denklemlerinin çıkarılmasında büyük etkisi olan ağırlık değeri, sistemin o anki trafik durumunu temsil etmekle beraber sistem performansının yorumlanmasıyla ortaya çıkmaktadır. α değeri hesaplanırken β , AWT, PC, LWT dilsel değişkenleri ve zaman çıkarımı yapılmaktadır. Üyelik fonksiyonları ile tanımlanan dilsel değişkenler kural tablosuna göre yorumlanarak α çıkarımı yapılmıştır. Matlab fuzzy toolbox kullanılarak üyelik fonksiyonları ve kural tablosu tanımlanmıştır. Şekil 5.6 de 5 girişli 1 çıkışlı Mamdani tipi bir çıkarım editörü görülmektedir.



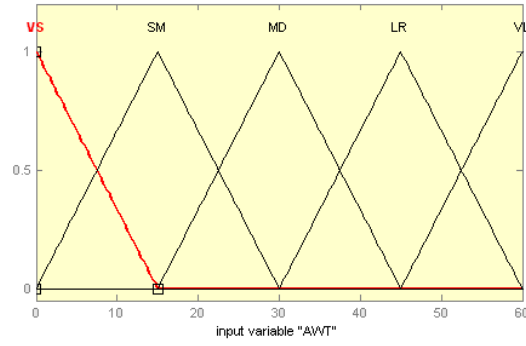
Şekil 5.6 Alfa çıkarım editörü ALFACIKARIM.fis

Bulanık çıkarım yönteminde dilsel giriş değişkenlerinin farklı durumlarında çıkışın belirlenebilmesi amaçlı kural tablosu tanımlanmıştır. AWT süre olarak 0 sn. den başlayarak yorumlanmaktadır. 60 sn. üzeri beklemler çok uzun süre bekleme durumu olarak düşünülmüştür. (5.8) denkleminde hesaplanan AWT değeri, son 5 dk. lık süreç içerisinde oluşan m adet çağrının gerçek hizmet sürelerinin aritmetik ortalamasıdır.

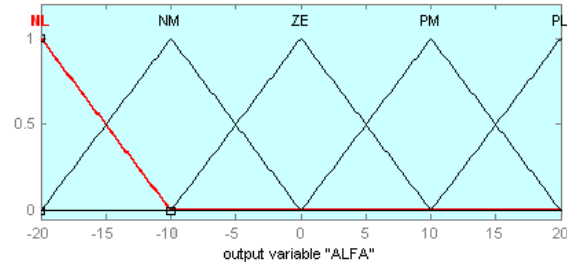
$$AWT = \frac{\sum_{i=1}^m T_{gercek}(i)}{m} \quad (5.8)$$

Şekil 5.7 da görülen AWT üyelik fonksiyonu değerleri için şu kurallar tanımlanmıştır:

- Eğer AWT değeri VS ise ALFA değeri PL
- Eğer AWT değeri SM ise ALFA değeri PL
- Eğer AWT değeri MD ise ALFA değeri ZE
- Eğer AWT değeri LR ise ALFA değeri NM
- Eğer AWT değeri VL ise ALFA değeri NL



Şekil 5.7 AWT üyelik fonksiyonları



Şekil 5.8 Alfa üyelik fonksiyonları

PC değeri hesaplanırken asansör kontrol sistemindeki tüm kabinlerin son 5 dk. lık süreç içerisinde yüzde olarak toplam çalışma oranıdır. Kabinlerin hiç durmadan sürekli çalışma oranı %100 olarak düşünülmüştür.

$$PC = \frac{\int_0^5 Hareket_{Gerçek} dt}{\int_0^5 Hareket_{Sürekli} dt} \times 100 \quad (5.9)$$

Şekil 5.9 de üyelik fonksiyonları belirtilmiş PC dilsel değişkeni için tanımlanmış kurallar:

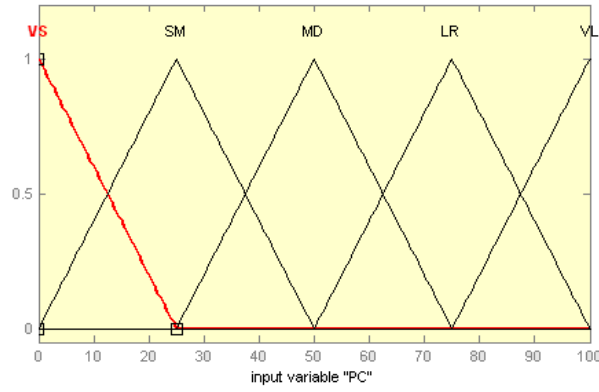
Eğer PC değeri VS ise ALFA değeri NL

Eğer PC değeri SM ise ALFA değeri NL

Eğer PC değeri MD ise ALFA değeri ZE

Eğer PC değeri LR ise ALFA değeri PM

Eğer PC değeri VL ise ALFA değeri PL



Şekil 5.9 PC üyelik fonksiyonları

Hizmet beklerken çok uzun süre bekleyen yolcuların oranı sistem için önemli bir performans kriteridir. Yolcu memnuniyeti düşünüldüğünde çok uzun bekleme süreleri istenmeyen bir durumdur. Bina yüksekliğine göre değişebilecek olan uzun süre bekleme süresi 60 sn olarak düşünülmüştür. Bu süreden fazla bekleyen yolcular uzun süre beklemiş sayılacaktır. Denklem (5.10) da görüldüğü gibi LWP değeri, son 5 dk. lık süreç içerisinde 60 sn. den fazla hizmet beklemiş yolcu sayısının bu süreç içerisindeki tüm yolcu sayısına oranı şeklinde hesaplanmaktadır.

$$LWP = \frac{\sum_{i=1}^m \text{Uzunsürebekleyen yolcu}}{\sum_{i=1}^m \text{Tümyolcu}} \times 100 \quad (5.10)$$

Şekil 5.10 de üyelik fonksiyonları belirtilmiş LWP dilsel değişkeni için tanımlanmış kurallar:

