T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

GRUP ASANSÖRLERİ İÇİN KONTROL SİSTEMLERİNİN BENZETİMİ VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Proje No: EÜBAP – FBA-07-04

BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Öğr. Gör. Dr. Ulvi DAĞDELEN
Mühendislik Fakültesi/Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

Araştırmacılar:
Prof. Dr. Derviş KARABOĞA
Mühendislik Fakültesi/Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Aytekin BAĞIŞ
Mühendislik Fakültesi/Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

Şubat 2018

KAYSERİ

TEŞEKKÜR

Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (ERU BAP) tarafından EÜBAP – FBA-07-04 kodlu proje ile desteklenmiştir. Ayrıca sektör deneyimlerini paylaşan Çelikel Asansör Ltd. Şti. sahibi Mehmet ÇITLATEKERLİO'ya teşekkürü bir borç bilirim.

GRUP ASANSÖRLERİ İÇİN KONTROL SİSTEMLERİNİN BENZETİMİ VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Yüksek binaların sayısının artmasıyla yüksek seviyeli asansör kontrol sistemleri önem kazanmıştır. Artan bina nüfusuna cevap vermek ve yüksek taşıma kapasitesine ulaşmak için birden fazla kabine ihtiyaç doğmuştur. Bu kabinlerin verimli bir biçimde çalışması ve kabinler arasında koordinasyonun sağlanması için grup kontrol algoritmaları geliştirilmektedir.

Grup asansör kontrol sistemleri bir binadaki yolcuları verimli bir şekilde taşımak için 3 veya daha fazla kabini yöneten sistemlerdir. Bu sistemlerin temel amacı, bir çağrı oluştuğunda o çağrıya cevap verecek uygun kabinin seçmektir. Bu seçim esnasında sistemin birçok parametreyi göz önüne alması gerekir. Bunlar yolcuların katta bekleme süresini ve bir kattan diğerine gidiş süresini azaltmak, her kata hizmet temin etmek ve taşıma kapasitesini mümkün olduğunca yüksek tutmak sayılabilir.

Bu proje çalışmasında, önerilen kontrol algoritmaların testi için bir asansör benzetim programı yazılmıştır. Yazılan bu program esnek bir yapıya sahip olup asansör sistemlerinin temel parametreleri olan kabin kapasitesi, kabin hızı, kapı açılma ve kapanma zamanları ve kat bilgisi gibi değerler ayarlanabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Grup asansör kontrol, benzetim, uzman sistem, bulanık mantık.

SIMULATION AND IMPLEMENTATION OF CONTROL SYSTEMS FOR GROUP ELEVATOR

ABSTRACT

By increasing the number of high building, high level elevator control systems become a significant issue. It is needed more cars in order to meet the need of increasing building population and to reach the highest handling capacity. Group control algorithms are improved for efficient operation and cooperation of cars.

Elevator group control systems (EGCS) are control systems that manage to assign a service car of multiple elevators in a building in order to efficiently transport the passengers waiting in a hall. The main aim of the elevator group control is to obtain the highest handling capacity, the shortest waiting and/or traveling time of passengers. The performance of the group control system is measured by several evaluation criteria such as the average waiting time of passengers, the percentage of passengers waiting more time of 60 sec and power consumption.

In this project, new algorithms based on expert knowledge are presented for EGCS. A simulation program is prepared written for testing the proposed control algorithms in this project. The program has a flexible structure and can adjust the main parameters such as the number of passenger, capacity and velocity of cars, opening-closing time of doors.

Keywords: Elevator group control, simulation, expert system, fuzzy logic.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
KISALTMALAR VE SİMGELER ..... **vii**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **viii**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **ix**

1. GENEL BİLGİLER **1**
1.1. Giriş 1
1.2. Grup Asansör Kontrolü 2
1.3. Projenin Amacı 3

2. ASANSÖR SİSTEMLERİ **4**
2.1. Asansör Trafik Modeli 4
2.2. Asansör Kontrol Sistemleri 7
2.2.1. Asansör Kontrol Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi 7
2.2.2. Tek Kabin Kontrollü Sistemler 9
2.2.3. Grup Kontrolü 10
2.2.4. Bilgisayar Esaslı Asansör Kontrol Sistemleri 12

3. GRUP ASANSÖR KONTROL SİSTEMLERİNİN BENZETİMİ **19**
3.1. Giriş 19
3.2. Grup Asansör Kontrol Sistemleri 19
3.3. Grup Asansör Benzetim Programı 23
3.3.1. Benzetim Programının Testi ve Hataların Ayıklanması 28
3.3.2. En Yakın Kabinin Seçimi 29

4. YAPILAN BENZETİM ÇALIŞMALARI **32**
4.1. Geliştirilmiş Alan Ağırlık Algoritması 33
4.2. Dinamik Algoritma 35
4.2.1. Çağrıların Sınıflandırılması 37
4.3. Bulanık Mantık 39
4.4. GA Kontrol Sisteminin Bulanık Mantık ile Kontrolü 40
4.4.1. Bulanık 1 Algoritması 44
4.4.2. Bulanık 2 Algoritması 44
4.5. Benzetim Çalışmaları 44

5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA **51**

KAYNAKLAR **54**

KISALTMALAR ve SİMGELER

GA	Grup asansör
AA	Alan ağırlık
UÇD	Uygun çağrı dağıtma
OBS	Ortalama bekleme süresi
OSS	Ortalama seyahat süresi
UBY	Uzun bekleyenlerin yüzdesi
KDS	Kabin durma sayısı
d	Mukayese değeri
FS	Uygunluk değeri
N	Kat sayısı
GAA	Geliştirilmiş alan ağırlık
Ks	Kat sayısı
Ds	Durak sayısı

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Asansör kontrolündeki gelişmeler 8
Tablo 3.1. Benzetim çalışması başlangıç değerleri 28
Tablo 4.1. Kat sayısı ve durak sayısına göre olası zaman tablosu 42
Tablo 4.2. Ks, Ds ve t arasındaki ilişkiyi gösteren kural tablosu 44
Tablo 4.3. Benzetim çalışması başlangıç değerleri 45
Tablo 4.5. Benzetim algoritmaları için ortalama bekleme süresi 46
Tablo 4.6. Benzetim algoritmaları için ortalama seyahat süresi 46
Tablo 4.7. Benzetim algoritmaları için uzun bekleyenlerin yüzdesi 47
Tablo 4.8. Benzetim algoritmaları için kabin durma sayısı 47

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İş merkezlerindeki genel asansör trafik modeli 5
Şekil 2.2. Yukarı yönlü trafik durumu 6
Şekil 2.3. Aşağı yönlü trafik durumu 7
Şekil 2.4. Bilgisayar esaslı asansör kontrol sistemi 13
Şekil 3.1. (a) Kat çağrısı, (b) kabin çağrısı..... 20
Şekil 3.2. Çağrı yapan bir yolcunun zaman diyagramı 21
Şekil 3.3. Grup asansör kontrol sisteminin temel yapısı 22
Şekil 3.4. Programın ana akış diyagramı..... 25
Şekil 3.5. Bilgi akış şeması 27
Şekil 3.6. Rastgele kabin ataması için kabin çevrim zamanı 29
Şekil 3.7. En yakın kabin seçimi algoritması için kabin çevrim zamanları 31
Şekil 4.1. Geliştirilmiş alan ağırlık algoritmasının akış diyagramı..... 34
Şekil 4.2. Dinamik algoritma akış diyagramı..... 36
Şekil 4.3. Yukarı yönlü çağrıların kabinlerin mevcut yön ve pozisyonlarına göre sınıflandırılması..... 37
Şekil 4.4. Aşağı yönlü çağrıların kabinlerin mevcut pozisyonlarına göre sınıflandırılması 38
Şekil 4.5. Önerilen bulanık sistemin temel yapısı..... 41
Şekil 4.6. Üyelik fonksiyonları 43
Şekil 4.7. Benzetim algoritmalarının giriş yönlü trafik modeli için (a) ortalama bekleme süresi, (b) ortalama seyahat süresi..... 48
Şekil 4.8. Benzetim algoritmalarının giriş yönlü trafik modeli için (a) uzun bekleyenlerin yüzdesi, (b) kabin durma sayısı..... 48
Şekil 4.9. Benzetim algoritmalarının çıkış yönlü trafik modeli için (a) ortalama bekleme süresi, (b) ortalama seyahat süresi..... 48
Şekil 4.10. Benzetim algoritmalarının çıkış yönlü trafik modeli için (a) uzun bekleyenlerin yüzdesi, (b) kabin durma sayısı..... 49
Şekil 4.11. Benzetim algoritmalarının katlar arası trafik modeli için (a) ortalama bekleme süresi, (b) ortalama seyahat süresi..... 49
Şekil 4.12. Benzetim algoritmalarının katlar arası trafik modeli için (a) uzun bekleyenlerin yüzdesi, (b) kabin durma sayısı..... 49
Şekil 5.1. Algoritmaların benzetim süreleri 52

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Tarih boyunca insan ve yük taşımak amacıyla asansörler inşa edilmiş olsa da ilk modern yolcu asansörü yaklaşık 150 yıl önce hayatımıza girmiştir. Başlangıçta buhar makineleri ve basınçlı sular kullanılarak hidrolik asansörler yapılmıştır. Elisha Graves Otis'in 1853 yılında bir sergide üzerine bindiği bir kabinin halatını keserek yapmış olduğu güvenlik testi asansörler için bir dönüm noktası olmuştur. Bundan sonra halkın asansörlere olan ilgisi ve güveni artmış ve birçok binaya asansör tesis edilmeye başlanmıştır. Bu anlamda büyük şehirlerde basınçlı su şebekesi ve buhar boruları yerleştirilmiştir. Alman bilim adamı olan Werner von Siemens'in 1880 yılında asansör tahrik sisteminde elektrik motoru kullanması sayesinde bu sistemlerdeki yüksek tesis maliyeti ve zorluğu, yüke bağlı dengesiz hız gibi bir takım dezavantajları da ortadan kaldırılmıştır.

Dünyanın büyük endüstri merkezlerindeki hızlı kentleşme özellikle 2. Dünya Savaşı'ndan sonra, arsa değerlerini artırmıştır. Bu artış sebebiyle yüksek bina yapımına doğan ihtiyaç ve eğilim, asansör tekniğindeki gelişme yolunda çalışmalar yapılmasını teşvik etmiş ve sağlanan ilerlemeler dolayısıyla yapılarda yükselme imkân ve hız kazanmıştır. Modern yapıların yükselmesi sonucu hızlı ve yüksek teknolojinin kullanıldığı asansörlere ihtiyaç doğmuş ve asansörsüz bina düşünülemez hale gelmiştir.

Asansör sistemlerinin gelişmesine paralel olarak kontrol sistemleri de gelişmiştir. Bu sistemleri temel olarak düşük ve yüksek seviyeli olmak üzere iki kısma ayırmak mümkündür. Düşük seviyeli kontrol tek başına kabinleri hareket ettirmek, durdurmak, kapıları açmak ve kapatmak gibi temel asansör kullanımıyla ilgilidir. Bu amaçla hidrolik ve buharla tahrik edilen asansörlerde kullanılan ilk kontrol sistemi, bilinen en eski kullanım şekli olan el halatı vasıtasıyla kabinlerin çağrıldığı sistemlerdir. Zamanla bu tekniğin yerini operatörler almış daha sonra otomatik kapılardaki gelişmeler sayesinde de operatörler yerini çağrı düğmelerine bırakmıştır. İlk elektrikli kontrol röle teknikleriyle gerçekleştirilmiştir [1].

1.2. Grup Asansör Kontrolü

Yüksek binaların yapımının artmasıyla yüksek seviyeli kontrol sistemleri önem kazanmıştır. Artan bina nüfusuna cevap vermek ve yüksek taşıma kapasitesine ulaşmak için birden fazla kabine ihtiyaç doğmuştur. Bu kabinlerin verimli bir biçimde çalışması ve kabinler arasında koordinasyonun sağlanması için grup kontrol algoritmaları geliştirilmiştir. Bu amaçla, 1980'lerin başında ilk mikro işlemci tabanlı kontrol sistemi geliştirmiş ve bu sistemlerde kullanılan matematiksel model ve algoritmalar sayesinde asansör çağrıları optimize edilmiştir. Günümüzde bilgisayarların hızlı işlem kabiliyetleri, verileri otomatik olarak depolaması ve işlemesi, uygulanan algoritmaların esnekliği ve istendiğinde değiştirilebilir olması, kontrol ve kumanda sistemlerinde kullanılmasına, hatta zamanlama problemleri ve farklı trafik durumlarında hızlı çözümler üretmeleri asansör sistemlerinin vazgeçilmez bir unsuru olarak yerini almasına sebep olmuştur.

Grup asansör kontrol sistemlerinden istenen temel özellikler, yolcuların katta bekleme süresini ve bir kattan diğerine gidiş süresini azaltmak, her kata hizmet temin etmek ve taşıma kapasitesini mümkün olduğunca yüksek tutmak olarak sayılabilir. İnsanların katlarda bulunması ve asansörlerden hizmet talep etmelerinin ve talep zamanının da tesadüfî olması nedeniyle yukarıda sayılanların elde edilmesinde problemlerle karşılaşılır. Sonuç olarak bu kontrol algoritmalarının insanların taleplerindeki değişmeyi takip edebilmesi gerekir.

Gerçek ortamında deneme yapmak yüksek maliyetli, tehlikeli ve çalışmaları engelleyici olduğundan tasarım çalışmalarını kolaylaştırmak için, benzetim metotları uygulanmaktadır. Birçok benzetim hesaplamalarında matematik modellerin kullanılması gerekir. Bilgisayar sistemlerinin sağladığı kolaylıklar kullanılarak kesin mantık kurallarıyla tanımlanabilen bir fiziksel sistemin model programı elde edilebilmektedir. Asansör sistemlerinin performansını tahmin etmede kullanılabilecek en iyi yöntem benzetimdir ve bu yolla tüm istatistiksel etkenler hesaba katılmış olur. Daha gerçekçi bir asansör sistem analizi için hesaplama ile elde edilemeyecek veriler benzetim ile bulunabilmektedir [1].

Grup asansör (GA) kontrol sistemleri bir binadaki yolcuları verimli bir şekilde taşımak için 3 veya daha fazla kabini yöneten sistemlerdir. Bu sistemlerin temel amacı, bir çağrı oluştuğunda o çağrıya cevap verecek uygun kabinin seçmektir. GA kontrol sistemleri konusunda 1970'li yıllardan beri birçok kişi ve grup tarafından araştırma ve geliştirme yapılmıştır. Fakat yapılan

bu çalışmalar, gerçek hayata uygulanabilirliği ve ticari bir değer taşıması, onu ya büyük asansör firmalarının desteklemesine ya da bu çalışmaları yapanların, bu firmaların Ar-Ge'lerinde istihdam edilmesine neden olmuştur. Bundan dolayı bu konuda elde edilebilecek bilgiler sınırlı olup konunun detayına ulaşmak neredeyse imkansızdır.

Grup asansör kontrol sistemleri bir binadaki yolcuları verimli bir şekilde taşımak için birden fazla kabini yöneten sistemlerdir. Bu sistemlerin temel amacı, bir çağrı oluştuğunda o çağrıya cevap verecek uygun kabinin seçmektir. Bu seçim esnasında sistemin birçok parametreyi göz önüne alması gerekir. Bunlar yolcuların katta bekleme süresini ve bir kattan diğerine gidiş süresini azaltmak, her kata hizmet temin etmek ve taşıma kapasitesini mümkün olduğunca yüksek tutmak sayılabilir.

1.3. Projenin Amacı

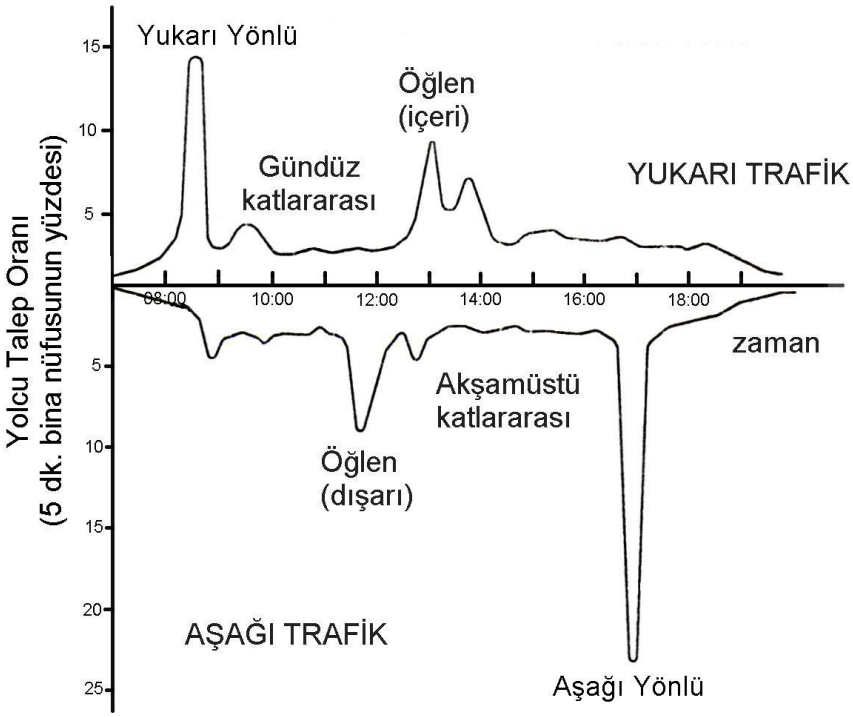
Bu projenin amacı, grup asansör kontrolü için iş merkezi, otel, hastane vb. gibi birden fazla kabinin kullanıldığı binalarda, kabinleri uygun şartlarda yöneten ve sistemdeki hataları tanımlayabilen, sistemi enerji etkin kullanarak enerji tasarrufu saylayan bir kontrol kartını gerçekleştirmektir. Bunun için öncelikle bilgisayar ortamında grup asansör sisteminin bir benzetimi yapılarak uygun kontrol algoritmaları üretilecektir. Daha sonra üretilen bu kontrol algoritmalarını gerçekleştiren bir kontrol kartına yüklenerek performansı incelenecektir.

2. ASANSÖR SİSTEMLERİ

2.1. Asansör Trafik Modeli

Bina içinde yaşayanların veya kısa bir süre için bina içinde bulunan insanların katlar arasında yaptıkları hareketlilik *bina trafiği* olarak tanımlanmaktadır. Asansör trafiği ise, bina hareketliliğine cevap vermek üzere hizmet talep eden insanların asansör vasıtasıyla katlar arasındaki ulaşımını düzenleyen kurallar topluluğudur. Bir binadaki yolcu hareketinin değişimi trafik modeli ile belirlenir. Değişik binalar için bu değişim aynı olmamasına rağmen belirli bina tipleri için genelleştirilmiş modeller vardır. Bir iş merkezinde karşılaşılan trafik modeli Şekil 2.1'de görülmektedir [2]. Asansör trafik yoğunluğu, genellikle 5 dakikalık periyotlarla asansöre ulaşan veya asansörden hizmet talep eden bina nüfusunun yüzdesiyle ifade edilir. Barney yaptığı çalışmalarda yolcu talebine en uygun değerlerin 5 dakikalık taşıma kapasitesiyle elde edilebileceğini önermiştir [3].

Şekil 2.1'deki grafik incelendiğinde, binaya sabah saatlerinde gelen insanların bürolara ulaşmak yönünde bina trafiğinde hareketlilik olduğu, gün boyunca ise çeşitli katlar arasında trafik olduğu, akşam saatlerinde ise binada bulunanların binayı terk etme yönünde aşağıya yönelik hareketlilikleri olduğu görülmektedir. Asansör trafik hareketinde karşımıza çıkan başlıca trafik halleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [4]:

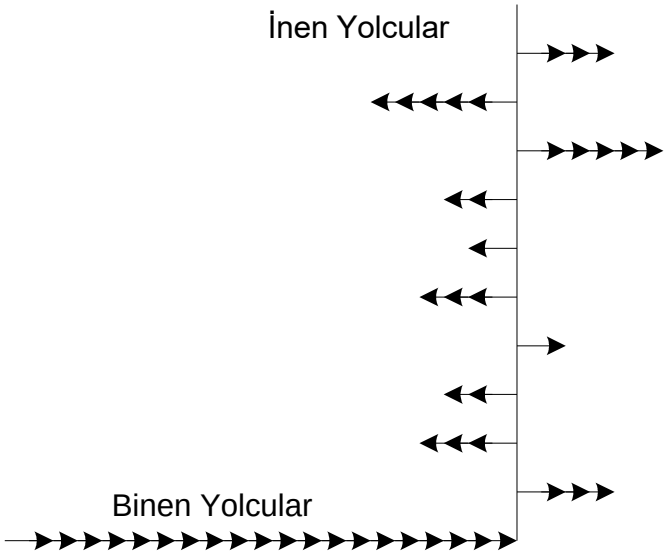


Şekil 2.1. İş merkezlerindeki genel asansör trafik modeli

- *Yukarı yönlü trafik:* Ana girişten yukarıya doğru tüm veya büyük bir bölüm trafiğin etkin olduğu haldir. Sabah kalabalık zamanda başlar ve azalarak öğle zamanı periyotunda biter.
- *Aşağı yönlü trafik:* Yolcuların büyük bir çoğunluğunun ana girişten asansörü terk ettiği trafik akışının olduğu haldir. Öğle zamanı periyodunda az olarak görülür ve çalışma saatlerinin sonunda ortaya çıkar.
- *İki yönlü trafik:* Belirli kata ve bu kattan başka katlara trafik akışının görüldüğü haldir. Bu kat ana giriş olabilir.
- *Dört yönlü trafik:* Baskın trafik akışının belirli iki kat arasında olduğu haldir. Bu katlardan biri ana giriş olabilir.
- *Tesadüfi veya dengeli katlararası trafik:* Saptanan çağrıların sezilebilen modelinin olmadığı ve insanların bina içinde hareket etmelerinden dolayı gün içinde görülen haldir.

Yukarı yönlü trafik, yolcuların çoğunluğunun veya tamamının ana girişten üst katlara hareket ettiği trafik halidir. Bu trafik durumu Şekil 2.2'deki grafikte görülmektedir.

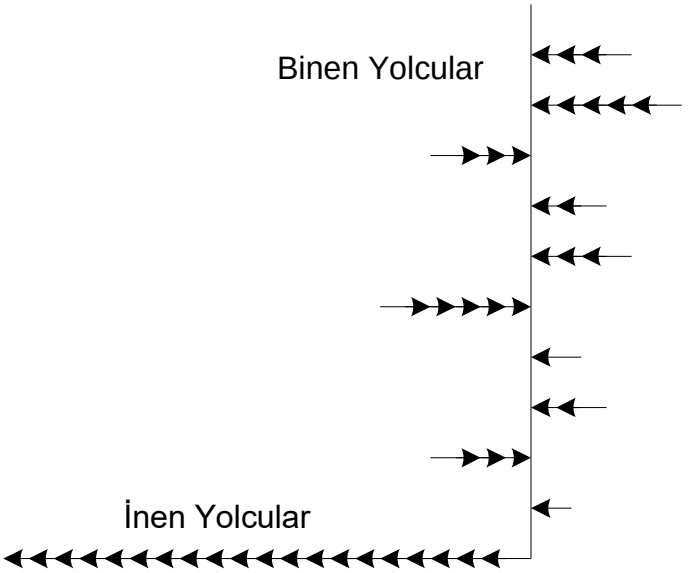
Yukarı yönlü trafik hali, en iyi tanımlanan hallerden biridir. Zira yolcuların büyük bir bolümü, ana girişten üst katlara gitmek için hizmet talebinde bulunmaktadırlar. Böylece kontrol algoritması mümkün olduğu sürece diğer kat çağrılarını önemsemeyerek tüm kabinleri ana girişe gönderir. Belirtilen nitelikler taşıma kapasitesini artırmak için algoritmaya dahil edilirler. Ana girişten kabinin iyice yüklemeden hareket etmemesi de bu kapasiteyi artırma yönünde yapılan bir iyileştirmedir.



Şekil 2.2. Yukarı yönlü trafik durumu

Şekil 2.3'da da görüldüğü gibi aşağı yönlü trafik hali yukarı yönlü trafik halinin tersi bir şekilde gelişmektedir. Bu durumda çeşitli katlardan yolcular ana girişe doğru gitmek için hizmet talebinde bulunurlar. Burada karşılaşılan en büyük problem, kabinlerin yukarı katlarda dolması ve aşağı katlara hizmet verebilmek için boş yerin bulunmamasıdır. Bunu önlemek için, binanın sabit talep sektörlerine bölünmesi önerilebilir. Bu yöntemde sektörlerin genişliği yerel hizmet taleplerine göre ayarlanmaktadır.

İki yönlü ve dört yönlü trafik türünü birçok binada sezmek oldukça güçtür ve binada belirli katlardaki istek seviyelerinin saptanması gerektiğinden, kabinin ilk nerede duracağını tespit etmek sorun yaratır ve özel bir çaba gerektirir. Daha yoğun talebin olacağı katları önceden sezip, boş kabini oraya göndererek bu sorun çözülebilir. Bazı sistemler iki veya dört yönlü trafik için mümkün olan etkin kat olarak önceden belirlenen bir veya iki kata müsaade edebilmektedir. Bu katlar genelde restoran veya kafeterya bulunan katlardır.



Şekil 2.3. Aşağı yönlü trafik durumu

Dengeli katlar arası trafik hali, diğer özel durumlara nazaran daha genelleştirilmiştir. Yukarı yönlü durumunda insanlar ana girişten sadece yukarıdaki diğer katlara gitmek için asansörü kullanırlar. Böylece dengesiz katlar arası trafik yaratılmış olur. Benzer husus aşağı yönlü, iki yönlü ve dört yönlü trafik durumlarında da uygulanır.

Tek tek binaların gerçek trafik modeli, binaların kendine ait özelliklerine bağlıdır. Bunlardan başlıcaları binanın tipi ve kullanım amacıdır. Örneğin bina iş yeri, okul, hastane veya apartman olabilir. Trafik modelini etkileyen diğer faktörler ikametgâh olarak kullanılmayan binalarda çalışma zamanından etkilenen bina nüfusu, binalarda yaşayan insanlardır. İş yerlerinde servis katlarının varlığı belirli zamanlarda yoğun iki yönlü trafiğe sebep olur. Bazı durumlarda, belirli katta bulunan konferans salonunun varlığı ara sıra yüklü iki yönlü trafik veya dört yönlü trafik oluşmasına neden olabilir.

Yukarıda bahsedilen 5 farklı trafik şekli yolcuların hareket yönü dikkate alınarak yukarı yönlü trafik, aşağı yönlü trafik ve katlar arası trafik şeklinde üç ana başlıkta toplanabilir.

2.2. Asansör Kontrol Sistemleri

2.2.1. Asansör Kontrol Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi

İlk asansör sistemleri basit mekanik sistemler olup kontrolleri el halatı ile yapılmaktaydı. Her iki yöne gidecek yolcular, kabini bulundukları kata çağırmak için bu halatı

kullanmaktaydı. Fakat bu sistemlerdeki kabinler asansör boşluğuna tam olarak yerleşmediğinden bu sistemleri kullanmak çok güvenli değildi [4, 5].

Bu tip kontrolün sınırlı olduğu görülmüş ve asansör mühendisleri tarafından otomatik olarak çalışan elektrikle tahrik kontrolü ve tek kabin için sinyal sistemi geliştirilmiştir. Sinyal sisteminin kullanımı, uygun hızlanma–yavaşlama, katlarda kabinin seviyelenmesini ve yüksek işletme hızları ile daha yüksek taşıma kapasitelerini sunmuştur. Özellikle otomatik kapılardaki gelişme, otomatik düğmeli asansör sistemlerinin gelişmesine ve operatöre ihtiyacın tamamen ortadan kalkmasına neden olmuştur. Bunun sonucu olarak otomatik tahrik ve sinyalle kontrol eden sistemlerde büyük bir gelişme kaydedilmiştir [4].

Günümüzde artık asansör sistemlerinin kontrolüne mikroişlemcili grup izleme sistemleri, son yıllarda da bilgisayar destekli sistemler girmiştir. Özellikle bilgisayar alanındaki hızlı gelişmeler, bilgisayarların kontrol amacıyla asansör sanayine girmesine neden olmuştur. Yapılan tüm çalışmalar asansör sistemlerini tamamen sayısallaştırarak, değişik trafik şartlarında aksaksız çalışan kontrol sistemleri oluşturmak yönündedir. Asansör kontrolünde kaydedilen gelişmeler Tablo 2.1'de görülmektedir [3, 6].

Tablo 2.1. Asansör kontrolündeki gelişmeler

Devir	Zaman	Trafik kontrol tipi
I	1850–1890	Basit mekanik kontrol
II	1890–1920	Operatör ve elektrikli kabin anahtar devreli kontrolü
III	1920–1950	Operatör ve düğmeli kontrolü
IV	1950–1975	Grup kontrolü: 1960'a kadar programlı kontrol ve sonra bölgelere ayrılmış kontrol
V	1975-…	Bilgisayar destekli grup kontrolü
VI	1980-…	Yapay zeka uygulaması

Tablo 2.1'de de görüleceği gibi I. devir mekanik kontrol, II. ve III. devir elektro-mekanik kontrol ve IV. devir elektrik kontrolünün uygulandığı dönemlerdir. V. devir bilgisayar destekli kontrol ve VI. devir de yapay zeka algoritmalarının uygulandığı dönemler olup çalışmalar halen devam etmektedir.

2.2.2. Tek Kabin Kontrollü Sistemler

En basit otomatik asansör kontrolü, *tek çağrılı* sistemlerdir. Yolcuların kontrol ettiği bu sistem, operatör kullanılan sistemden daha iyi performans göstermektedir. Bu kontrol tipi, ikametgâh olarak kullanılan az trafiğin olduğu ve sadece yolculukların kısa seyahatler yapılabileceği binalar için uygundur. Bu sistemlerde kabinler düşük yolcu kapasitesine sahiptir ve genellikle tek yolcu taşınmaktadır. Yolcu bekleme süresi uzun olan bu sistemlerde yolcular, gidecekleri katın düğmesine basarak kabini hareket ettirirler. Kabin bu kata doğru hareket ederken diğer katlara uğramaz.

Bir diğer tek kabinli kontrol sistemi olarak Otomatik toplamalı kontrol sistemlerinden bahsedilebilir. Otomatik toplamalı kontrol sisteminin dayandığı temel ilke şehir içi taşımacılığına benzemektedir. Bu yöntemde kontrol edilen kabin, aynı yöndeki kabin çağrıları ve kat çağrılarına hizmet vermektedir. Çalışmaya kabinin bulunduğu kattan başlanır ve aynı yöndeki kat çağrısı veya kabin çağrısı olan son kata kadar devam edilir. Böylece kabinin binadaki her kata bir çevrim içinde her zaman hizmet vermesi sağlanır. Bu kontrol sistemi de kendi içinde üçe ayrılır [4]:

i) Yönsüz Toplamalı Kontrol: Bu kontrol tipinde her katta sadece bir çağrı düğmesi mevcuttur. Yolcu bu düğmeye basarak bir çağrı oluşturur. Kabin hareket yönünde meydana gelen tüm çağrıları yanıtlar. Kabin çağrının yapıldığı kata geldiğinde mevcut çağrıyı iptal edip kapıyı açar. Yolcu, kabinin yönü kendi seyahat yönünden farklıysa, isterse kabine binip kabinin mevcut yöndeki görevlerinin tamamını yerine getirmesini bekler veya kabine binmeyip kabin hareket ettikten sonra tekrar çağrı düğmesine basar.

ii) Aşağı Toplamalı Kontrol (Yukarı Dağıtma-Aşağı Toplama): Bu kontrol sisteminde de katlarda sadece tek çağrı butonu vardır. Bu kontrol sistemleri trafik akışının giriş katı ile yukarı katlar arasında olduğu binalar için uygundur. Bu sistem ara katlardan yapılan bütün çağrıları aşağı yönlü kabul eder. Kabin giriş katından hareket edince sadece kabin çağrılarının yapıldığı katlarda durur. Eğer kabin çağrısı yoksa en yukarıdaki kat çağrısına cevaplamak için hareket edip bu çağrıyı cevapladıktan sonra aşağı doğru yönelir.

iii) Tam Toplamalı Kontrol (Yönlü Toplama): Bu kontrol sisteminde ise her katta aşağı ve yukarı olmak üzere iki çağrı düğmesi mevcut olup yolcular gidecekleri yönün düğmesine basarlar. Kabin hareket yönündeki kat ve kabin çağrılarının yapıldığı katlarda sırasıyla bu çağrıları cevaplamak için durur. Kabin hareket yönündeki tüm çağrıları cevapladıktan sonra yön değiştirip ters yöndeki en yakın çağrıyı cevaplamak için hareket eder.