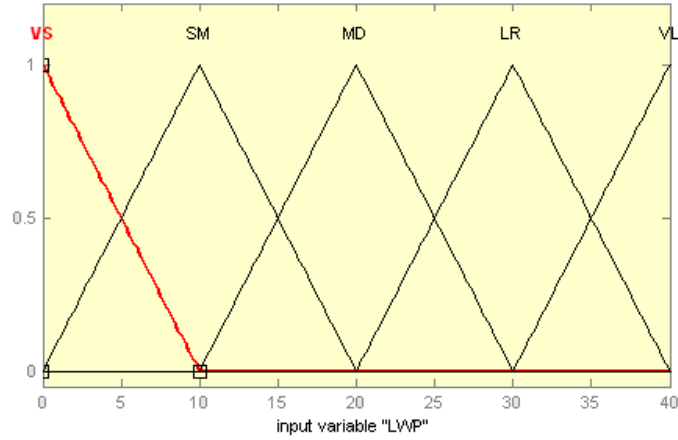
Eğer LWP değeri VS ise ALFA değeri PL

Eğer LWP değeri SM ise ALFA değeri PL

Eğer LWP değeri MD ise ALFA değeri ZE

Eğer LWP değeri LR ise ALFA değeri NM

Eğer LWP değeri VL ise ALFA değeri NL

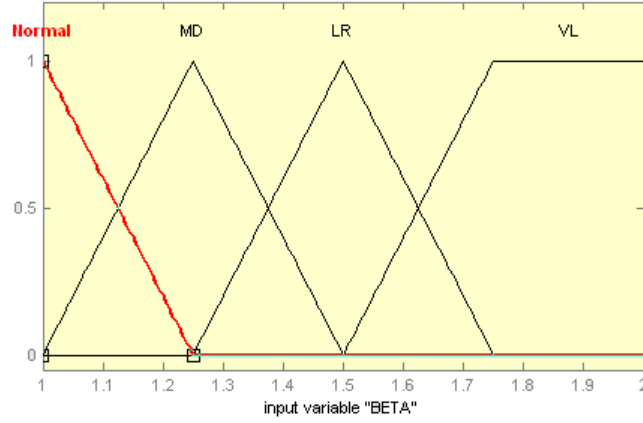


Şekil 5.10 LWP üyelik fonksiyonları

Tahmin edilen hizmet süresi o anki sistemin yoğunluğuna göre değişebilir, hizmet gecikebilir. T_{AVR} değerindeki bu sapma, son 5 dk. lık süreç içerisinde verilen hizmet sürelerindeki yüzde sapmanın ortalaması şeklinde hesaplanabilir. Denklem (5.7) da β değerinin hesaplanması gösterilmiştir. Trafiğin en yoğun olduğu sabah ve iş-çıkışı saatlerindeki hizmet sapmalarını düzeltilmesine yönelik tanımlanan kurallar:

Eğer SAAT değeri Sabah ve BETA değeri Normal ise ALFA değeri ZE
 Eğer SAAT değeri Sabah ve BETA değeri MD ise ALFA değeri ZE
 Eğer SAAT değeri Sabah ve BETA değeri LR ise ALFA değeri NM
 Eğer SAAT değeri Sabah ve BETA değeri VL ise ALFA değeri NL
 Eğer SAAT değeri İş-çıkışı ve BETA değeri Normal ise ALFA değeri ZE
 Eğer SAAT değeri İş-çıkışı ve BETA değeri MD ise ALFA değeri ZE
 Eğer SAAT değeri İş-çıkışı ve BETA değeri LR ise ALFA değeri NM
 Eğer SAAT değeri İş-çıkışı ve BETA değeri VL ise ALFA değeri NL

Günün en yoğun halleri sabah ve akşam iş çıkışı saatlerinde kabin çalışma frekansları (sıklıkları) yüksek olmalıdır. Yoğun olan trafiğin karşılanabilmesi için hızlı hizmetler ve bunun olabilmesi için bekleme sürelerinin düşmesi gerekmektedir. (5.6) denkleminde görüldüğü gibi α katsayısının küçük olması çağrı katına yakın olan kabinin atanma olasılığını arttırmayacaktır. Dolayısıyla T_{AVR} daha fazla ağırlık kazanacaktır. En hızlı hizmet verebilen kabin görevlendirilecektir.



Şekil 5.11 β üyelik fonksiyonları

Günün belirli zaman dilimlerinde trafik durumu çeşitlilik göstermektedir. Şekil 5.12 da görülen Sabah, Sab-Oglen, Yemek, Yemek-donusu, Oglen-aksam ve Is-cikisi bölümlerine ayrılan zaman dilimleri için α değerinin çıkarımı kural tablosu yarımıyla yapılmaktadır:

Eğer SAAT değeri Sabah ise ALFA değeri NM

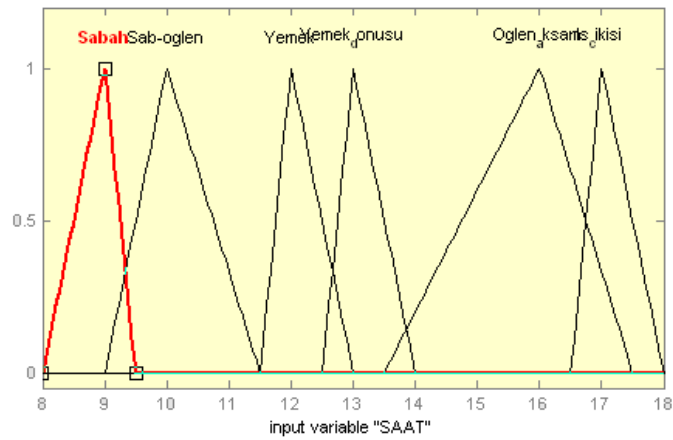
Eğer SAAT değeri Sab-oglen ise ALFA değeri PM

Eğer SAAT değeri Yemek ise ALFA değeri NM

Eğer SAAT değeri Yemek-donusu ise ALFA değeri ZE

Eğer SAAT değeri Oglen-aksam ise ALFA değeri PM

Eğer SAAT değeri Is-cikisi ise ALFA değeri NM

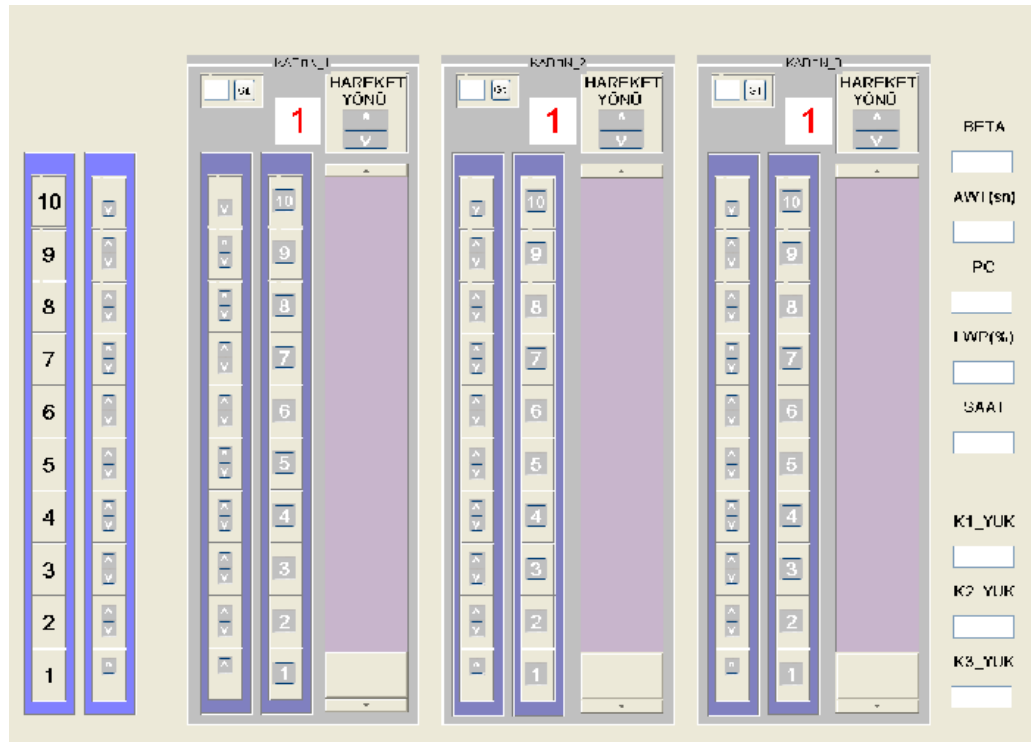


Şekil 5.12 Zaman üyelik fonksiyonları

5.5. Maket Bir Binada Algoritmanın İncelenmesi

5.5.1. Donanım ve Yazılım Yapıları

Kısım 5.3. de ayrıntılı olarak anlatılan algoritmanın daha detaylı incelenebilmesi için 10 katlı ve 3 kabinli bir asansör sistemi Matlab GUIDE yazılımı ortamında oluşturulmuştur. Sistemin yazılımı Ek B isimli klasör içerisinde “BULANIK_KONTROL.m” isimli dosyada verilmiştir, aynı şekilde Ek B de sunulan “BULANIK_KONTROL.fig” dosyası çalıştırılarak sistem testleri yapılmaktadır. Sistemin giriş ve çıkış değerlerinin üyelik fonksiyonları, bulanık kural tablosu Ek B de sunulan “ALFACIKARIM.fis” dosyasında tanımlanmıştır. Şekil 5.13 de görülen sistemde kabinlerin görevleri ve durumları el ile ayarlanmakta, sistemin o anki dilsel değişken değerleri ilgili bölümlere girilmektedir. Asansör kabin hızları 1.5m/sn , katlararası 3m , duruş ve kalkış süreleri 5 sn. alınmıştır.