2.2.3. Grup Kontrolü

Bir binadaki tüm yolcuların trafiğini karşılamak için tek kabinin yetersiz kaldığı zamanlarda birden fazla kabin yan yana yerleştirilir. Bu durumda kabinler arasında bağlantının kurulması gerekliliği problemi karşımıza çıkar. Çünkü iki kabine sahip binalarda aynı kattaki yolcu her iki kabini de çağırabilir. Bu durumda yolcu sadece birine binecekken iki kabini de çağırması kabinlerin diğer çağrılara cevap verme sürelerini arttırırken enerji israfına yol açar. Bunu önlemek için tek tek kabin kontrol mekanizmaları birbirine bağlanır ve bu kabinler için katlarda ortak çağrı düğmeleri kullanılır. Katlardan gelen çağrıya göre de kontrol devresi gruptaki her kabinin hangi katta duracağına karar verir. Dolayısıyla aynı kattan yapılan iki çağrıyı gruptaki sadece bir kabin cevaplamış olur [3].

2.2.3.1. Kabin Grubunun Basit Kontrolü

Fazla yüksek olmayan binalarda kullanılan iki veya üç kabinli gruplar için en uygun “basit grup kontrol” sistemidir. Bu kontrol algoritmasında giriş hariç her katta aşağı ve yukarı çağrı düğmesi bulunur. Kabin çağrılarının doğrusal dağıtımı kontrol kurallarına göre yapılır. Kabin, kabin ve kat çağrılarını bulunduğu konuma ve hareket yönüne göre yanıtlar. Bunun için mevcut çağrılar en yakın kabin araştırması ile sınıflandırılır ve her çağrı bir kabine tahsis edilir [4].

2.2.3.2. Denetimsel (Supervisory) Grup Kontrolü

Birden fazla asansörün bulunduğu binalarda asansörlerin koordine edilmesi için otomatik denetimsel grup kontrol sistemine ihtiyaç duyulur. Asansörlerin bu kontrolü yolcuların daha kısa bekleme zamanına sahip olması için mevcut imkanlarla iletim yeteneğini

maksimize etmeyi amaçlar. Denetimsel grup kontrol sistemi asansör sistem performansını arttırmak için gruptaki asansörleri yöneten mekanizmadır.

Bu sistemin temel fonksiyonu kabin ve kat çağrılarını en uygun yolla cevaplamaktır. Bunu sağlayabilmek için kat veya kabin çağrıları kaydedildikten sonra cevaplanana kadar hafızada kalmalıdır. İyi bir kontrol sisteminin her kata eşit servisi sağlaması ve her kat çağrısına bir kabin göndermesi önemlidir [4].

2.2.3.3. Geleneksel Kontrol Sistemleri

Asansör grup kontrol sistemi kat çağrılarının ortak olduğu otomatik asansör servislerinin performanslarının etkili olması gerekliliğini savunur. Bu sistemin bağımsız çalışan kabinlerle karşılaştırıldığında daha gelişmiş bir performans göstermesi beklenir. Grup kontrolünde çözülmesi gerekli ilk sorun özellikle yoğun taleplerin olduğu periyotlarda gruptaki kabinler arasındaki mesafeyi dikkate alarak eşit olarak kabin dağılımını sağlamaktır. Yoğun trafik durumları karşısında kabinler birlikte hareket etmeye eğilimlidir ve ani sıçramalarla alternatif katlarda bir kabin diğerinin yerini alır. Bu problemin ilk çözümü zamanlama sistemleriyle sağlanmıştır. Bu sistemlerde, uygun zaman aralıklarında giriş katından dağıtım yapılarak ve giriş katları arasında otobüsler gibi hareket etmesini sağlamaktır. Zamanlama sistemi çağrı yapıldığı sırada çalışmaz, ama çağrının oluşması gerekliliği olmaksızın zamanlamaya bağlı olarak kabinler ana giriş katından dağıtılır. Zamanlama sisteminde tanıtılan gelişmeler, kabinlerin dağıtımı için farklı operasyon sistemlerinin sayısını sağlamalıdır. Bu tür programlar çalışma günlerindeki trafik yoğunluğunu karşılayacak ve trafik akışını çeşitli şekillerde çözümleyecek biçimde tasarlanmıştır. Bununla beraber zamanlama sistemleri önemli bir dezavantaja sahiptir; kabinler en alt ve en üst katta dağıtım zamanını beklemek için durduklarında kayda değer bir zaman geçirirler. En üst terminalde durmak genellikle kullanışsızdır ve kabinler dağıtım için beklerken yararlı bir iş yapmazlar. Ayrıca terminal katları arasında durmaksızın yolculuklar yaparlar ve trafiğin hafif olduğu zaman hareket ederler. Bu önemli dezavantaj yüzünden kontrol mühendisleri zamanlamasız kontrol sistemleri geliştirmişlerdir. Yukarı yönlü trafik durumunda zamanlamalı ve zamanlamasız sistemler aynı sonucu verirken aşağı pik ve yerel trafik talepleri gibi durumlarda benzer performansları göstermezler [2, 7].

2.2.4. Bilgisayar Esaslı Asansör Kontrol Sistemleri

Asansör konfigürasyonu minimum tesis ile maksimum trafik akışını temin etmelidir. Bu nedenle esnek kontrol sistemlerine ihtiyaç vardır. Geleneksel kontrol sistemleri pek çok trafik durumuyla uğraşan ve taleplere cevap veren özellikler sunarlar. Birçok parametre tasarım aşamasında sabittir. Veri yetersizliği gerçek binada trafik taleplerini cevaplamaya yeterli olmaz. Geleneksel sistemlerde sabit mantık mevcut olup çok küçük ayarlamalara müsaade ederler [4, 8].

Esneklik oldukça önemli bir taleptir ve geleneksel kontrol sistemleri kolaylıkla esneklik gösteremezler. Bu nedenle geleneksel kontrol sistemleri yerini, hesaplama yeteneği ve hızı nedeniyle çok yönlü kontrol sistemlerinde yüksek performans sergileyen bilgisayar kontrolüne bırakmıştır.

Bilgisayarla grup kontrolü; genel asansör sistemleri için geliştirilmiş, kontrol algoritmasının iyileştirilmesiyle düzgün katlar arası performansı sunan ve esnek bir algoritma elde etmeyi hedefleyen sistematik yaklaşımdır. Temel algoritma, katlar arası trafik hali için düzenlenmiş ve hedefleri şunlardır;

- Binadaki tüm katlara servis vermek,
- Ortalama yolcu bekleme zamanını azaltmak,
- Düzenlemelerle yüksek esneklik sunmaktır.

İlk hedef, bekleme zamanını minimuma indirmek için düzensizlikleri gidermektir. Bu nedenle kontrol algoritması için yeni teknikler geliştirilmiştir. Bunlar esas olarak bilgisayarın hızlı hesaplama ve veri depolama yeteneklerinden faydalanmaya dayanmaktadır [9]. Asansör kontrol sistemlerinde bilgisayarların kullanılması, asansör endüstrisinde önemli bir ileri adım olarak kabul edilebilir. Bilgisayarların başlıca avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

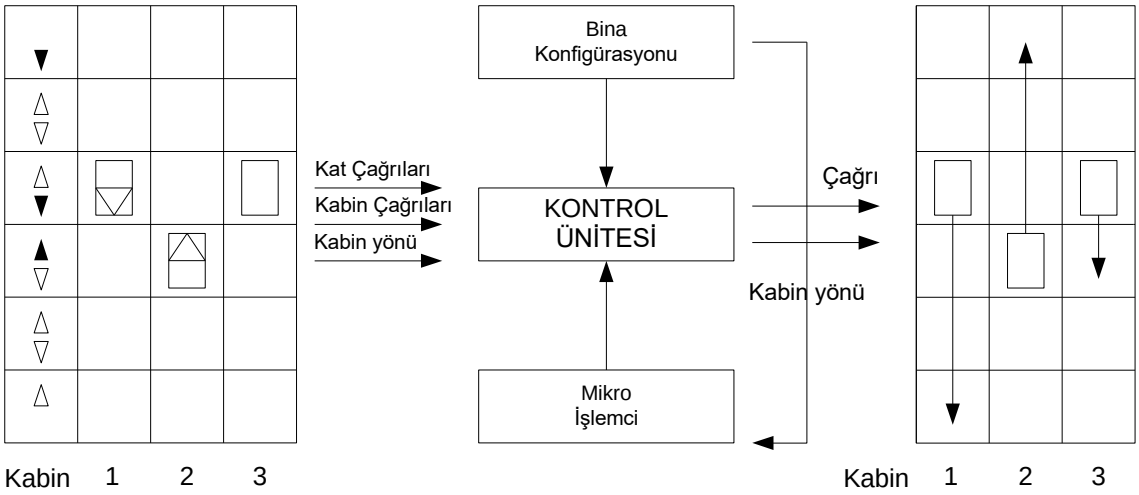
- Bilgisayarlar programlanabilirler. Sistem yüklendikten sonra kontrol algoritması değiştirilebilir. Bu, kolaylıkla ve düşük maliyetle eski tekniklerle yapı1amaz.

- Bilgisayarlar hesaplama yeteneğine sahiptir. Bu, geleneksel sistemlerden uyarlanan basit tipler yerine hesaplama esaslı dağıtım yöntemlerinin uygulamasını sağlar.
- Bilgisayarlar performans verilerini saklar ve gerektiğinde kullanır.

Günümüzde sıkça kullanılan bilgisayar esaslı asansör kontrol sistemleri aşağıda verilmiştir.

- Mini bilgisayar esaslı kontrol
- Optimum bilgisayar kontrol
- Uygun çağrı dağıtma sistemi
- Bilgisayar grup kontrolü
- Yapay zeka uygulamalı kontrol

Asansör grup kontrolüne bilgisayar uygulamasının prensip şeması Şekil 2.4'de verilmiştir. Burada mikroişlemci yardımıyla kontrol ünitesinde kat ve kabin çağrıları binada hizmet veren kabinlere en uygun çağrıları göndererek, bina içinde bekleme zamanlarını en aza indirmektedir. Günümüz modern asansörlerinin tamamı bilgisayar teknolojisinden çeşitli aşamalarda faydalanmaktadır [2].



Şekil 2.4. Bilgisayar esaslı asansör kontrol sistemi

2.2.4.1. Geleneksel Algoritmalara Bilgisayar Uygulaması

Bu konudaki ilk çalışma Swindells tarafından, mini bilgisayar esaslı asansör kontrol sistemi adıyla 1975 yılında yapılmıştır [10]. Swindells, algoritmasına birçok geleneksel algoritmanın iyi yanlarının karışımını uyarlamış ve performansı arttırmak için kendi değişikliklerini ilave etmiştir. Yukarı yönlü ve aşağı yönlü trafik seçim parametreleri geleneksel algoritmalardan biri olan dinamik sektörlü (Dynamic Sectoring) algoritmanın aynısıdır. Swindells, Dos Santos ile benzer şekilde yukarı yönlü trafik sonuçlarını elde etmiştir [4]. Yukarı yönlü trafik performansı, genel sabit sektörlü algoritmadan % 10–20 civarında daha iyidir. Katlar arası trafik performansında dinamik sektörlü algoritmaya nazaran kayda değer bir gelişme elde edememiştir.

2.2.4.2. Mini Bilgisayar Esaslı Sistem

Bu sistem, kabin tur zamanı ve her kat çağrısını yanıtlanmak için bekleme zamanını tahmine dayanan bir dağıtım yöntemi kullanır. Bu durumda, tur zamanı kabinin kat çağrısını yanıtlamak için gereken zaman olarak belirlenir. Her kat çağrısı aşağıdaki üç durumdan birine sahip olabilir [3]:

- Uzun bekleme kat çağrısı: Bu çağrı normalde ortalama değerden 3 kat daha büyük bekleme zamanına sahiptir.
- Yüksek faaliyet katındaki kat çağrısı: Bu çağrı ortalama değerden 3 kat fazla faaliyete sahip kattaki çağrıdır.
- Yüksek öncelikli kattaki çağrı: Diğer katlardan öncelikli servisin olduğu önceden tanımlanmış katlardan birindeki çağrıdır.

2.2.4.3. Optimum Bilgisayar Kontrol Sistemi

Bilgisayar kullanılarak asansör sisteminin performansının optimize edilebileceği ilk olarak Closs tarafından gösterilmiştir [2]. Her kabin için muhtemel yol göz önüne alınarak toplam kabin tur zamanını minimuma indirmek hedeflenmektedir. Kabin içindeki yolcunun hedeflediği katta durmalıdır, ayrıca kabin içinde yolcu bulunurken asla hareket yönünü değiştirmemelidir.

Closs bu dağıtım yöntemini değişik asansör sistemlerine uyarlayarak bazı önemli sonuçlar elde etmiştir**.** Hesaplama sonuçları ve optimum dağıtım yöntemi için gerekli veriler kullanılarak, mevcut tüm dağıtımların saklandığı ve sadece yeni kaydedilen yolcu çağrılarını inceleyen optimum dağıtım yöntemini geliştirmiştir. Performansın sadece araştırma teknikleri uygulanandan % 10–15 arasında daha kötü olduğu görülmüştür.

2.2.4.4. Uygun Çağrı Dağıtma Sistemi

Uygun çağrı dağıtma (UÇD) sistemi, Closs'un ele aldığı optimum bilgisayar kontrol sistemindeki performans düşüklüğünü gidermek için geliştirilmiştir ve sistem optimum dağıtım yöntemlerine dayanır. Yeni bir çağrı kabine gönderildiğinde değerlendirme artan değer halinde hesaplanır. En düşük değerlendirmeye sahip kabin çağrıyı yanıtlamak için gönderilir [4]. Dağıtım yönteminde üç tür değerlendirme fonksiyonu vardır:

- Ortalama bekleme zamanı,
- Ortalama tur zamanı,
- Maksimum bekleme zamanını hesaba katan ortalama tur zamanı

2.2.4.5. Bilgisayar Grup Kontrolü

Bilgisayar grup kontrolü genel asansör sistemleri için geliştirilmiş bir sistematik yaklaşımdır. Amaç, öncelikle UÇD algoritmasının iyileştirilmesiyle bekleme zamanını minimuma indirerek katlar arası trafik performansını geliştiren esnek bir algoritma elde etmektir. Daha sonra aşağı ve yukarı yönlü trafik halleri için düzenlemeler yapılmıştır. Bunlar için esas olarak bilgisayarın hızlı hesaplama ve veri depolama yeteneklerinden faydalanılmaktadır.

Bütün katlara servis ancak tüm kat çağrıları göz önüne alındığında sağlanır. En uzun beklemenin olduğu kat çağrısı ilk olarak servis verilmek için ele alınır ve kaydedildikleri sıraya göre kat çağrılarına yanıt verilir. Bu halde kat çağrılarının bekleme zamanları bir sıra şeklinde ele alınabilir. Bilgisayar kullanımıyla aynı zamanda kabin tur zamanı kabul edilebilir kesinlikle hesaplanabilmiştir. Kontrol algoritmasının yazılımı birçok modüllerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Bunlar UÇD sisteminin görevini yapan modüllerdir.

Bilgisayar grup kontrol algoritması esas olarak tek bir algoritmadan oluşmaktadır. Sahip olduğu çeşitli özellikler sayesinde her tip trafik modeline yanıt vermektedir. Diğer geleneksel sistemlerle karşılaştırıldığında, mevcut programın birçok kontrol parametresi yeniden programlanmak suretiyle taleplere yanıt verebilme üstünlüğüne sahiptir [11].

2.2.4.6. Yapay Zeka Uygulamalı Kontrol

Kontrol ve mikroişlemci alanlarındaki gelişmeler asansör konusundaki çalışmaları doğrudan etkilemiş ve geliştirilen her kontrol ve benzetim yöntemi bu sistemlerde kullanım alanı bulmuştur. Asansörlerin grup halinde kumanda ve kontrolünde kullanılan yapay zekâ teknikleri olarak sınıflandırılan bu gelişmiş teknikler; uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar olarak sayılabilir.

Seksenlerin sonunda, trafik modelleri uygun kabinin seçimi için uzman sistemlerin geliştirilmesinde ideal bir başlangıç noktası olmuştur [12-18]. Uzman sistemler, önceden tanımlanmış trafik modeller, belirli bir zaman diliminde toplanan yolcu sayısı ve asansör uzmanları tarafından elde edilen kurallarla, o andaki baskın trafik modelini belirlemekte ve bu modelle ilgili önceden tanımlanmış kabin seçim kurallarını uygulamaktadır.

Alani ve arkadaşları, çoklu asansör sistemleri için rota tayin etmekte, amaç olarak yolcuların ayrıntılı yolculuk zamanlarını azaltmakta ve mümkün olan her hareket için ayrıntılı araştırma yapmaktadırlar [12]. Chenais ve Weinberger'in çalışmasında, benzetimle üretilen trafik verisi dinamik olarak simülatöre bağlanmakta ve trafik algılama sistemine bağlanmış uzman sistem sürekli en iyi kabin hareketlerini hesaplamaktadır [13]. Halpern çalışmasında, değişken analiz içeren istatistiksel bir yaklaşım kullanmıştır [14]. Bu değerlendirme fonksiyonu, azaltılmış bilgisayar kontrollü asansör dağıtım sistemiyle kat çağrılarını cevaplama zamanlarının yer aldığı bir yaklaşımdır. Temel amaç, cevaplama süresini biraz azaltarak araştırma performansını geliştirmektir.

Uzman sistemlerin birçok avantajının yanında tüm ihtiyaçlara cevap vermesini birkaç problem engellemektedir. Bu problemlerin birincisi iyi bir model bulmaktaki zorluktur. İkinci problem ise bu sistemlerin uzman bilgisi kural yapısını oluşturmaktır. Bir başka zorlukta trafik durumlarının birbirine çok benzer görünmesine rağmen farklı kabin seçim kararlarına gereksinim duymasıdır.

Uzman sistemlerden elde edilen deneyimlerin sonucunda 90'ların başında bulanık mantık ve bulanık kurallar popüler olmuştur. Bulanık mantık trafik modellerini daha hassas seviyede tanımlamak için kullanılmıştır. Bulanık kurallar daha esnek sonuç çıkarma mekanizmalarının uygulanması için uzman sistemlere eklenmiştir [25-34].

Kim ve arkadaşları, asansör grup kontrol sistemlerinde, sistem performansıyla çok yakından ilgili olan kontrol parametrelerinden alan-kilo ilişkisine yer vermiş ve seçilecek asansörlerin buna göre tasarlanması gerekliliğini vurgulamıştır [19]. Lee ve Lee–Kwang yaptıkları çalışmada, trafik kontrolleriyle benzetim ve trafik detektörleri hakkında bilgi vermiş ve uyguladıkları bulanık mantığa dayalı temel sistem kuralları ile uygun sonuçlar elde etmişlerdir [20]. Umeda ve arkadaşları, asansör grup kontrol sisteminde bulanık kuralları uygulayarak, bulanık mantık esaslı kontrol algoritması geliştirmiş, bekleme zamanı, hedef kat kaydedilmesi ve koridor talep izlemesi sistemleri hakkında bilgiler vermişlerdir [21].

Bazı görüşe göre bütün kontrol politikaları kural tabanlı olarak göz önüne alınabilir. Uzmanlar çeşitli trafik şartlarında bekleme zamanını kısaltmak için deneyim ve uzman bilgisinin gerekliliğini öne sürmüşlerdir. Ujihara ve Tsuji, akıllı sistem ve bulanık mantık teknolojilerini kullanan bir sistem önermişlerdir [22]. Yapay ısıl işlem (Simulated Annealing) algoritmasıyla verilen kararlarla geleneksel algoritmayla verilen kararları karşılaştıran bir kural tabanı oluşturmuşlardır. Farklılıklar daha sonra uzmanlar tarafından analiz edilmiş ve bulanık mantık kullanılarak çözülmüştür. Ujihara ve Amano, bu sisteme son şeklini vermişlerdir [23]. Bir önceki algoritmada kullanılan kabin pozisyonu ve çağrı yerleşimi ilgili sabit değerlendirme fonksiyonuna ek olarak gelecekteki kabin pozisyonları ve olası çağrı yerleri göz önüne alınmıştır. Bu, hızlı bir çağrı yerleştirme algoritmasıdır.

Tobita ve arkadaşları kat düğmesine basıldığında kabin tayini oluşması sistemini tanıtmıştır [29]. Bulanık tabanlı bir sistem, fonksiyonlar için katsayıları tutarak bekleme zamanının, seyahat zamanının ve yolcu sayısının minimum yapılmasını sağlayan kabini hesaplamaktadır.

Imasaki ve arkadaşları çeşitli kontrol parametrelerini dikkate alarak yolcu bekleme zamanı dağılımını tahmin etmek için bulanık–sinir ağları kullanan bir sistem

önermişlerdir [30]. Bu sistemde sinir ağlarıyla alternatif aday parametreleri hesaplanarak en uygun olan parametreler ayarlanmaktadır.

Asansör kontrolü için bulanık kuralların kullanıldığı tipik bir yaklaşım [31]'deki çalışmada açıklanmıştır. Bu yaklaşımla her trafik durumunun yoğunluğu bulanık değişkenlerle yüksek, orta ve düşük olarak açıklanmış ve bu bulanık kurallar asansör kontrolünü etkileyen baskın trafik modelini belirlemek için kullanılmıştır.

Asansör sistemlerinin çağrılara en uygun yanıtı verebilmesi ve kabinleri bir algoritma dahilinde yönlendirmesi ve gerekli kumanda işlemlerini yapabilmesi için modern kontrol sistemleri üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. Asansör kontrol sistemlerine uygulanan yapay sinir ağları ve bulanık mantık teknikleri sayesinde asansör performansını belirleyen ortalama bekleme zamanının tatminkar derecede azaldığı ve klasik kontrol yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bundan sonraki yapay zeka çalışmalarında asansör kontrol sistemlerinin daha zeki ve öğrenme yeteneğine sahip, daha esnek ve bekleme zamanını minimize edecek sistemler olması beklenmektedir.

3. GRUP ASANSÖR KONTROL SİSTEMLERİNİN BENZETİMİ

3.1. Giriş

Benzetim, fikirlerin hesaplanmasında ve dinamik sistemlerin üzerinde çalışmada yardımcı modelleri geliştiren ve kullanan bir yöntemdir. Gerçek ortamında deneme yapmak yüksek maliyetli, tehlikeli ve çalışmaları engelleyici olduğundan tasarım çalışmalarını kolaylaştırmak için, benzetim metotları uygulanmaktadır.

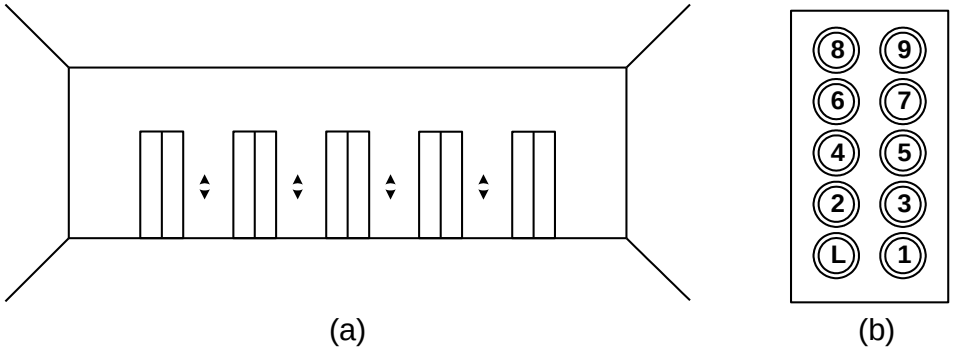
Asansör sistemleri tasarım aşamasında mevcut olmadığından ve mevcut tesis üzerinde çalışmak için gerekli verileri gözlemek uzun süre alacağından benzetim yöntemi uygulanabilecek en uygun yaklaşımdır. Benzetim klasik yöntemlerle uygulanabilir ancak bu uzun zaman alacağından bilgisayarlar kullanılmaktadır.

Benzetim çalışması ile gerçek sistem davranışlarının incelenmesi yerine soyut model sunan program kullanımı ifade edilir. Birçok benzetim hesaplamalarında matematik modellerin kullanılması gerekir. Bilgisayar sistemlerinin sağladığı kolaylıklar kullanılarak kesin mantık kurallarıyla tanımlanabilen bir fiziksel sistemin model programı elde edilebilmektedir. Asansör sistemlerinin performansını tahmin etmede kullanılabilecek en iyi yöntem benzetimdir ve bu yolla tüm istatistiksel etkenler hesaba katılmış olur. Daha gerçekçi bir asansör sistem analizi için hesaplama ile elde edilemeyecek veriler benzetim ile bulunabilmektedir [1].

3.2. Grup Asansör Kontrol Sistemleri

Üç veya daha fazla asansör kabininin bulunduğu çok katlı binalarda, katlarda bekleyen yolcuları verimli bir şekilde taşımak için kabinleri yöneten kontrol sistemlerine grup asansör (GA) kontrol sistemleri denir. Bu sistemlerin ana hedefi, yolcuların bekleme ve seyahat sürelerini kısaltıp kabinlerin kullanım kapasitelerini arttırmak ve güç tüketimini azaltmak için yolcular tarafından oluşturulan çağrılara uygun kabini tayin etmektir.

GA kontrol sistemleri çok karmaşık dinamik sistemlerdir. Bir grup kontrolcü n adet kabini yönetiyorsa ve p adet kat çağrısı varsa bu kontrolcü n^p adet durumu göz önüne almak zorundadır. Kontrolcü kabin tayini yaparken yakın gelecekte oluşacak kat çağrılarını dikkate almalıdır. Bunun yanı sıra katta bekleyen yolcuların sayısı, gidecekleri kat ve yönleri, kabindeki yolcu sayısı ve hangi katta kaç yolcunun ineceği gibi birçok bilinmeyen faktör vardır. Ayrıca bir yönetici için kontrol stratejisini değiştirmek mümkün olmalıdır. Bu ve benzeri sebeplerden dolayı uygun kabin seçimi zor bir problemdir [19, 35].

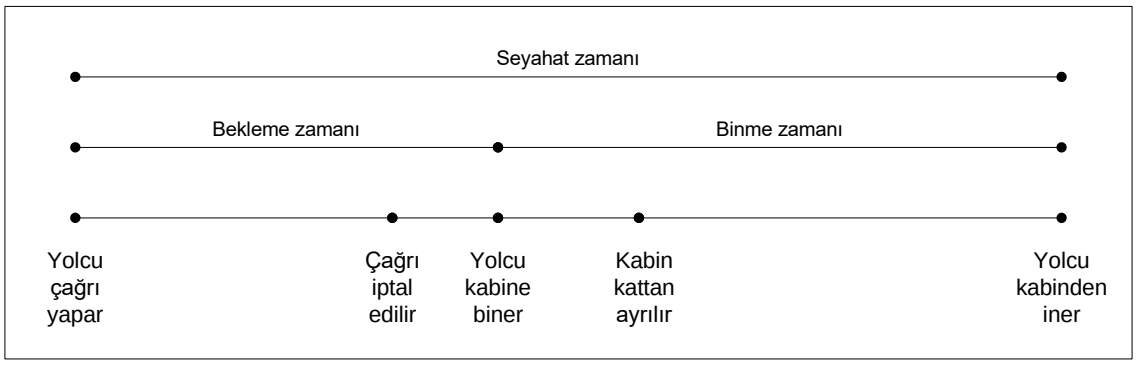


Şekil 3.1. (a) Kat çağrısı, (b) kabin çağrısı.

Şekil 3.1'de de görüldüğü gibi GA kontrol sisteminde katlarda bulunan aşağı ve yukarı yönlü kat çağrı düğmesi ve kabinlerde bulunan kabin çağrı düğmesi olmak üzere 2 çeşit çağrı düğmesi vardır. Bir yolcu bir kattan diğerine gitmek isterse bulunduğu katta gideceği yönün düğmesine basıp kabinin gelmesini bekler. Bu esnada grup kontrolcü uygun olan kabini seçip çağrının yapıldığı kata gönderir. Yolcu kabin gelince binip gideceği katın düğmesine basar. Şekil 3.2'de zamanlama diyagramı verilen çağrı yapan bir yolcu için grup asansör kontrol sisteminde gerçekleşen işlem adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir [36]:

1. 15. kata gitmek isteyen yolcu 2. katın yukarı kat çağrı düğmesine basar.
2. Kat çağrı işareti GA kontrol sistemine iletilir.
3. GA kontrol sistemi yolcuyu almak için uygun bir kabin seçer.
4. GA kontrol sistemi seçilmiş kabine bir mesaj gönderir.
5. Seçilmiş kabin 2. kata gider ve yolcu biner.
6. Yolcu 15. katın kabin çağrı düğmesine basar.

7. Kabin GA kontrol sistemine bir mesaj gönderir ve 15. kata hareket eder.
8. Asansör 15. kata gelir ve yolcu iner.



Şekil 3.2. Çağrı yapan bir yolcunun zaman diyagramı

GA kontrol sisteminin performansı birçok kriterle ölçülebilir. Bunlardan bazıları şunlardır [3-5, 19, 35, 37, 38]

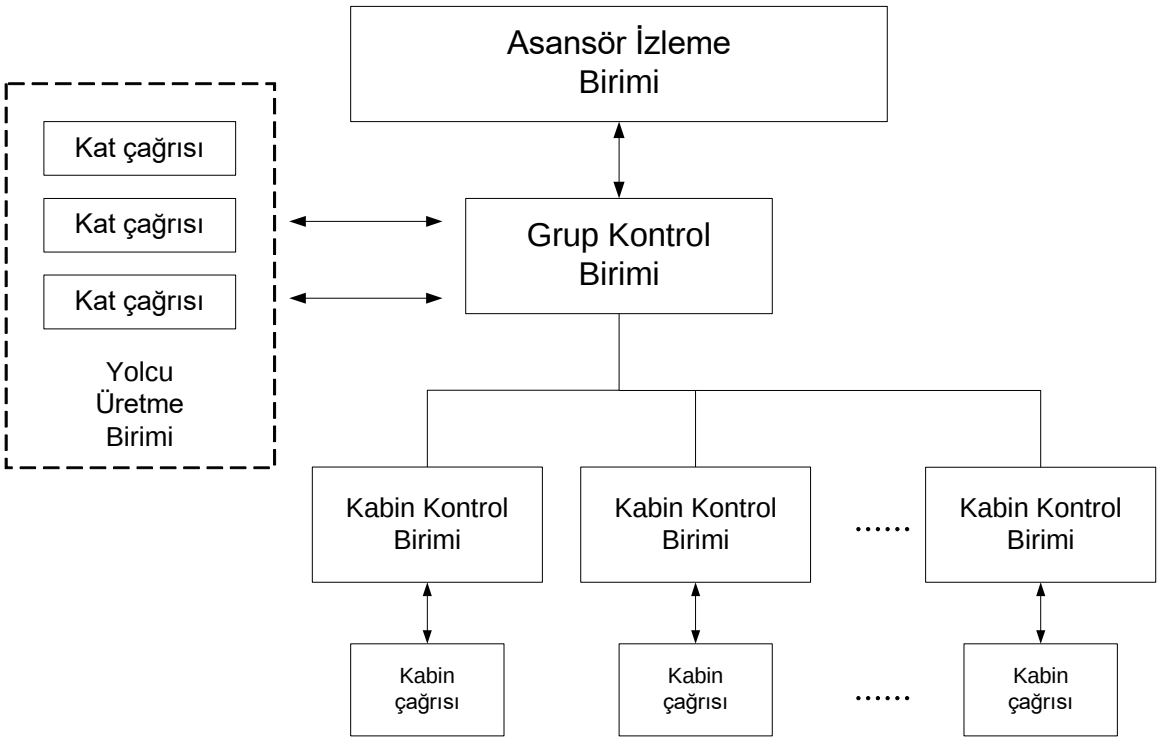
(i)Ortalama bekleme süresi (OBS): Bir yolcunun kat çağrı düğmesine bastıktan sonra servis asansörünün o kata gelinceye kadar geçen zamandır. OBS birim zamandaki bekleme süresinin ortalamasıdır.