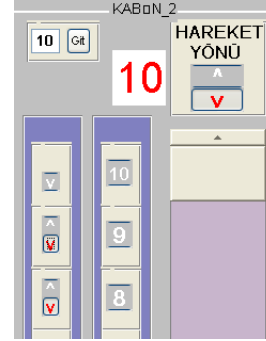
Şekil 5.13 Maket Asansör Sistemi Yapısı

Kabinler daha önce yapılan kat çağrılarına görevlendirilmiş olabilirler, bu nedenle her bir kabinin kat çağrısı görevi varsa kabin yanındaki aşağı yukarı butonlara basılarak görev atanmalıdır.

1. kabin 9. kattadır, yukarı yöndedir, 10. katta kabin çağrısı ve 8. katta aşağı yönlü bir kat çağrısı görev tablosunda mevcuttur.
2. kabin 10. kattadır, aşağı yöndedir, 9. ve 8. katta aşağı yönlü iki kat çağrısı görev tablosunda mevcuttur.



Şekil 5.14.a Kabin1 görev durumu



Şekil 5.14.b Kabin2 görev durumu

hol1 , hol2, hol3 matrisleri 2 satır 10 sütundan oluşmaktadırlar ve sırasıyla 1., 2., 3. kabinlerin kat çağrısı görevlerini tutmaktadırlar. 1. satırlarında yukarı kat çağrıları, 2. satırlarında ise aşağı kat çağrıları bilgileri tutulmaktadır. Çağrı yapılan katın ilgili satır ve sütundaki matris elemanı 0 durumundan 1 durumuna alınarak görev kaydedilmektedir.

```
% --- Executes on button press in CAR1_UP1.
function CAR1_UP1_Callback(hObject, eventdata, handles)
durum1 = get(gcbo,'Value');
if durum1==1
    global hol1
    hol1(1,1)=1
    set(handles.CAR1_UP1,'ForegroundColor','red');
else
    global hol1
    hol1(1,1)=0
    set(handles.CAR1_UP1,'ForegroundColor','white');
end
```

Şekil 5.15 Yukarı çağrı görevi atama butonlarının çalışması

```

% --- Executes on button press in CAR1_DOWN2.
function CAR1_DOWN2_Callback(hObject, eventdata, handles)
durum1 = get(gcbo,'Value');
if durum1==1
    global hol1
    hol1(2,2)=1
    set(handles.CAR1_DOWN2,'ForegroundColor','red');
else
    global hol1
    hol1(2,2)=0
    set(handles.CAR1_DOWN2,'ForegroundColor','white');
end

```

Şekil 5.16 Aşağı çağrı görevi atama butonlarının çalışması

kabin1, kabin2 ve kabin3 matrisleri tek satır 10 sütünden oluşmaktadırlar. Kabin içi görev kaydedicileridir. Gidilmek istenilen butona basıldığında ilgili eleman 0 durumundan 1 durumuna alınmaktadır. Tekrar basıldığında görev silinmektedir.

```

% --- Executes on button press in Kabin1ici_1.
function Kabin1ici_1_Callback(hObject, eventdata, handles)
durum1 = get(gcbo,'Value');
if durum1==1
    global kabin1
    kabin1(1,1)=1
    set(handles.Kabin1ici_1,'ForegroundColor','red');
else
    global kabin1
    kabin1(1,1)=0
    set(handles.Kabin1ici_1,'ForegroundColor','white');
end

```

Şekil 5.17 Kabin içi görev atama butonlarının çalışması

Kabin hareket yönleri belirlenmez ise kabinler duruyor kabul edilmektedir. Ancak aşağı, yukarı veya kabin içi görevlendirilmiş bir kabine hareket yönü atanmalıdır, aksi takdirde hatalı bir durum önerisi olacaktır. Görev tanımlanmamış ise kabin duruyor olabilir. Kabin hareket yönü belirlenmesi için hareket yönü butonlarına basılmalıdır.

```
% --- Executes on button press in Kabin1Yon_UP.  
function Kabin1Yon_UP_Callback(hObject, eventdata, handles)  
durum1 = get(gcbo,'Value');  
if durum1==1  
    global kabindurum1  
    kabindurum1=1 %yukarı yönde  
    set(handles.Kabin1Yon_UP,'ForegroundColor','red');  
    set(handles.Kabin1Yon_DOWN,'ForegroundColor','white');  
    gec3 = findobj(gcf,'TooltipString','DWN1');  
    set( gec3,'Value', 0);  
else  
    global kabindurum1  
    kabindurum1=0  
    set(handles.Kabin1Yon_UP,'ForegroundColor','white');  
    gec3 = findobj(gcf,'TooltipString','UP1');  
    set( gec3,'Value', 0);  
end
```

Şekil 5.18 Kabin yönünün belirlenmesi

5.5.2. Bulanık Algoritmanın Çalıştırılması

Kabinlerin tüm durumları ve görevleri atandıktan sonra BETA, AWT, LWP, PC ve SAAT değerleri girilmelidir. Kabin yükleri (5.6) denklemindeki T_E değerleri yerine kullanılabilir. Kabin ağırlıkları PC değerini arttıran bir etkidir ve yüklü kabinlerin daha az hareket etmesi güç tüketimini düşürmektedir. Ayrıca T_E değeri kabinlerin bir takım öncelikleri için de kullanılabilir. VIP kabini gibi özel seçimler yapılabilir. Ancak öneride uygulama getirilmesine rağmen örnek sistemde kullanulmamıştır.

Atanması gereken değerler:

$$BETA \geq 0$$

$$AWT \geq 0$$

$$0 \leq LWP \leq 40$$

$$0 \leq PC \leq 100$$

$$0 \leq SAAT \leq 24 \quad (5.11)$$

Kabin durumları ve sistem performansı değerleri belirlendikten sonra katlardan çağrı yapılabilir. Herhangi bir kattan aşağı ya da yukarı çağrı geldiğinde tüm sistem durumları alınmakta, FUZZY_Callback fonksiyonu çalıştırılarak $T_{AVR}(i)$, $T_{\alpha}(i)$, α ve sonunda $\phi(i)$ değerleri hesaplanmaktadır.