(ii) Ortalama seyahat süresi (OSS): Bir yolcunun kat çağrı düğmesine bastığı zaman başlayıp gideceği katta inene kadar geçen süredir. OSS birim zamandaki seyahat süresinin ortalamasıdır.

(iii) Uzun bekleyenlerin yüzdesi (UBY): Birim zamanda 60 sn'den fazla bekleyen yolcuların tüm yolculara oranıdır. Yüzde (%) cinsinden ifade edilir.

(iv) Kabin durma sayısı (KDS): Asansörleri en fazla enerjiyi durma veya kalkma sırasında tükettiğinden birim zamandaki asansörlerin durma sayısı sistemin güç tüketiminin tahmininde kullanılır.

Bir GA kontrol sisteminin performansı bu kriterlerle ölçülür ama bu kriterleri aynı anda yerine getirmek zordur. Bundan dolayı GA kontrol sistemi her kriteri belirli derecelerde yerine getirmek için tasarlanır. Bu tasarımların bazılarında ortalama bekleme süresinin azaltılması ve bazılarında ise güç tüketiminin azaltılması ön plana çıkartılır [39].



Şekil 3.3. Grup asansör kontrol sisteminin temel yapısı

Şekil 3.3'den de görüleceği gibi GA kontrol sistemi asansör izleme birimi, grup kontrol birimi, kabin kontrol birimi ve yolcu üretme birimi olmak üzere 4 ana modülden oluşmaktadır [40-42].

- *Yolcu Üretim Birimi:* Bu birimde, kat sayısı, kat yüksekliği, kabin sayısı ve kapasitesi, kapı zamanları gibi bina yapılandırmasıyla ilgili bilgiler yanı sıra bina trafiği ve yolcu profili ile ilgili veriler saklanır. Daha önce bahsedildiği gibi kabin hareketliliğine bakılarak bir binadaki asansör trafiği başlıca 5 farklı biçimde sınıflandırılsa da, bu trafiği yolcu hareketliliği bakımından temelde üçe ayırmak mümkündür. Bunlar;

  (i) Yukarı yönlü çağrı yapan yolcu: Bu tip yolcular giriş katından üst katlara gitmek isteyen yolculardır. Yukarı yönlü çağrı yaparlar.

  (ii) Aşağı katlara çağrı yapan yolcu: Bu tip yolcular üst katlardan giriş katına gitmek isteyen yolculardır ve aşağı yönlü çağrı yaparlar.

  (iii) Ara katlara çağrı yapan yolcu: Bu yolcu tipinde de giriş katı haricindeki bir kattan diğer bir kata yolculuk yapan yolculardır. Bu tipteki yolcular ya aşağı yönlü veya yukarı yönlü çağrı yapabilirler.

- *Grup kontrol birimi:* Kat ve kabin çağrıları bu birimde kaydedilir. Her kabin için 2 farklı görev listesi vardır. Bunlardan birincisi kat çağrılarının tutulduğu kat görev listesidir. Sistemde bir kat çağrısı meydana geldiğinde grup kontrolcü uygun kabini seçtikten sonra bu görevi ilgili kabinin kat görev listesine ekler. Kabin bu listedeki bir görevini yerine getirdiği zaman, ilgili görev bu listeden silinerek ikinci çeşit görev listesi olan kabin görev listesine eklenir. Bu birimde ayrıca her kabinin yukarıda bahsedilen görev listelerine bakılarak hangi katta durup hangi kata gitmesi gerektiğine karar verilir.

- *Kabin kontrol birimi:* Bu birimde kabinlerin bulunduğu kat ile gitmesi gerektiği katlara bakılarak kabinin yönüne ve hızlanma, yavaşlama veya normal hızla gitmesi gerektiğine karar verilir. Ayrıca burada kabindeki yolcu sayısı, gidilmesi gereken hedef kat bir çevrim zamanında taşınan yolcu sayısı veya toplam taşınan yolcu sayısı gibi istatistiki bilgiler saklanır.

- *Asansör izleme birimi:* Bu birimde ise kabinlerin bulunduğu katlar, katlarda bekleyen yolcular ve ortalama bekleme zamanı, ortalama seyahat zamanı ve güç tüketimi ile ilgili bilgiler bir monitör aracılığıyla görüntülenir.

Modern asansör sistemlerinde bütün kontrol birimleri birbirleriyle CAN (Control Area Network) denilen seri haberleşme protokolü kullanmakta olup kabin pozisyonlarını ve yolcu trafik durumlarını yerel monitörler veya uzaktan izleme monitörleri aracılığıyla izlenmesini mümkün kılarlar [43-45].

Tipik bir asansör yazılımı, sistemi kontrol ve optimize etmek için, işletim sistemi, görev zamanlama programı, giriş, çıkış ve haberleşme programlarına sahip olmalıdır. Grup kontrol birimi de kabin çağrı ve seyahat zamanlarını, kabinlerin durma sayılarını azaltmak ve kabinleri taşıma kapasitesini artırmak için optimizasyon fonksiyonu aracılığıyla her kabin çağrısına uygun kabini tayin eder [4].

3.3. Grup Asansör Benzetim Programı

Son 30 yılda asansör üreticileri tarafından çok çeşitli asansör kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Daha karmaşık sistemler geliştirmelerinin amacı daha iyi bir kontrol

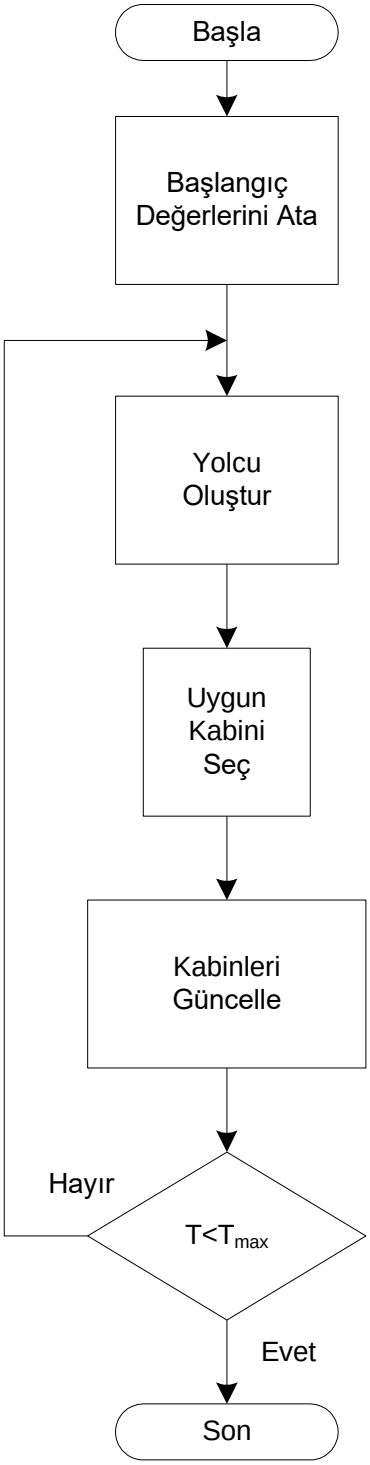
sistemi elde etmektir. Yeni sistemlerin karmaşık yapıları bilgisayar kullanımını zorunlu hale getirmiştir.

Hesaplama metodunda çeşitli kabuller yapılması zorunludur. Bu nedenle bazı eksiklikler ve kesin olmayan sonuçlar elde edilebilir. Benzetim kullanımıyla tüm bu sorunlar belirli bir oranda çözülmüş olur. Örneğin, ortalama bekleme zamanı hesap edilmesinde her zaman periyotun yarısı olduğu kabul edilir [3]. Ancak yapılan benzetim çalışmalarında bu duruma kabinlerin kullanım kapasitesinin % 80 olduğu hallerde ulaşıldığını, değişik yüklerde bu oranın değiştiği görülmüştür [8].

Bilgisayar destekli benzetim, asansör sistemlerinin tasarımında değişik çalışmalar denemek için uygun bir yöntemdir. Ayrıca bu işlem çok geniş bina konfigürasyon ve yük çeşitliliğinde asansör sistemlerinin performanslarının hesaplanması imkanını da sağlar.

Bu proje çalışmasında, önerilecek asansör algoritmalarının testi için bir asansör benzetim programına ihtiyaç olduğu ortadadır ve bu amaçla Matlab programı aracılığıyla bir benzetim programı geliştirilmiştir. Geliştirilen program ayrık zamanlı işlem yapmakta olup iki ana kısma ayırmak mümkündür. Bunlar temel asansör sistemini simüle eden alt modüller ve kontrol algoritmasıdır.

Birinci kısımda, yolcu üretme birimi tarafından belirli periyotlarda yolcular oluşturulmaktadır. Yolcuların bulundukları kat ve yön bilgisi, kontrol algoritması için yolcu matrisine kaydedilmektedir. İkinci kısmı oluşturan kontrol algoritması yolcu matrisine kaydedilen bu yolcu için sistemde bulunan kabinlerin pozisyonları, doluluğu, yönü gibi bazı verileri dikkate alarak uygun kabini seçmektedir. Böylece yolcu algoritma tarafından seçilen kabinin görev listesine eklenmektedir. Yazılan benzetim programının ana akış diyagramı Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Programın ana akış diyagramı

Akış diyagramından da görüleceği gibi başlangıç değerlerinin atanması, yolcu oluşturma ve kabinlerin güncellenmesi modülleri temel asansör sistemini simüle eden birimlerdir. Uygun kabin seçimi ise kontrol algoritmasının çalıştırıldığı birimdir. Başlangıç değerlerinin atandığı modülde;

- Binanın konfigürasyonu (kat sayısı ve yüksekliği)
- Asansör sisteminin konfigürasyonu (kabin sayısı ve kapasitesi)
- Kabin kapı işletim zamanı
- Yolcu transfer zamanı
- Trafik modeli ve profili
- Hız bilgisi

gibi programın başlangıç değerleri belirlenmektedir.

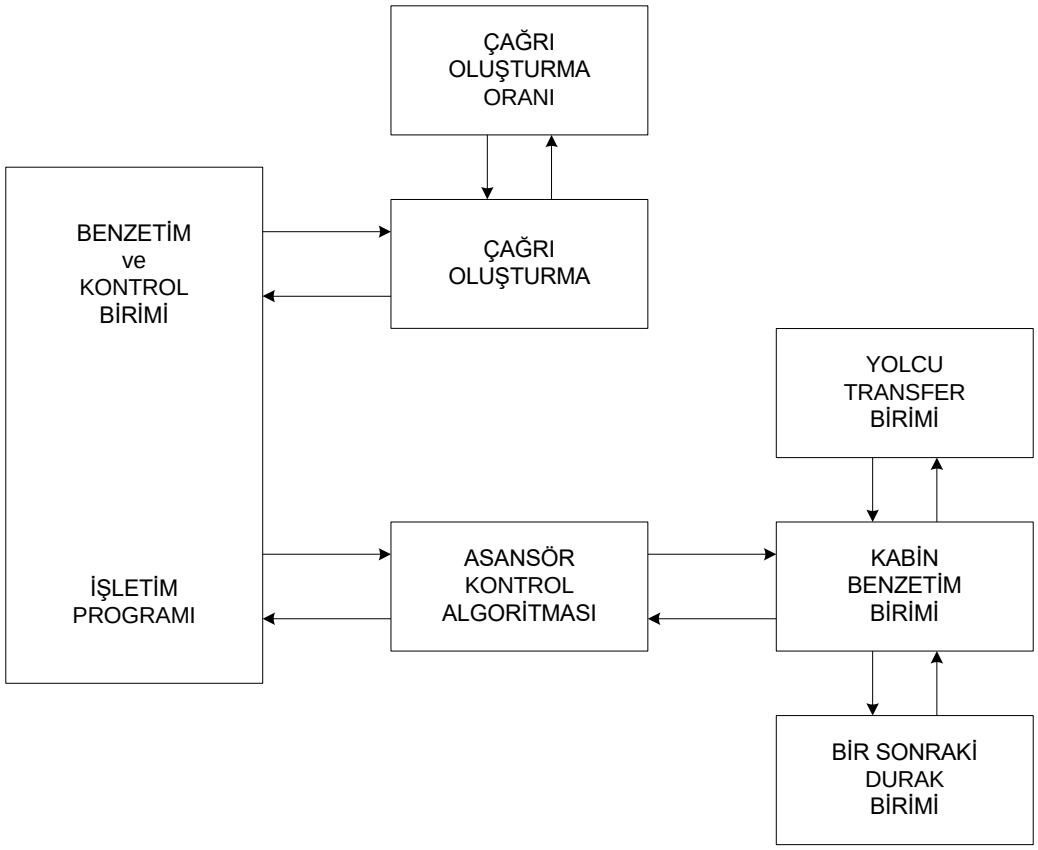
Asansör sistemlerinde trafik yoğunluğu, genellikle 5 dakikalık periyotlarda asansöre ulaşan veya asansörden hizmet talep eden bina nüfusunun yüzdesiyle ifade edilir [3]. Ayrıca sistem, ayrık zamanlı tasarlandığı için en küçük zaman birimi olarak 1 sn alınmış ve her periyot 300 adımdan oluşturulmuştur. Trafik modeline ve yolcu yoğunluğuna bağlı olarak yolcu oluşturma modülü çalıştırılarak rastgele yolcular oluşturulmaktadır. Bu modülde oluşturulan yolcu, kat ve yön bilgisini içeren veriler ile birlikte yolcu matrisine kaydedilmektedir.

Uygun kabin seçimi modülü, testi yapılan asansör kontrol algoritmasını içerir. Yolcu matrisine kaydedilen yolcu için eldeki veriler ışığında bu algoritma yardımıyla uygun kabin seçimi yapılmaktadır. Kabin seçildikten sonra bu yolcu ilgili kabine atanır. Kabinler için kat görev listesi ve kabin görev listesi olmak üzere 2 farklı görev listesi tanımlanmıştır. Yapılan atama ilgili kabinin kat görev listesine eklenir. Kabin bu listedeki görevini yerine getirdiği zaman ilgili görev bu listeden silinerek ikinci çeşit görev listesi olan kabin görev listesine eklenmektedir.

Kabinlerin güncellenmesi kısmında ise kabin hareketleri simüle edilir. Kapıların işletilmesi, kabin yönü ve hareketleri, dönüş katı, yolcu transferi, kabin hızlarının belirlenmesi gibi kabin hareketlerine ait tüm adımlar bu modülde belirlenir ve gerçekleştirilir. Kabinlerin işletilmesinde asıl etken kat ve kabin görev listeleridir. Her kabin için ayrı ayrı tutulan bu listelerdeki görevler yön ve kat önceliğine göre sıralanır. Her defasında kabinler sıradaki ilk görevi gerçekleştirmek için ilgili görevin katına doğru hareket edeler. Kabinin yönü ve hızı o anki mevcut pozisyonuna göre belirlenir. Kabin ilgili kata geldiğinde durarak kapısını açar. Öncelikli olarak kabinden inecek yolcular transfer edilir ve daha sonra binecek yolcu varsa kabine alınır. Kapı kapatıldıktan sonra

kabin yine ilk sıradaki görevi icra etmek için hareket eder. Bu işlem kat ve kabin görev listesindeki son görev yerine getirilene kadar sürer. Kabinin yerine getirecek görevi kalmamışsa giriş katına doğru hareket ederek burada bekler.

Benzetim programının temel birimleri arasındaki bilgi akışını Şekil 3.5'de görmek mümkündür. Buna göre program iki alt birimi kontrol eder. Bunlar çağrı oluşturma ve asansör kontrol algoritmasıdır.



Şekil 3.5. Bilgi akış şeması

Çağrı oluşturma birimi, her bir kabini simüle etmek için gerekli olan çağrıları meydana getirir. Bu birimde bulunan alt modüller sayesinde yolcuların hizmet talepleri çağrı oluşturma oranı sınırları içerisinde rastgele olarak oluşturulur. İşletim biriminde yer alan programın fonksiyonları;

- Giriş biriminden gerekli başlangıç verileri okumak,
- Asansör davranışını simüle ederek zaman parametrelerini hesaplamak,
- Elde edilen verileri kaydetmektir.

Kabin benzetim birimi ise önceden tanımlanmış olarak kabinin davranışını simüle eder. Bu birime bağlı olan yolcu transfer alt modülünde yolcuların kabine biniş ve inişleri simüle edilir. Bir sonraki durak biriminin görevi ise her kabinin bir sonraki durağının hangi kat olacağına ve kabin yönüne karar vermektir. Kabinler yeni çağrı kaydedilene kadar tespit edilen duraklara hizmet vermek üzere yönlendirilir.

3.3.1. Benzetim Programının Testi ve Hataların Ayıklanması

Her kabin için muhtemel yol göz önüne alınarak toplam kabin tur (çevrim) zamanını minimuma indirmek hedeflenir. Kabin, içindeki yolcunun hedeflediği katta durmalıdır. Kabin içinde yolcu bulunurken asla yönünü değiştirmemelidir. Bunlara ilave olarak aşağıdaki kabuller yapılabilir [2]:

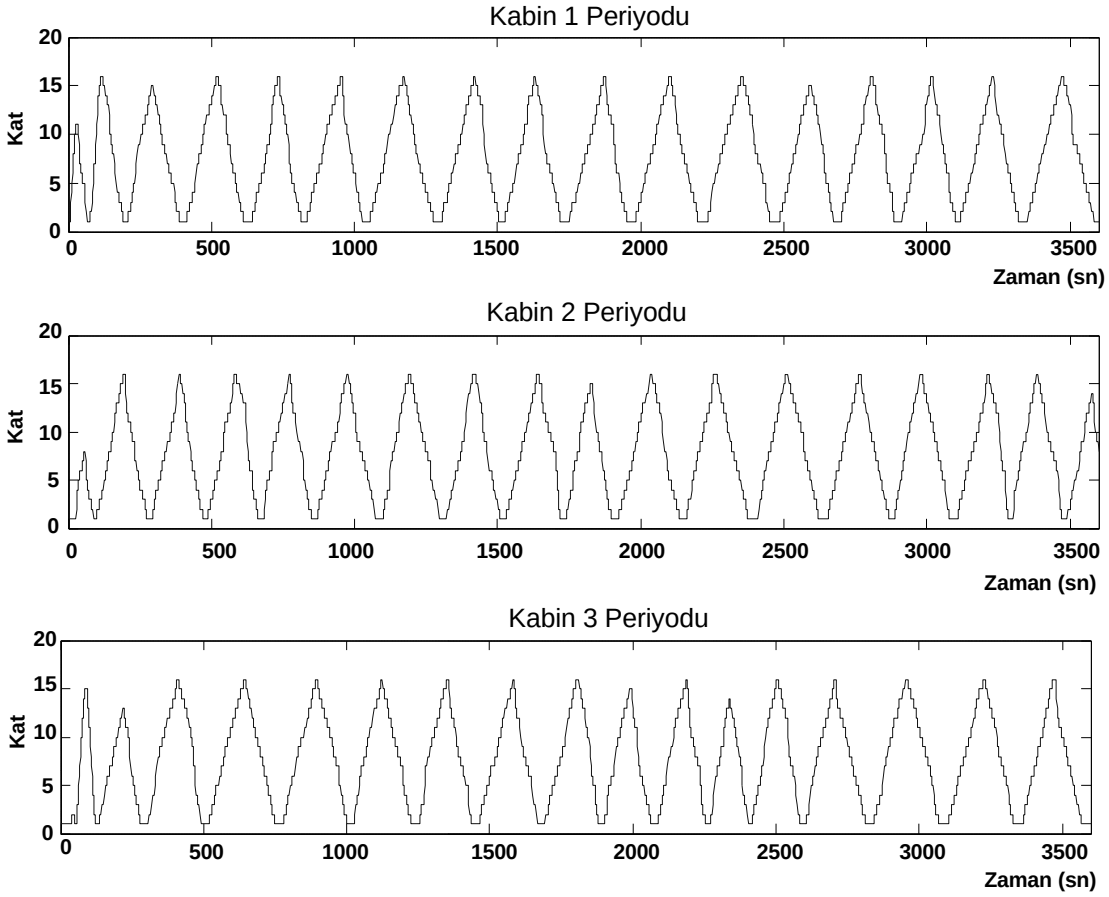
- Yolcuların önceden belirlenmiş yöndeki seyahatinde, aksi yöndeki kabin yanıt vermemelidir.
- Kabin yolcunun bulunmadığı veya kabine girip çıkmadığı bir katta durmamalıdır.
- Kabin içindeki son yolcuyu indirdikten sonra giriş katına geri dönerek burada beklemelidir.

Programın testi için ilk önce yolcuların kabinlere atanmasında rastgele kabin seçimi yapılmıştır. Bu amaçla program defalarca teste tabi tutulmuş ve bu görevlendirmelere kabinlerin verdiği cevaplar analitik olarak adım adım incelenmiştir. Böylece kabin benzetim algoritmasındaki muhtemel durumlar göz önüne alınarak uzun bir süreç sonunda bütün hatalar olabildiğince giderilmiştir.

Tablo 3.1. Benzetim çalışması başlangıç değerleri

Kat sayısı	16 kat
Kabin sayısı	3
Kabin kapasitesi	20
Katlar arası mesafe	3 mt
Zamanlar	
Kapı açılma ve kapanma	1 sn
Yolcu inme ve binme	1 sn
Kat geçme hızı	2 sn
Hızlanma ve yavaşlama	5 sn

Programın hataları ayıklandıktan sonra 1 saatlik bir benzetim süresi dahilinde Tablo 3.1'de verilen başlangıç değerleri kullanılarak elde edilmiş çevrim zamanı grafiği Şekil 3.6 verilmiştir. Üç kabin için gerçekleştirilen 1 saatlik benzetim sonucunda grafik incelendiğinde kabinlerin yukarıda istenilen şartları sağladığı görülmektedir.



Şekil 3.6. Rastgele kabin ataması için kabin çevrim zamanı

3.3.2. En Yakın Kabinin Seçimi

Bu test aşamasından sonra uygun kabin seçim algoritması olarak klasik bir yöntem olan en yakın kabin seçimi yöntemi uygulanmıştır [2, 3]. Kat ve kabin çağrıları, kabinlere bu yöntem sayesine tahsis edilmektedir. Bu yöntemde, bir *d* mukayese değeri yardımıyla bulunan FS uygunluk değeri hesaplanır. Bu hesaplamada;

$$d = |\text{kabin pozisyonu} - \text{kat çağrı katı}| \tag{3.1}$$

Uygunluk değeri hesaplamasında N kat sayısı olmak üzere 4 farklı durum göz önüne alınır. Yukarıda hesaplanan *d* mukayese değeri ile uygunluk değeri FS hesaplanmaktadır.

a) Kabin yönü, kat çağrısına yaklaşan aynı yönde ise,

$$FS = (N + 1) - (d - 1) , \qquad 2 \leq FS \leq N \tag{3.2}$$

b) Kabin yönü, kat çağrısından yaklaşan farklı yönde ise,

$$FS = (N + 1) – d, \qquad 1 \leq FS \leq N \tag{3.3}$$

c) Kabin yönü, kat çağrısından uzaklaşan aynı yönde ise,

$$FS = 1, \tag{3.4}$$

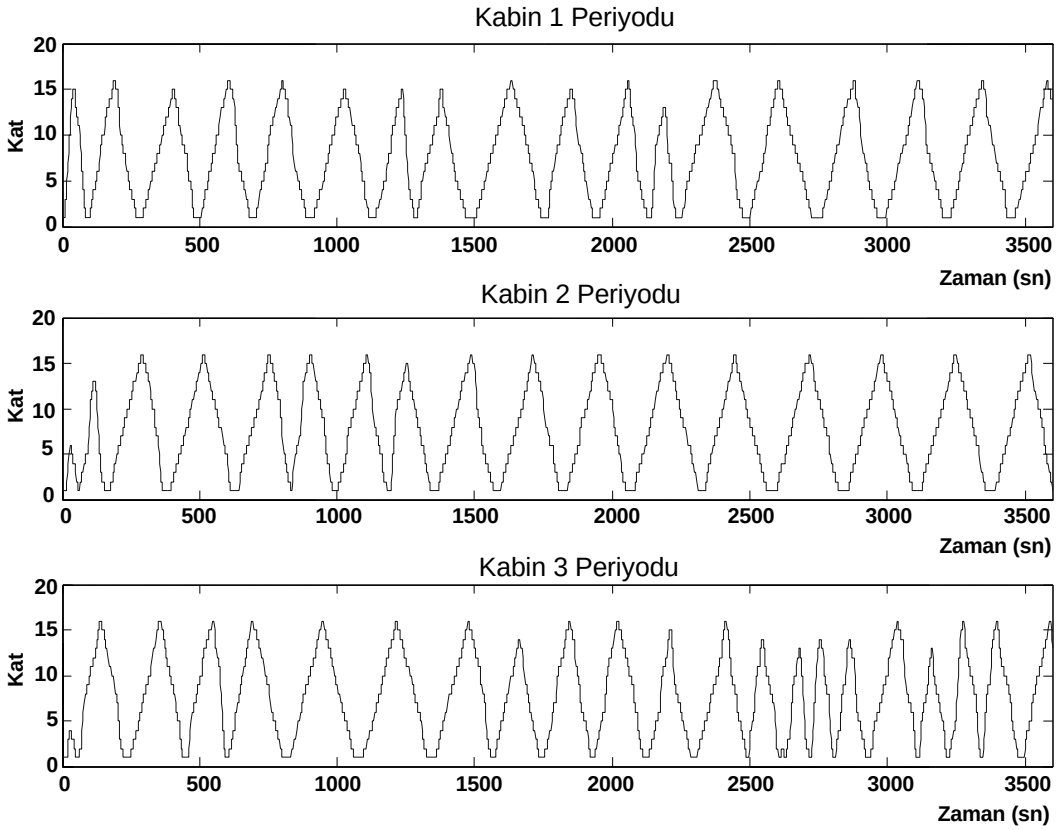
d) Kabin çağrısı yok ise

$$FS = (N + 1) – d, \qquad 1 \leq FS \leq N \tag{3.5}$$

Kat çağrıları yukarıda verilen 4 durum için uygunluk değeri hesaplandıktan sonra aşağıdaki seçim kuralları uygulanarak kabin görevlendirmesi yapılır.

- En büyük FS değerine sahip
- Eğer FS değerleri aynı ise d değeri en düşük olan kabin,
- Eğer d değeri de aynı ise 1 numaralı kabin,

Tablo 3.1’de verilen giriş değerleri en yakın kabin seçimi algoritması içinde kullanılarak, 1 saatlik periyot için çalıştırılmış ve elde edilen kabin çevrim grafiği Şekil 3.7’de verilmiştir. Bu grafikten de görüleceği üzere kabinler farklı dönüş katlarına sahiptir. Yani kabinler görevlerini yerine getirdikten sonra son kata kadar gitmeden son görev katından dönmektedirler. Ayrıca kabinlerin aşağı yönlü hareket ederken görevleri bitmiş olsa dahi giriş katına kadar gittikleri görülmektedir. Bu da benzetim programından istenilen bir durumdur.



Şekil 3.7. En yakın kabin seçimi algoritması için kabin çevrim zamanları

4. YAPILAN BENZETİM ÇALIŞMALARI

Asansör mühendisleri, her zaman yolcu taleplerinin değişken olmasını bir problem olarak görürler. Asansör kontrol algoritmasında, bu problemin çözümü için asansör firmaları birçok değişik teknikler geliştirmişlerdir. Her teknik, kendine has iyi ve kötü yönlere sahiptir. Kontrol algoritmasının geliştirilmesinde iki alternatif metot mevcuttur:

1. Mevcut algoritmayı kullanarak gerekli iyileştirmeleri yapmak,
2. Tamamen yeni bir algoritma geliştirmek.

İlk metot daha kısa yoldan sonuca ulaştırması nedeniyle süre bakımından daha avantajlıdır. Algoritmanın daha fazla modifiye edilememesi ilk metodun dezavantajıdır. İkinci metotta ise tasarımcı, algoritma için kullanacağı kontrol stratejisini seçmede tamamen serbesttir. Bununla birlikte tasarımcı yeni geliştirdiği algoritmayı, test ederek sistematik tasarım metodunu uygulamalıdır.

Aynı tasarım stratejisi her iki yönteme de uyarlanabilir. Bu strateji birkaç aşamadan meydana gelmektedir.

1. Kontrol stratejisini formüle edilmesi,
2. Kontrol stratejisinin yazılım uygulaması,
3. Performansın iyileştirilmesi,
4. Dengesiz ve yönlü trafiklerine uygulanabilen algoritma özelliklerinin tanıtımı,
5. Yönlü trafik hallerinde performansın hesabı.

Performansın iyileştirilmesi için benzetim sonuçları gerekmektedir. Bu aşamada algoritma karmaşık olmamalıdır. Aksi halde karmaşık algoritmaları, daha sonraki aşamalarda düzenlemek güçleşecektir. Performansı arttıran özellikler dikkatle uygulanmalı ve mevcut iyi özelliklere zarar verilmemelidir.

Grup asansör (GA) kontrol sisteminin temel hedefi kat çağrısı için uygun bir asansör seçmektir. Geleneksel seçim metotlarından biri de alan ağırlık (AA) algoritmasıdır [19, 46]. Bu metotta uygun kabin seçimi için bir değerlendirme fonksiyonu kullanılır. Oluşan her çağrı için bütün kabinlerin muhtemel yolları göz önüne alınarak değerlendirme fonksiyonu aracılığıyla tahmini bir zaman hesabı yapılır.

Bu proje çalışmasında önerilecek simülasyon algoritmaları bilinen bu geleneksel algoritma üzerine kurulmuştur. Bu geleneksel algoritmanın zayıf yanları göz önünde bulundurularak yeni yaklaşımlar önerilmiştir.