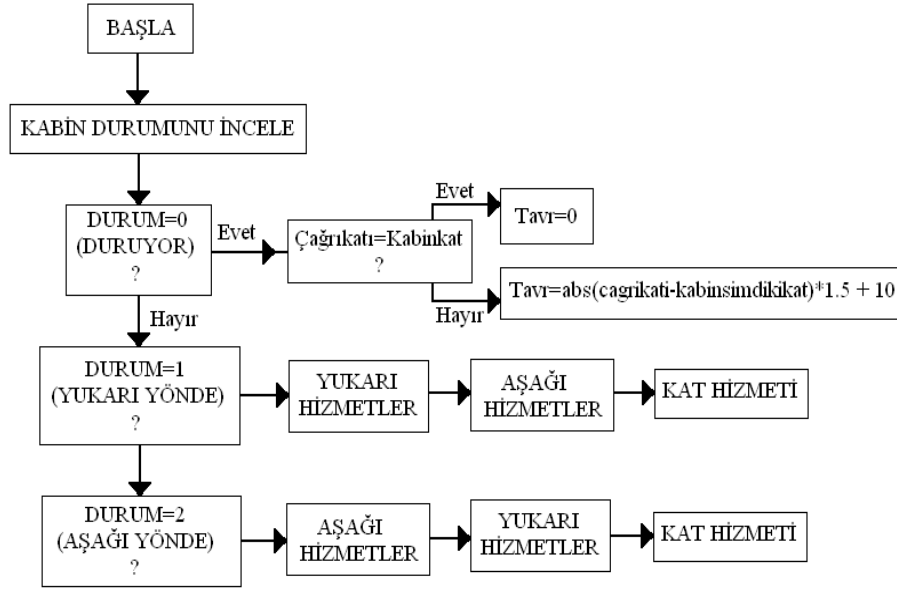
```
% --- Executes on button press in Hallcall_UP1.
function Hallcall_UP1_Callback(hObject, eventdata, handles)
    global cagrikat
    global cagriyon
    global ensonkat
    cagrikat=1;
    cagriyon=1;
    durum1 = get(gcbo,'Value');
    if durum1==1
        set(handles.Hallcall_UP1,'ForegroundColor','red');
        FUZZY_Callback(852.0004, eventdata, handles)
    elseif durum1==0
        set(handles.Hallcall_UP1,'ForegroundColor','white');
    end
```

Şekil 5.19 Yukarı yönlü yapılan kat çağrısı çalışması

FUZZY_Callback fonksiyonu içerisinde tahmini hizmet süreleri Tavr1, Tavr2, Tavr3 değerleri, çağrı katına yakınlık değerleri Talfa1, Talfa2, Talfa3 değerleri, ve yakınlık ağırlığı α değeri alfa hesaplanmaktadır.

Tahmini bekleme sürelerinin hesaplanabilmesi için yazılan “tb()” fonksiyonu “tb.m” dosyasında tanımlanmış ve Ek B isimli klasör içerisinde sunulmuştur. Fonksiyon, kabin yönüne göre program akışını sürdürmektedir. Şekil 5.20 de tb fonksiyonu program akış diyagramı görülmektedir.

function [Tavr] = tb (hol,kabin,kabinsimdikikat,durum,cagrikati,cagriyonu,ensonkat)



Şekil 5.20 Tahmini bekleme süresi tb fonksiyonu akış diyagramı

FUZZY_Callback fonksiyonu içerisinde ALFACIKARIM.fis dosyası çalıştırılarak bulanık çıkarım hesaplamaları yapılır.

```

...
karar=readfis('ALFACIKARIM');
    alfa=evalfis([AWT PC LWP SAAT BETA ], karar)
Q1=β*Tavr1-alfa(1,1)*Talfa1
Q2=β*Tavr2-lfa(1,1)*Talfa2
Q3=β*Tavr3-alfa(1,1)*Talfa3
...
  
```

Şekil 5.21 Bulanık Çıkarım Hesabının Çağırılması

Öncelik değerleri en küçük kabin, çağrı için görevlendirilecektir. Q değerlerinin eşit olması halinde Tavr değerleri küçük olan, bu değerler de eşit ise 1. kabin görevlendirilebilir.

EK B de sunulan BULANIK_KONTROL.m dosyasının açılarak çalıştırılabilmesi için klavyeden F5 tuşuna basmak yeterlidir. Başka bir yol ise Matlab Command Window ekranında >>guide yazarak BULANIK_KONTROL.fig isimli GUI dosyasının açılması ve çalıştırılmasıdır. Daha sonra Şekil 5.22 de belirtildiği gibi gerekli görev atamaları yapıldıktan sonra kat çağrısı oluşturulduğunda kabin öncelik değerleri hesaplanacaktır. Sonuç “GÖREV KABİNİ” yazı penceresinde gösterilmektedir.



Şekil 5.22 Kontrol programı akış diyagramı

5.5.3. Kontrol Algoritmasının Durum Davranışlarının İncelenmesi

Matlab GUIDE editörü ortamında modeli oluşturularak 10 katlı ve 3 kabinli asansör sistemi için farklı görev durumlarında, farklı dilsel değişken değerleri altında sistem sonuçları incelenmiştir. EK A da bulunan Tablo A.1 ve Tablo A.2 incelenen 30 farklı durum için $T_{AVR}(i)$, $T_{\alpha}(i)$, α ve $\phi(i)$ değerleri bulunmuştur, sonuçta görevlendirilen kabin SONUÇ/SEÇİM bölümünde belirtilmiştir.

Tabloda belirtilen kabin görevleri (^) yukarı yön, (v) aşağı yön ve (•) ise kabin içi çağırma butonlarını göstermektedir. Kabin kat (Yön)/ (T_{α} değerleri) kısmında kabinin şimdiki katları, yönleri ve çağrı katına bağlı olarak tb.m dosyasındaki tb fonksiyonu ile hesaplanan T_{α} değerleri gösterilmiştir. Kabin yönleri (^) veya (v) şeklinde gösterilmiştir. BULANIK_KONTROL.m yazılım dosyasında kabindurum1 terimleriyle belirtilen kabin yönü

0: duruyor,

1: yukarı yönde,

2: aşağı yönde olarak alınmıştır.

Kabinlerin görevlerini tutan matrisler daha önce 5.4.1. kısmında tanıtılmıştı. Yukarı yönlü ve aşağı yönlü görev çağrılarını tutan hol1(2x10), hol2(2x10), hol3(2x10) matrisleri 1. satırlarında yukarı yön, 2. satırlarında aşağı yön çağrı görevlerini tutmaktadırlar.

Kabin içi çağrı görevleri kabin1(1x10), kabin2(1x10) ve kabin3(1x10) matrislerinde tutulmaktadır. Çağrı katı cagrikat terimiyle belirtilmekte, çağrı yönü yukarı ise cagriyon=1, aşağı ise cagriyon=0 olarak kullanılmıştır.