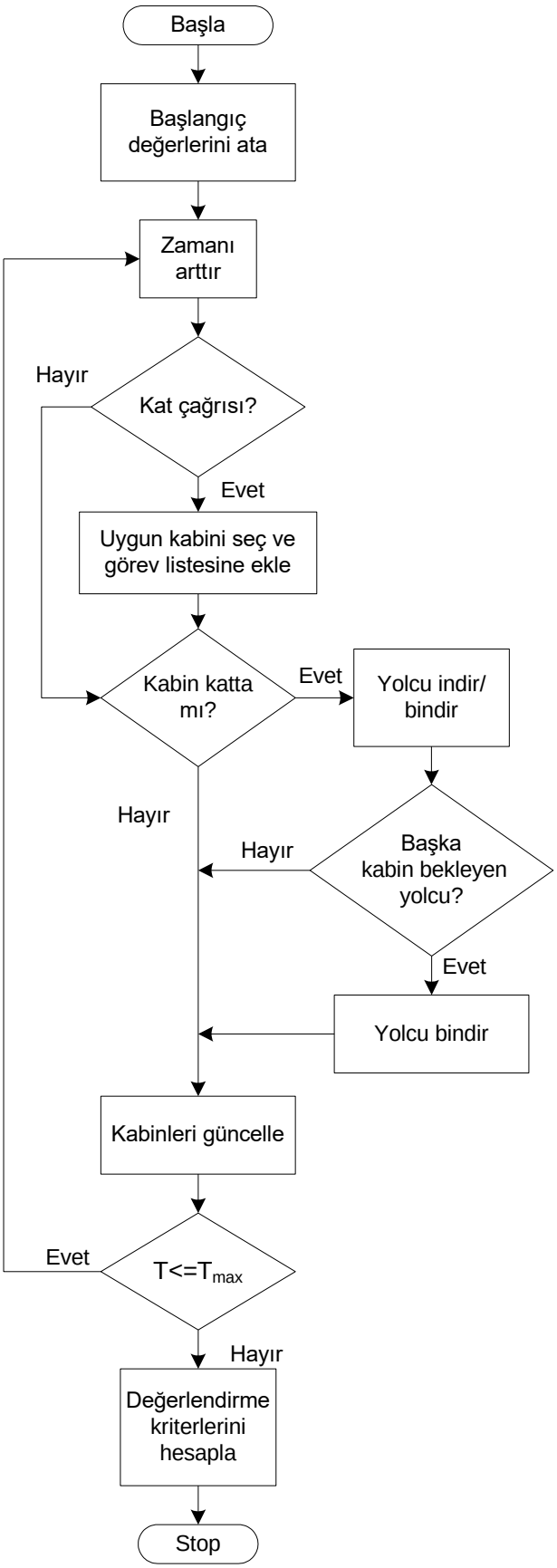
4.1. Geliştirilmiş Alan Ağırlık Algoritması

Alan ağırlık (AA) algoritmasında, kat çağrılarına uygun bir kabin tayin etmek için her kabinin değerlendirme fonksiyonu değeri hesaplanır. En küçük değere sahip olan kabin bu çağrıyı cevaplamak üzere görevlendirilir. GA kontrol sistemleri dinamik sistemler oldukları için yapılan çağrıya o anda en uygun kabin görevlendirilmesine rağmen aynı kabin, bundan sonra yeni çağrılar için de görevlendirilecektir. Bu yeni görevler daha önce verilen çağrılar için bu kabinin uygunluk durumunu değiştirebilir.

Buradan hareketle AA algoritmada bir iyileştirme yapılabileceği görülmüştür. Yapılan bu iyileştirme görev listeleri ile ilgili olup algoritmanın temel işleyişi değiştirilmemiştir. Bu iyileştirme sayesinde görev listeleri daha esnek bir yapıya dönüştürülmüştür.

Bir kabin, kat veya kabin görev listesindeki bir iş gereği bir katta durduğu zaman kendi görevini icra ettikten sonra diğer kabinlerin bu katta bir kat çağrısı olup olmadığına bakar. Eğer bu katta diğer kabinlere ait bir kat çağrısı varsa ve kabin kapasitesi uygun ise bu görevi kendisi yerine getirerek diğer kabinin kat görev listesinden siler. Böylece diğer kabinin yolcusu daha fazla beklemeden bir kabine binmiş ve bekleme süresi kısalmış olur.

Şekil 4.1'de akış diyagramı verilen bu yöntem sayesinde geleneksel bir yöntem olan AA algoritmasında basit ama etkili bir iyileştirme elde edilmesi hedeflenmiştir. Önerilen bu yönteme alan ağırlık algoritmasının iyileştirilmiş hali olduğu için geliştirilmiş alan ağırlık (GAA) algoritması olarak isimlendirilmiştir.



Şekil 4.1. Geliştirilmiş alan ağırlık algoritmasının akış diyagramı

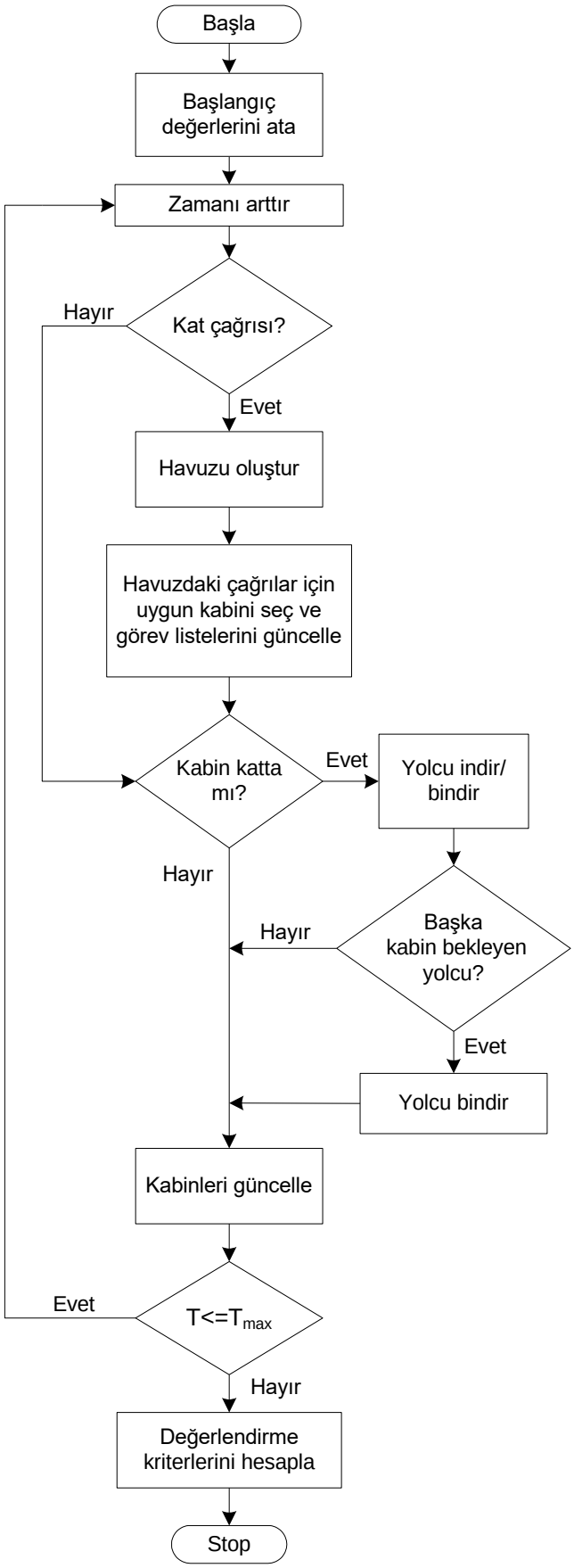
Bu adımda kabin görevini yerine getirdikten sonra aynı katta bekleyen ve diğer kabinlerin kat görev listesinde kayıtlı yolcu olup olmadığına bakar. Eğer aynı katta farklı bir kabinin görev listesinde kayıtlı yolcu varsa ve kendi kapasitesi de uygunsa o yolcuyu alarak ilgili kabinin görev listesinden bu görevi siler. Böylece ilgili kabinin bu görevi icra için bu kata uğramasına gerek kalmaz. Bu aynı zamanda ilgili kabinin çevrim zamanını kısaltır. Böylece yolcuların hem bekleme zamanı hem de seyahat zamanı kısalmış olur.

4.2. Dinamik Algoritma

GAA algoritması AA algoritması üzerine kurulu basit ama etkili şekilde iyileştirmeye sahip bir algoritmadır. Her iki algoritmada kat çağrılarına uygun bir kabin tayin etmek için her kabinin değerlendirme fonksiyonu değeri hesaplanır. En küçük değere sahip olan kabin bu çağrıyı cevaplamak üzere görevlendirilir.

GA kontrol sistemlerinde her kabin için iki farklı görev listesinden bahsetmek mümkündür. Bu görev listelerindeki görevler icra edilirken kabinlerin yön ve yol güzergâhı göz önüne alınarak bir sıralama yapılır ve ilgili sıraya göre görevler icra edilir. GA kontrol sistemleri dinamik sistemler oldukları için yapılan çağrıya o anda en uygun kabin görevlendirilmesine rağmen aynı kabin, bundan sonra yeni çağrılar için de görevlendirilecektir. Bu yeni görevler daha önce verilen çağrılar için bu kabinin uygunluk durumunu değiştirebilir. Bu durum göz önüne alındığında kabinlerin kat görev listelerinin tekrar gözden geçirilmesi ve güncellenmesi sistem performansı açısından önemlidir.

Bu amaçla sistemde yeni bir çağrı oluştuğunda bu çağrıyla birlikte kabinlerin kat görev listesinde mevcut olan görevler bir havuzda biriktirilir. Bu havuzdaki çağrılar için yeniden bir değerlendirme yapıldığında her çağrı için o andaki uygun kabin seçilmiş olur. Böylece kabinlerin kat görev listeleri güncellenerek sistem performansı arttırılmış ve GA kontrol sistemlerinin en temel görevi olan kabinlere en uygun çağrıları göndererek bina içinde bekleme zamanlarını en aza indirmek hedefine bir adım daha yaklaşılmış olur. GAA algoritması üzerinde bir iyileştirme yapılarak geliştirilen bu algoritmaya dinamik bir havuz yapısına sahip olduğundan dolayı dinamik algoritma adı verilmiş olup akış diyagramı Şekil 4.2’de verilmiştir.

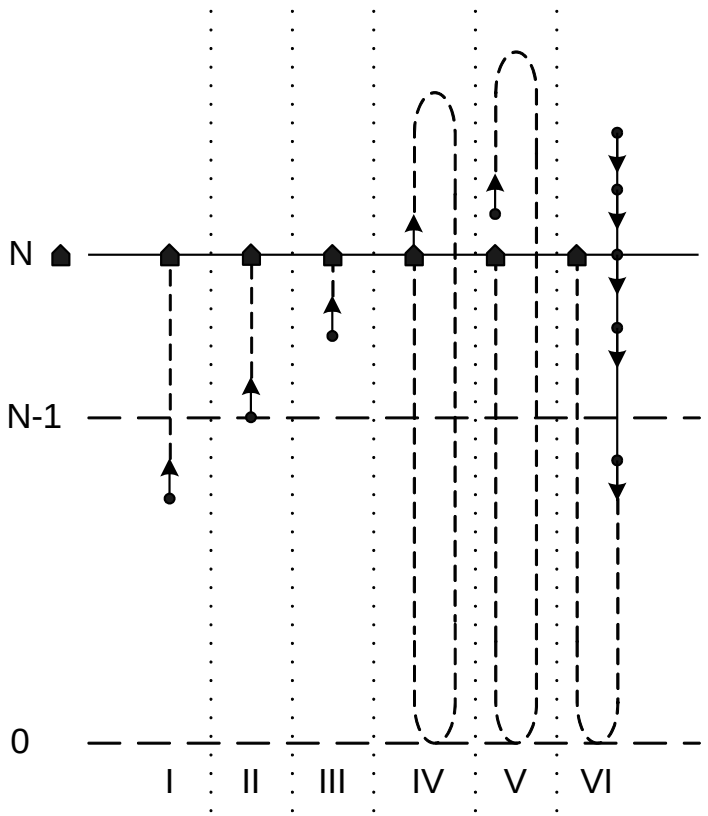


Şekil 4.2. Dinamik algoritma akış diyagramı

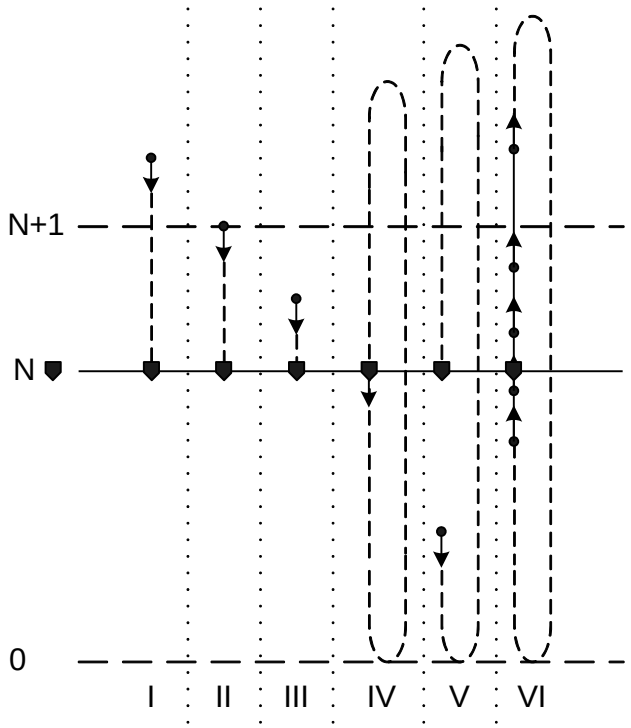
Dinamik algoritmanın akış diyagramı incelendiğinde GAA algoritmasından farkı bir çağrı oluştuğunda katta bekleyen yolcularla birlikte bu çağrının bir havuza atılarak havuzdaki tüm çağrıların yeniden değerlendirilmesi ve görev listelerinin güncellenmesi olarak gözümüze çarpmaktadır.

4.2.1. Çağrıların Sınıflandırılması

Havuzdaki çağrılara uygun kabin seçilirken her çağrı için tek tek bütün kabinlerin durumu ele alınıp değerlendirme fonksiyonu hesaplanması gerekmektedir. Bu sistem performansında düşüşe sebep olabilir. Bu durum göz önüne alınarak havuzdaki her çağrı için bir değerlendirme yapılırken kabinler, yön ve mevcut kat bilgilerine göre sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırma sonucunda kabinin durumuna bakılarak hesaplama yapılıp yapılmayacağına karar verilebilir. Bu amaçla Şekil 4.3'da ve Şekil 4.4'da görülen ve sırasıyla yukarı yönlü ve aşağı yönlü çağrılar, kabinlerin yön ve pozisyonlarına göre şu şekilde sınıflandırılabilir:



Şekil 4.3. Yukarı yönlü çağrıların kabinlerin mevcut yön ve pozisyonlarına göre sınıflandırılması



Şekil 4.4. Aşağı yönlü çağrıların kabinlerin mevcut pozisyonlarına göre sınıflandırılması

(I) Kabin çağrıyla aynı yönlü olup çağrıya 1 kattan daha fazla mesafe olduğu durumdur. Bu pozisyondaki kabin Durum 1 olarak sınıflandırılabilir.

(II) Kabin çağrıyla aynı yönlü olup çağrıya 1 kat mesafede olduğu durumdur. Bu pozisyondaki kabin de Durum 1 olarak sınıflandırılabilir.

(III) Kabin çağrıyla aynı yönlü olup 1 kattan daha az mesafede olduğu durumdur. Bu pozisyondaki kabin için iki ihtimal oluşabilir. Kabin yavaşlıyordur ya da normal hızda seyrediyordur. Eğer yavaşlıyorsa çağrı katında duracak demektir ve bu Durum 1 olarak nitelendirilir. Eğer normal hızda seyrediyorsa Durum 2 olarak nitelendirilir.