ÖRNEK 1:

Tablo A.1 deki 1. satırdaki durumu inceleyelim:

kabin1simdkat = 8	&	kabindurum1 = 1 (kabin yukarı yönde)
kabin2simdkat = 10	&	kabindurum2 = 2 (kabin aşağı yönde)
kabin3simdkat = 2	&	kabindurum3 = 1 (kabin yukarı yönde)
cagrikat = 6	&	cagriyon = 0 (çağrı aşağı yönde)

$$\begin{aligned}
\text{hol1} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} & \text{kabin1} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\
\text{hol2} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \text{kabin2} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
\text{hol3} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} & \text{kabin3} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5.12)
\end{aligned}$$

$\beta = 1, AWT = 25, PC = 60, LWP = 15, SAAT = 8$ değerleri durumunda:

$$T_{\alpha}(1) = 0.75, T_{\alpha}(2) = 0.25, T_{\alpha}(3) = 0.25$$

$$T_{AVR}(1) = 21, T_{AVR}(2) = 21, T_{AVR}(3) = 47, \alpha = 5.4698 \text{ hesaplanmıştır.}$$

(5.6) denklemi yardımıyla $\phi(i)$ değerleri hesaplanırsa:

$$\Rightarrow \phi(1) = 1 \times 21 - 5.4698 \times 0.75 = 16.8977 \quad (5.13)$$

$$\Rightarrow \phi(2) = 1 \times 21 - 5.4698 \times 0.25 = 19.6326 \quad (5.14)$$

$$\Rightarrow \phi(3) = 1 \times 47 - 5.4698 \times 0.25 = 45.6326 \quad (5.15)$$

$T_{AVR}(1)$ ve $T_{AVR}(2)$ değerleri eşit olmasına rağmen PC kriteri göz önüne alındığında çağrı katına daha yakın olan kabinin görevlendirilmesi uygun görülmüştür.

ÖRNEK 2:

Tablo A.1 satır 8 ile satır 9 da kabin katları ve kabin görevleri aynı olan ancak performans kriterleri farklı iki durumun incelenmesi:

$$\text{kabin1simdkat} = 5 \quad \& \quad \text{kabindurum1} = 2 \text{ (kabin aşağı yönde)}$$

$$\text{kabin2simdkat} = 8 \quad \& \quad \text{kabindurum2} = 2 \text{ (kabin aşağı yönde)}$$

$$\text{kabin3simdkat} = 10 \quad \& \quad \text{kabindurum3} = 2 \text{ (kabin aşağı yönde)}$$

$$\text{cagrikat} = 4 \quad \& \quad \text{cagriyon} = 1 \text{ (çağrı yukarı yönde)}$$

$$\text{hol1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{kabin1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{hol2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{kabin2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{hol3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{kabin3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5.16)$$

$$T_{\alpha}(1) = 1, T_{\alpha}(2) = 0.25, T_{\alpha}(3) = 0 \quad (5.17)$$

Durum 1:

$\beta = 1, AWT = 15, PC = 70, LWP = 5, SAAT = 10$ değerleri durumunda:

$$T_{AVR}(1) = 32.5, T_{AVR}(2) = 31, T_{AVR}(3) = 24, \alpha = 9.6518 \text{ hesaplanmıştır.} \quad (5.18)$$

$$\Rightarrow \phi(1) = 1 \times 32.5 - 9.6518 \times 1 = 22.8482 \quad (5.19)$$

$$\Rightarrow \phi(2) = 1 \times 31 - 9.6518 \times 0.25 = 28.5871 \quad (5.20)$$

$$\Rightarrow \phi(3) = 1 \times 24 - 9.6518 \times 0 = 24 \quad (5.21)$$

Durum 2:

$\beta = 1, AWT = 40, PC = 70, LWP = 5, SAAT = 10$ değerleri durumunda:

$$T_{AVR}(1) = 32.5, T_{AVR}(2) = 31, T_{AVR}(3) = 24, \alpha = 1.6910 \text{ hesaplanmıştır.} \quad (5.22)$$

$$\Rightarrow \phi(1) = 1 \times 32.5 - 1.6910 \times 1 = 30.8090 \quad (5.23)$$

$$\Rightarrow \phi(2) = 1 \times 31 - 1.6910 \times 0.25 = 30.5772 \quad (5.24)$$

$$\Rightarrow \phi(3) = 1 \times 24 - 1.6910 \times 0 = 24 \quad (5.25)$$

Durum 1 de AWT başta olmak üzere diğer değerler normal iken PC değeri %70 gibi yüksek bir değer almıştır. Kabinler çok çalışmakta ve çok enerji tüketilmektedir. Bu durumda müdahale olarak kabin çalışma sıklıklarının azaltılması gerekmektedir. Bunun için α , büyük bir değer almalıdır. Durum 1 de α değeri görüldüğü gibi 9.6518 hesaplanmış, kabinlerin çağrı katına yakınlık değerlerinin önemi artırılarak yakın kabinin seçilme olasılığı çoğaltılmıştır. Bu durumda çağrıya yakın olan 1. kabin ortalama hizmet süresi büyük olmasına rağmen görevlendirilmiştir.

Durum 2 de AWT değeri 40 s. olarak görülmektedir. Diğer değerler aynı kalmasında rağmen bu kadar bekleme süresi oldukça uzundur. Bu nedenle bekleme süresinin azaltılması yönünde müdahale yapılması gerekmektedir. α değeri küçültülerek kabinlerin katlara olan yakınlığı değil de tahmini hizmet sürelerine göre seçim yapılmalıdır. Durum 2 de görüldüğü gibi α değeri 1.6910 hesaplanmıştır. Bu sonuca göre kabin çalışma sıklığı artacak , güç tüketimi değeri biraz daha artmasına rağmen ortalama bekleme süresinin azaltılması sağlanmış olacaktır.

Ek A da daha ayrıntılı çok farklı durumla ilgili sonuçlar tablolarda gösterilmiştir. Sistem kontrolü örneklerde incelendiği gibi bulanık durumlar çok farklı değerleri yönetme zorunluluğu getirmektedir. Kontrol karar mekanizmasında, kat çağrısına yönlendirilmesi gereken kabin, o anki kabin görevlerine bağlı olmasıyla beraber performans değerlerinden tamamen bağımsız değildir. Bulanık kural tablosuyla belirlenmiş durum-sonuç ilişkileri doğrultusunda performans kriterleri istenilen sınırlar içerisinde tutulmaya çalışılmakta ; bu amaçla β , AWT, PC ve LWP değerleri yorumlanarak α değeri güncellenmektedir.

Önerilen kontrol algoritmasında bekleme süreleri ve güç tüketimi dengelenmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla artan bekleme sürelerinde eğer gerekli ise sistemi daha aktif hale getirme ihtiyacı , α değerini küçülterek yapılmaktadır. Bu değer küçüldüğünde çağrı katına yakın olan kabinlerin yakınlık değeri etkisini yitirecek, tahmini hizmet sürelerinin en az olduğu kabin görevlendirilecektir.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Önerilen trafik kontrol algoritmasının özelliği binanın değişik trafik durumlarında istenilen çözümleri verebilmesidir. Model bir bina sistemi ile daha net şekilde ortaya konulan çıkarım sonuçları trafik yönetimi önerisini ayrıntılı olarak açıklamaktadır. Tasarımcının belirlediği performans kriterleri, değişik durumlarda yorumlanarak çıkarımlar yapılmakta ve değerler istenilen sınırlar içerisinde tutulmaya çalışılmaktadır. Ek A daki örnek trafik durumu sonuçları ile, α katsayısı değişimi görülmekte, bu sayede kabin seçme öncelik fonksiyonlarının değiştirilebilirlikleri izlenmektedir.

Belirtilen bu hedefler doğrultusunda N katlı ve n kabinli sistemlerde, bulanık mantık yaklaşımı kullanarak esnek bir kontrol algoritması elde edilmiştir. Bu çalışma ile yüksek binalardaki yoğun insan trafiği kontrolünde, bina karakteristiği ve trafik değişimlerine duyarlı bir kontrol algoritması geliştirilmiştir. Tanımlanamayan ve önceden tahmin edilemeyen durum ortamlarında etkili bir algoritma önerisi olarak sonuçlar ortaya koyulmuştur.

Klasik asansör kontrol sistemlerinde sistemin matematiksel modeli çıkarılmakta, belirli durumlar altında bu model incelenerek, uygun bir yazılımla sistem kontrolü yapılmaktadır. Ancak kesin olmayan durumlar içeren bir sistemin matematiksel modeli çıkarılarak bu yöntem üzerinden kontrol edilmeye çalışılması performans değerlerinin oldukça yetersiz olmalarına neden olmaktadır. Bu nedenle, sistem kriterlerini göz önünde bulundurarak algoritmaya uygun müdahalelerde bulunmak daha etkili ve yüksek performanslı sonuçlar alınmasını sağlayacaktır.

Bulanık mantık, keskin ifadelerle sınırları tam olarak çizilemeyen giriş değişkenleri durumlarında sistem kontrol çıkışı elde edebilmektedir. Bu çalışmada asansör değerleri sürekli olarak izlenmekte, veriler güncellenmektedir. 5 dakikalık süreçler içerisinde yenilenen sistem verileri, kontrol algoritmasının binadaki değişimlere

hızlı bir şekilde adapte olabildiğini sağlamıştır. Tasarımcının ortalama bekleme süresi ve güç tüketimi değerlerini üyelik fonksiyonları biçiminde tanımlayıp kural tablosuyla yorumlayabilmesi , kontrol algoritmasına insan tecrübesini ve yorum gücünü yansıtmaktadır.

Ek B de cd içerisinde sunulan “BULANIK_KONTROL.fig” dosyası Matlab guide ortamında çalıştırılarak örnek bina simülasyonu yapılabilmektedir. “BULANIK_KONTROL.m” isimli yazılım dosyası önerilen kontrol algoritmasını içermektedir. Bu yazılımda kullanılan fonksiyonlar “tb” ve “alandegeri2”, “tb.m” ve “alandegeri.m” yazılımında mevcuttur . Tüm sistem yazılımları ve “ALFACIKARIM.fis” bulanık kontrolör yapısı ek olarak cd içerisinde sunulmuştur.

Tablo A.1 - Tablo A.6’ da çok çeşitli trafik durumu ve bina değerlerinde, katlardan yapılan çağrıların bekleme süresi ile güç tüketimini azaltma yönünde olduğu görülmektedir. İstenilen müdahaleler α değerinin artırılması ya da azaltılması şeklinde yapılabilmektedir.

Daha hızlı çalışan ve daha kısa sürede hizmet verebilen asansör sistemi için α değeri azaltılarak T_α değerinin etkisi düşürülmektedir (Denklemler (5.6)) . Bu durumda T_{AVR} değerinin etkisi arttırılmakta ve en hızlı kabin çağrıya yönlendirilmektedir. Bekleme süresi düşürülürken sistem çalışma frekansı arttığı için güç tüketimi artmaktadır. Daha önceden tanımlanan sınırlar aşıyorsa α değeri arttırılarak sistem çalışma frekansı düşürülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Kim, C.B., Seong, K.A., Kwang, H.L., Kim, J.O., and Lim, Y.B.,** 1995. A Fuzzy Approach to Elevator Group Control System , IEEE, Trans. Syst., Vol. 25, No.6, pp. 985-990 .
- [2] **Kim, C.B., Seong, K.A., Kwang, H.L., Kim, J.O.,** 1998. Design and Implementation of a Fuzzy Elevator Group Control System, IEEE, Trans. Syst., Vol. 28, No.3, pp. 277-287 .
- [3] **Gudwin, R., Gomide, F., Netto, M.A.,** 1998. A Fuzzy Elevator Group Controller with Linear Context Adaptation, IEEE International Conference on Volume 1, Vol.1 pp. 481 – 486.
- [4] **Ishikawa, T. , Miyauchi, A. , Kaneko, M.,** 2000. Supervisory Control for Elevator Group by Using Fuzzy Expert System which also Addresses Traveling Time, IEEE International Conference on Volume 2, Vol.1 pp. 87 - 94 .
- [5] **Chang, K.M., Chen, C.L., Wu, T.L.,** 2003. Real-Time Scheduling For Elevator Group Systems, Taylor&Francis Ltd, Vol. 43, No:12, pp. 1675-1696.
- [6] **Imasaki, N., Kubo, S., Nakai, S., Yoshitsugu, T., Kiji, J.I., and Endo, T.,** 1995. Elevator Group Control System Tuned By A Fuzzy Neural Network Applied Method, Toshiba Corporation, Fuchu Works, pp. 1735-1740.
- [7] **Ogoshi, Y., Kimura, H., Hirose, S., and Osato, N.,** 2003. Elevator Group Control System Using Multiagent System. Systems and Computers in Japan, Vol. 34, No. 1 , pp. 45-58.
- [8] **Chang, K.M., and Wu, T.L.,** 2002. More Analyses For The Service Performance Of Elevator Group Systems, Taylor&Francis Ltd, Vol. 42, No:4, pp. 539-557.
- [9] **Barney, G.C.,** 2003. Elevator Traffic Handbook, Spon Press, London and New York.

- [10] **İmrak, C.E.**, 1996. Asansör Sistemlerinin Trafik Analizi, Dizaynı ve Simülasyonu, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] **Yazıcıoğlu, H.**, 1997. Bulanık Mantık Teorisi ve Yeni Bir Kontrolör Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] **Wang, L.X.**, 1992. Generating Fuzzy Rules by Learning From Examples, IEEE, Transactions on Systems, Man, And Cybernetics, Vol. 22, No. 6
- [13] **Self, K.**, 1990. Designing with Fuzzy Logic, IEEE Spectrum, Vol. 27 .
- [14] **Powell, B.A.**, 1992. Important Issue in Uppeak Traffic Handling, Elevator Technology 4, IAEE Publ., pp. 207-218.
- [15] **Tanaka, K.**, 1991. An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications, Springer Press, New York.

Tablo A.1 10 katlı binada 3 kabinli sistem için simülasyon sonuçları – 1

Durumlar	(Tα değerleri)			Kabin Görevleri									Yeni Çağrı		DEĞİŞKENLER					TAVR(i)[s]			SONUÇ	
				Kabin 1			Kabin 2			Kabin 3					BETA	AWT	PC	LWP	SAAT					
	K1	K2	K3	^	v	.	^	v	.	^	v	.	^	v						1	2	3	α	SEÇİM
1	8 (^) (0.75)	10 (v) (0.25)	2 (^) (0.25)	-	9	9	-	-	7	-	-	6,7,8	-	6	1	25	60	15	8	21	21	47	5.4698	K1
2	8 (^) (0.75)	10 (v) (0.25)	2 (^) (0.25)	-	9	9	-	-	7	-	-	6,7,8	-	6	1	25	80	15	8	21	21	47	6.2556	K1
3	8 (^) (0.75)	10 (v) (0.25)	2 (^) (0.25)	-	9	9	-	-	7	-	-	6,7,8	-	6	1	25	30	15	8	21	21	47	-1.1466	K2
4	8 (^) (0.75)	10 (v) (0.25)	2 (^) (0.25)	-	9	9	-	-	7	-	-	6,7,8	-	6	1	25	60	15	10	21	21	47	6.3400	K1
5	8 (^) (0.75)	10 (v) (0.25)	2 (^) (0.25)	-	9	9	-	-	7	-	-	6,7,8	-	6	1	25	30	15	10	21	21	47	1.3123	K2
6	5(v) (1)	8(v) (0.25)	10(v) (0)	-	2	3	-	-	6,7	-	-	5	4	-	1	15	60	5	10	32,5	31	24	7.3861	K3
7	5(v) (1)	8(v) (0.25)	10(v) (0)	-	2	3	-	-	6,7	-	-	5	4	-	1	15	65	5	10	32,5	31	24	8.2567	K3
8	5(v) (1)	8(v) (0.25)	10(v) (0)	-	2	3	-	-	6,7	-	-	5	4	-	1	15	70	5	10	32,5	31	24	9.6518	K1
9	5(v) (1)	8(v) (0.25)	10(v) (0)	-	2	3	-	-	6,7	-	-	5	4	-	1	40	70	5	10	32,5	31	24	1.6910	K3
10	5(v) (1)	8(v) (0.25)	10(v) (0)	-	2	3	-	-	6,7	-	-	5	4	-	1	15	70	20	10	32,5	31	24	6.8013	K3
11	7(^) (1)	3 (v) (0.5)	10 (v) (0.25)	8	9,10	9	1,2	2	2,4	5	4	3	6	-	1.2	20	60	5	8	55.5	55.5	50	6.2771	K3
12	7(^) (1)	3 (v) (0.5)	10 (v) (0.25)	8	9,10	9	1,2	2	2,4	5	4	3	6	-	1.2	20	60	5	10	55.5	55.5	50	6.9826	K3
13	7(^) (1)	3 (v) (0.5)	10 (v) (0.25)	8	9,10	9	1,2	2	2,4	5	4	3	6	-	1	20	60	5	10	55.5	55.5	50	6.9826	K3
14	7(^) (1)	3 (v) (0.5)	10 (v) (0.25)	8	9,10	9	1,2	2	2,4	5	4	3	6	-	1	20	70	5	10	55.5	55.5	50	8.2371	K1
15	7(^) (1)	3 (v) (0.5)	10 (v) (0.25)	8	9,10	9	1,2	2	2,4	5	4	3	6	-	1	20	70	30	10	55.5	55.5	50	1.6407	K3

Tablo A.2 Simülasyon sonuçları – 1 $\phi(i)$ değerleri karşılaştırması

Durumlar	TAVR(i)[s] T _{AVR} (1-2-3)			$\phi(i)$ öncelik değerleri $\phi(1-2-3)$			SONUÇ	
	1	2	3	1	2	3	α	SEÇİM
1	21	21	47	16.8977	19.6326	45.6326	5.4698	K1
2	21	21	47	16.3083	19.4361	45.4361	6.2556	K1
3	21	21	47	21.8600	21.2867	47.2867	-1.1466	K2
4	21	21	47	16.2450	19.4150	45.4150	6.3400	K1
5	21	21	47	20.0157	20.6719	46.6719	1.3123	K2
6	32,5	31	24	25.1139	29.1535	24	7.3861	K3
7	32,5	31	24	24.2433	28.9358	24	8.2567	K3
8	32,5	31	24	22.8482	28.5871	24	9.6518	K1
9	32,5	31	24	30.8090	30.5772	24	1.6910	K3
10	32,5	31	24	25.6987	29.2997	24	6.8013	K3
11	55.5	55.5	50	60.3229	63.4615	58.4307	6.2771	K3
12	55.5	55.5	50	59.6174	63.1087	58.2544	6.9826	K3
13	55.5	55.5	50	48.5174	52.0087	48.2544	6.9826	K3
14	55.5	55.5	50	55.5	55.5	50	8.2371	K1
15	55.5	55.5	50	55.5	55.5	50	1.6407	K3

Tablo A.3 10 katlı binada 3 kabinli sistem için simülasyon sonuçları – 2

Durumlar	(T α değerleri)			Kabin Görevleri									Yeni		DEĞİŞKENLER					TAVR(i)[s]			SONUÇ	
				Kabin 1			Kabin 2			Kabin 3			Çağrı		BETA	AWT	PC	LWP	SAAT	1	2	3	α	SEÇİM
	K1	K2	K3	^	v	.	^	v	.	^	v	.	^	v										
16	4(^) (0.5)	6 (v) (1)	1 (^) (0)	9	8	8,9	1	3	4	2	-	3,4	-	7	1	25	60	15	8	45.5	51.5	44	5.4698	K1
17	4(^) (0.5)	6 (v) (1)	1 (^) (0)	9	8	8,9	1	3	4	2	-	3,4	-	7	1	25	60	15	17	45.5	51.5	44	-0.3974	K3
18	4(^) (0.5)	6 (v) (1)	1 (^) (0)	9	8	8,9	1	3	4	2	-	3,4	-	7	1	40	20	25	8	45.5	51.5	44	-7.4389	K3
19	4(^) (0.5)	6 (v) (1)	1 (^) (0)	9	8	8,9	1	3	4	2	-	3,4	-	7	1	40	20	30	8	45.5	51.5	44	-8.4922	K3
20	4(^) (0.5)	6 (v) (1)	1 (^) (0)	9	8	8,9	1	3	4	2	-	3,4	-	7	1	30	90	20	8	45.5	51.5	44	5.4533	K1
21	3 (v) (0.75)	8(^) (0.5)	1(^) (0.25)	1,2	2	1	-	8	7,9	2	-	3,4	-	5	1	25	60	15	8	44	42.5	41	5.4698	K3
22	3 (v) (0.75)	8(^) (0.5)	1(^) (0.25)	1,2	2	1	-	8	7,9	2	-	3,4	-	5	1	25	80	15	8	44	42.5	41	6.2556	K1
23	3 (v) (0.75)	8(^) (0.5)	1(^) (0.25)	1,2	2	1	-	8	7,9	2	-	3,4	-	5	1	25	80	15	8	44	42.5	41	6.2556	K1
24	3 (v) (0.75)	8(^) (0.5)	1(^) (0.25)	1,2	2	1	-	8	7,9	2	-	3,4	-	5	2	25	80	15	8	44	42.5	41	6.2556	K3
25	3 (v) (0.75)	8(^) (0.5)	1(^) (0.25)	1,2	2	1	-	8	7,9	2	-	3,4	-	5	2	15	90	5	8	44	42.5	41	12.5391	K1
26	3 (v) (0.5)	9(^) (0.75)	2(^) (0)	1,2	2	1	-	9	8,10	3	-	4,5	6	-	1	25	60	15	8	45.5	42.5	41	5.4698	K3
27	3 (v) (0.5)	9(^) (0.75)	2(^) (0)	1,2	2	1	-	9	8,10	3	-	4,5	6	-	1	25	80	15	8	45.5	42.5	41	6.2556	K2
28	3 (v) (0.5)	9(^) (0.75)	2(^) (0)	1,2	2	1	-	9	8,10	3	-	4,5	6	-	1	25	60	15	8	45.5	42.5	41	5.8638	K3
29	3 (v) (0.5)	9(^) (0.75)	2(^) (0)	1,2	2	1	-	9	8,10	3	-	4,5	6	-	1	40	50	25	8	45.5	42.5	41	-4.6599	K3
30	3 (v) (0.5)	9(^) (0.75)	2(^) (0)	1,2	2	1	-	9	8,10	3	-	4,5	6	-	1	40	30	35	8	45.5	42.5	41	-8.3778	K3

Tablo A.4 Simülasyon sonuçları – 2 $\phi(i)$ değerleri karşılaştırması

Durumlar	TAVR(i)[s] T _{AVR} (1-2-3)			$\phi(i)$ öncelik değerleri $\phi(1-2-3)$			SONUÇ	
	1	2	3	1	2	3	α	SEÇİM
16	45.5	51.5	44	42.7651	46.0302	44	5.4698	K1
17	45.5	51.5	44	45.6987	51.8974	44	-0.3974	K3
18	45.5	51.5	44	49.2195	58.9389	44	-7.4389	K3
19	45.5	51.5	44	49.7461	59.9922	44	-8.4922	K3
20	45.5	51.5	44	42.7734	46.0467	44	5.4533	K1
21	44	42.5	41	39.8977	39.7651	39.6326	5.4698	K3
22	44	42.5	41	39.3083	39.3722	39.4361	6.2556	K1
23	44	42.5	41	39.3083	39.3722	39.4361	6.2556	K1
24	44	42.5	41	83.3083	81.8722	80.4361	6.2556	K3
25	44	42.5	41	78.5957	78.7304	78.8652	12.5391	K1
26	45.5	42.5	41	42.7651	39.7651	39.6326	5.4698	K3
27	45.5	42.5	41	42.3722	39.3722	39.4361	6.2556	K2
28	45.5	42.5	41	42.5681	39.5681	39.5340	5.8638	K3
29	45.5	42.5	41	47.8300	44.8300	42.1650	-4.6599	K3
30	45.5	42.5	41	49.6889	46.6889	43.0944	-8.3778	K3

Tablo A.5 10 katlı binada 3 kabinli sistem için simülasyon sonuçları – 3

Durumlar	(Tα değerleri)			Kabin Görevleri									Yeni Çağrı		DEĞİŞKENLER					TAVR(i)[s]			SONUÇ	
				Kabin 1			Kabin 2			Kabin 3					BETA	AWT	PC	LWP	SAAT					
	K1	K2	K3	^	v	.	^	v	.	^	v	.	^	v						1	2	3	α	SEÇİM
31	2(v) (0.5)	4 (v) (1)	10 (v) (0)	1,2,3	-	-	-	2	1,3	-	6	7,8	5	-	1	25	60	15	8	42.5	45.5	42.5	5.4698	K1
32	2(v) (0.5)	4 (v) (1)	10 (v) (0)	1,2,3	-	-	-	2	1,3	-	6	7,8	5	-	1	25	60	15	17	42.5	45.5	42.5	-0.3974	K3
33	2(v) (0.5)	4 (v) (1)	10 (v) (0)	1,2,3	-	-	-	2	1,3	-	6	7,8	5	-	1	15	60	15	8	42.5	45.5	42.5	6.8000	K2
34	2(v) (0.5)	4 (v) (1)	10 (v) (0)	1,2,3	-	-	-	2	1,3	-	6	7,8	5	-	1	15	100	15	9	42.5	45.5	42.5	-0.0070	K3
35	2(v) (0.5)	4 (v) (1)	10 (v) (0)	1,2,3	-	-	-	2	1,3	-	6	7,8	5	-	1	15	60	5	9	42.5	45.5	42.5	0.6517	K1
36	4 (v) (1)	7(v) (0.75)	9(v) (0.25)	1,2	-	3	-	-	3,4,5	-	-	6,7,8	5	-	1	25	60	15	8	45.5	44	41	5.4698	K3
37	4 (v) (1)	7(v) (0.75))	9(v) (0.25)	1,2	-	3	-	-	3,4,5	-	-	6,7,8	5	-	1	20	60	15	8	45.5	44	41	6.2771	K1
38	4 (v) (1)	7(v) (0.75)	9(v) (0.25)	1,2	-	3	-	-	3,4,5	-	-	6,7,8	5	-	1	40	40	30	8	45.5	44	41	-6.2002	K3
39	4 (v) (1)	7(v) (0.75)	9(v) (0.25)	1,2	-	3	-	-	3,4,5	-	-	6,7,8	5	-	1	20	50	10	14	45.5	44	41	5.8564	K3
40	4 (v) (1)	7(v) (0.75))	9(v) (0.25)	1,2	-	3	-	-	3,4,5	-	-	6,7,8	5	-	1	20	60	10	14	45.5	44	41	6.8000	K1
41	4 (v) (1)	7(v) (0.75)	9(v) (0.25)	1,2	-	3	-	-	3,4,5	-	-	6,7,8	5	-	1	20	50	10	12	45.5	44	41	-0.0070	K3
42	4 (v) (1)	7(v) (0.75)	9(v) (0.25)	1,2	-	3	-	-	3,4,5	-	-	6,7,8	5	-	1	20	50	10	10	45.5	44	41	6.8013	K1
43	4 (v) (1)	7(v) (0.75)	9(v) (0.25)	1,2	-	3	-	-	3,4,5	-	-	6,7,8	5	-	1	20	30	5	10	45.5	44	41	2.1731	K3
44	4 (v) (1)	7(v) (0.75))	9(v) (0.25)	1,2	-	3	-	-	3,4,5	-	-	6,7,8	5	-	1	40	50	20	10	45.5	44	41	0.4665	K3
45	4 (v) (1)	7(v) (0.75)	9(v) (0.25)	1,2	-	3	-	-	3,4,5	-	-	6,7,8	5	-	1	50	50	35	10	45.5	44	41	-0.5472	K3

Tablo A.6 Simülasyon sonuçları – 3 $\phi(i)$ değerleri karşılaştırması

Durumlar	TAVR(i)[s] T _{AVR} (1-2-3)			$\phi(i)$ öncelik değerleri $\phi(1-2-3)$			SONUÇ	
	1	2	3	1	2	3	α	SEÇİM
31	42.5	45.5	42.5	39.7651	40.0302	42.5000	5.4698	K1
32	42.5	45.5	42.5	42.6987	45.8974	42.5000	-0.3974	K3
33	42.5	45.5	42.5	39.1000	38.7000	42.5000	6.8000	K2
34	42.5	45.5	42.5	42.5035	45.5070	42.5000	-0.0070	K3
35	42.5	45.5	42.5	42.1741	44.8483	42.5000	0.6517	K1
36	45.5	44	41	40.0302	39.8977	39.6326	5.4698	K3
37	45.5	44	41	39.2229	39.2922	39.4307	6.2771	K1
38	45.5	44	41	51.7002	48.6501	42.5500	-6.2002	K3
39	45.5	44	41	39.6436	39.6077	39.5359	5.8564	K3
40	45.5	44	41	38.7000	38.9000	39.3000	6.8000	K1
41	45.5	44	41	45.5070	44.0053	41.0018	-0.0070	K3
42	45.5	44	41	38.6987	38.8990	39.2997	6.8013	K1
43	45.5	44	41	43.3269	42.3702	40.4567	2.1731	K3
44	45.5	44	41	45.0335	43.6501	40.8834	0.4665	K3
45	45.5	44	41	46.0472	44.4104	41.1368	-0.5472	K3

ÖZGEÇMİŞ

Oktay TÜRK 1981 yılında İstanbul’da doğdu. 1991 yılında Bostancı İlkokulu’nu, 1994 yılında Bostancı Ortaokulu’nu bitirdi. 1998 yılında Haydarpaşa Anadolu Lisesi’ni bitirdikten sonra İ.T.Ü. Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği’ni kazandı. 2004 yılında lisans öğrenimini bitirip Mekatronik Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. Lisans eğitimini bitirdikten sonra Elektronik Ar-Ge tasarım mühendisi olarak çalışmaktadır.