(IV) Kabin çağrıyla aynı yönde olup tam çağrı katındadır. Bu pozisyondaki kabin içinde iki ihtimal vardır. Kabin bu katta duruyor veya hareket halindedir. Eğer kabin bu katta duruyorsa Durum 3 olarak sınıflandırılır, hareket halindeyse Durum 4 olarak sınıflandırılır.

(V) Kabin çağrıyla aynı yönde olup çağrı katını geçtiği durumdur. Bu pozisyondaki kabin Durum 4 olarak sınıflandırılır.

(VI) Kabin çağrıya ters yönde hareket ediyorsa Durum 5 olarak sınıflandırılır.

Bu sınıflandırmalar sonucunda Durum 1 ve Durum 3 halindeki kabinlerin değerlendirme fonksiyonları hesaplanabilir. Diğer durumlardaki kabinlerin değerlendirme fonksiyonlarının hesaplanmasına gerek yoktur. Çünkü bütün çağrılar en az bir kere Durum 1 veya Durum 3 pozisyonuna geleceklerdir. Diğer pozisyondaki kabinlerin değerlendirme fonksiyonlarına Durum 1 ve Durum 3 pozisyonunda olan kabinlerin değerlerinden daha büyük bir sabit değer doğrudan atanır. Böylece çağrıya kabin ataması yapılırken bu kabinler alt sıralarda yer alacaklardır.

4.3. Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavramı ilk defa 1965 yılında Kaliforniya Berkeley Üniversitesi'nden Azerbaycan'lı Profesör Lotfi A. Zadeh'in "Information And Control" adlı bilimsel bir dergide "Fuzzy Sets" başlıklı makalesinin yayınlanması ile duyulmuştur [47, 48]. Zadeh bu makalede büyük, küçük, uzun, geniş gibi tam bir netlik taşımayan kavramları bulanık kümelerle ifade etmiştir.

Sözlük anlamı "bulanık, hayal meyal" olan "fuzzy" kavramı, olayların oluşum olasılığından çok oluşum derecesiyle ilgilenen bir kavramı tanımlar []. Bulanık mantık, belirsizliklerin anlatımı ve belirsizlikle çalışılabilmesi için kurulmuş bir matematiksel düzen olarak da tanımlanabilir. Bulanık mantık ile matematik arasındaki temel fark, bilinen anlamda matematiğin sadece aşırı uç değerlerine izin vermesidir. Klasik matematiksel yöntemlerde, sistemle ilgili tüm bilgilere gerek duyulur. Bu durum, hakkında sınırlı bilgiye sahip olunan karmaşık sistemlerin modellenmesinde ve kontrol edilmesinde problem oluşturur. Bulanık mantık bu zorluğun aşılmasında kullanılır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayanmaktadır [47].

Bulanık mantığın temelde sağladığı avantajlar aşağıda sıralanmıştır [50]:

1. İnsan düşünce sistemine ve tarzına yakındır.
2. Uygulamasında mutlaka matematiksel bir modele gereksinim duymaz.
3. Yazılımın basit olması nedeniyle, sistem daha ekonomik olarak kurulabilir.
4. Bulanık mantık kavramını anlamak kolaydır.

5. Üyelik değerleri sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esnektir.
6. Kesinlik arz etmeyen bilgilerin kullanılması söz konusudur.
7. Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verebilir.
8. Sadece uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanılarak, kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir modelleme ya da sistem tasarlanabilir.
9. Geleneksel kontrol teknikleriyle uyum halindedir.
10. İnsanların iletişimde kullandıkları sözel ifadelerin bulanık mantıkta kullanımı ile daha olumlu sonuçlar çıkmaktadır.

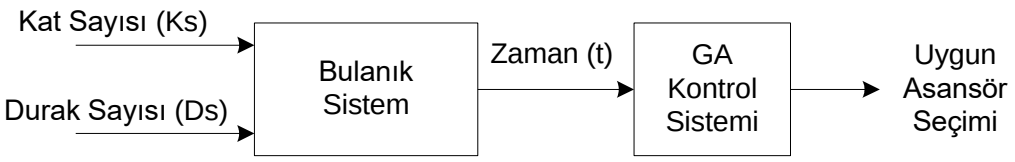
1980'den sonra bulanık sistemin; elektrikli süpürgeler, çamaşır makineleri, asansörler gibi konularda kullanılmasında patlama olmuştur. Son yıllarda birçok mühendislik dallarında, veri tabanlarının sözelleştirilmesinde, telesekreterlerin cevaplamasında ve bir çok konuda bulanık mantık bütün dünyada kullanılır hale gelmiştir [50].

4.4. GA Kontrol Sisteminin Bulanık Mantık ile Kontrolü

GA kontrol sistemlerinin temel görevi yolcuların bekleme zamanını minimuma indirmek için yapılan çağrılara uygun kabini seçmektir. Uygun kabin seçimi yapılırken her çağrı için sistemdeki tüm kabinlerin değerlendirme fonksiyonu hesaplanıp en küçük değere sahip olan kabin bu çağrı için görevlendirilir. Kontrol algoritmalarının (GAA, dinamik vb) temel kullanım amacı istenilen kriterlere uygun olarak bu görevlendirmenin yerine getirilmesini sağlamaktır. Kabinlerin değerlendirme fonksiyonu kullanılarak hesaplanan değerleri, aslında çağrıların yapıldığı kata ulaşmak için hali hazırdaki görev listesi de dikkate alınarak kabinlerin ilgili kata tahmini varış süreleridir. Bu süre hesaplanırken kabinin çağrı katına ulaşana kadar geçmesi gereken katlar ve bu katlardaki görevler dikkate alınmalıdır. Bu durum birçok ihtimali içinde barındıran uzun ve zahmetli bir hesaplamayı gerektirir. Bu hesaplama tekniğini kolaylaştırmak ve sistem performansını arttırmak için tahmini varış süresini hesaplayan bir bulanık kural yapısı kullanılabilir.

GA kontrol sistemlerinde uygun kabin seçimi için zaman tahmini yapmak üzere önerilen bulanık kural yapısına ait prensip şema Şekil 4.5'da verilmiştir. Bu yapıda 2 giriş ve 1 çıkış değişkeni bulunmaktadır. Birinci giriş değişkeni çağrının yapıldığı kat ile muhtemel yol göz önüne alınarak kabinin bu kata uzaklığıdır. Yani iki kat arasındaki fark olup kat sayısı (Ks) olarak gösterilmiştir. İkinci giriş değişkeni ise kabinin çağrı katına ulaşıncaya

kadar görevlerini yerine getirmek için durması gereken kat sayısıdır. Bu giriş değişkeni de durak sayısı (Ds) olarak gösterilmiştir. Sistemin çıkış değişkeni ise kabinin ilgili kata tahmini varış süresini gösteren "zaman" değişkenidir.



Şekil 4.5. Önerilen bulanık sistemin temel yapısı

Üyelik fonksiyonları olarak giriş değişkeni için tekil (singleton), çıkış değişkeni için üçgen biçimli fonksiyonlar seçilmiştir. Giriş değişkenlerinin tekil olmasının temel nedeni girişlerin tam sayılarla ifade edilmesidir. Çıkış değişkeni için üçgen üyelik fonksiyonunun seçilmesinin temel nedeni ise üçgen biçimli fonksiyonların kullanımının kolay ve yaygın olması ile basit yapısından dolayı benzetim çalışmasında sonuca daha kısa sürede ulaşabilmeyi mümkün kılmasıdır.

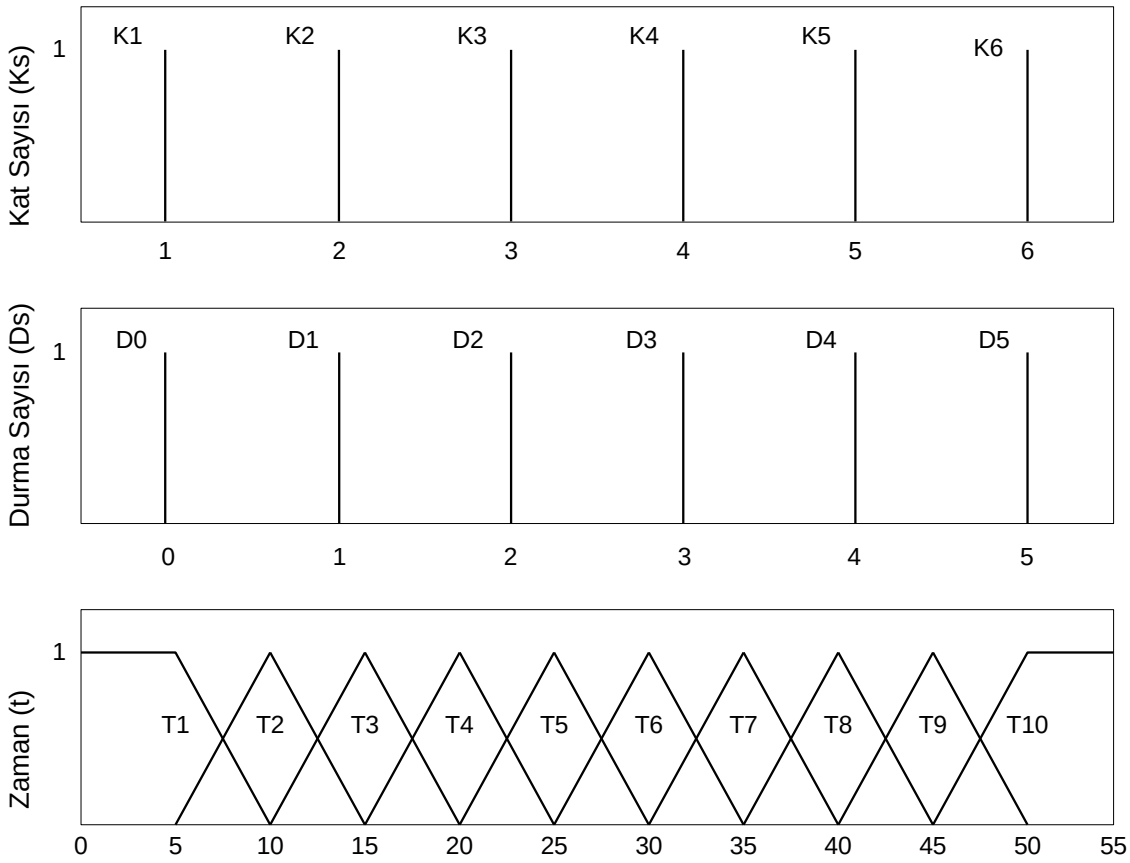
Yapılan çalışmalarda kullanılan kurallar, tamamen uzman bilgisi ve deneyimlerine dayanılarak belirlenmiştir. Kural belirleme işleminde Tablo 4.1'de verilen kat sayısı ve durak sayısına göre tahmini varış sürelerini gösteren zamanlama tablosundan yararlanılmıştır. Bu tabloda kat farkı ve durak sayısına göre farklı varış süreleri mevcuttur. Örneğin kat farkı 10 olup durak sayısı 4 olan bir kabinin çağrı katına ulaşması için 5 farklı varış süresi gösterilmiştir. Bu sürelerin farklı olmasının nedeni durulacak katların (durak sayısı) birbirine yakınlığı veya uzaklığıdır. Kabin bir katı normal hızla geçerken 2 sn zaman harcarken duracağı zaman 14 sn zaman harcamaktadır. Bu da varış sürelerindeki farklılığa neden olmaktadır.

Benzetimi yapılan GA kontrol sistemi için en fazla kat sayısı 31 ve durak sayısı da 30'dur. Dinamik algoritmadaki çağrılar sınıflandırılmış ve sadece kabinin mevcut pozisyonunun çağrının gerisinde ve aynı yönlü olduğu durumlar için bir hesaplama yapılmıştır. Sunulan bulanık algoritma için de bu yol izleneceğinden kat sayısının en fazla 6 ve durak sayısının da en fazla 5 olduğu durumlar hesaba katılmış olup bunun dışındaki durumlar için bir hesaplama yapılmamış dinamik algoritmada olduğu gibi sabit değerler atanmıştır.

Tablo 4.1. Kat sayısı ve durak sayısına göre olası zaman tablosu

Ks–Ds	**t (sn)**	**Ks–Ds**	**t (sn)**		**Ks–Ds**	**t (sn)**			**Ks–Ds**	**t (sn)**				**Ks–Ds**	**t (sn)**					**Ks–Ds**	**t (sn)**					
16–0	38	**16–1**	48	45	**16–2**	58	55	52	**16–3**	68	65	62	59	**16–4**	78	75	72	69	66	**16–5**	88	85	82	79	76	73
15–0	36	**15–1**	46	43	**15–2**	56	53	50	**15–3**	66	63	60	57	**15–4**	76	73	70	67	64	**15–5**	86	83	80	77	74	71
14–0	34	**14–1**	44	41	**14–2**	54	51	48	**14–3**	64	61	58	55	**14–4**	74	71	68	65	62	**14–5**	84	81	78	75	72	69
13–0	32	**13–1**	42	39	**13–2**	52	49	46	**13–3**	62	59	56	53	**13–4**	72	69	66	63	60	**13–5**	82	79	76	73	70	67
12–0	30	**12–1**	40	37	**12–2**	50	47	44	**12–3**	60	57	54	51	**12–4**	70	67	64	61	58	**12–5**	80	77	74	71	68	65
11–0	28	**11–1**	38	35	**11–2**	48	45	42	**11–3**	58	55	52	49	**11–4**	68	65	62	59	56	**11–5**	75	72	69	66	63	
10–0	26	**10–1**	36	33	**10–2**	46	43	40	**10–3**	56	53	50	47	**10–4**	66	63	60	57	54	**10–5**	70	67	64	61		
9–0	24	**9–1**	34	31	**9–2**	44	41	38	**9–3**	54	51	48	45	**9–4**	61	58	55	52		**9–5**	65	62	59			
8–0	22	**8–1**	32	29	**8–2**	42	39	36	**8–3**	52	49	46	43	**8–4**	56	53	50			**8–5**	60	57				
7–0	20	**7–1**	30	27	**7–2**	40	37	34	**7–3**	47	44	41		**7–4**	51	48				**7–5**	55					
6–0	18	**6–1**	28	25	**6–2**	38	35	32	**6–3**	39	42			**6–4**	46					**6–5**	50					
5–0	16	**5–1**	26	23	**5–2**	33	30		**5–3**	37				**5–4**	41											
4–0	14	**4–1**	24	21	**4–2**	28			**4–3**	32																
3–0	12	**3–1**	19		**3–2**	23																				
2–0	10	**2–1**	14																							
1–0	5																									

Bu tabloda dikkate alınan kat sayısı ve durak sayıları için tüm ihtimaller mevcuttur ve kural yapısı hazırlanırken zamanların ortalaması alınmıştır. Kat sayısı ve durak sayısı giriş değişkenleri için altışar adet üyelik fonksiyonu kullanılmış olup çıkış değişkeni için 11 adet üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Kullanılan üyelik fonksiyonları Şekil 4.6'de verilmiştir.



Şekil 4.6. Üyelik fonksiyonları

Tablo 4.2'de kat sayısı ve durak sayısı giriş değişkenlerine göre zaman çıkış değişkeni arasındaki ilişkiyi gösteren kural tablosu verilmiştir. Kullanılan kural tablosunda D0, D1, D2, D3, D4 ve D5 sırasıyla 0, 1, 2, 3, 4 ve 5 durak sayısına karşılık gelmekte, K1, K2, K3, K4, K5 ve K6'de sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 kat sayısına karşılık gelmektedir.

Tablo 4.2. Ks, Ds ve t arasındaki ilişkiyi gösteren kural tablosu

Ks\Ds	**D0**	**D1**	**D2**	**D3**	**D4**	**D5**
K1	T1					
K2	T2	T3				
K3	T2	T4	T5			
K4	T3	T4	T5	T6		
K5	T3	T5	T6	T7	T8	
K6	T4	T5	T7	T8	T9	T10

Yapılan benzetim çalışmalarında, sonuç çıkarım yöntemi olarak Larsen'nin çarpım metodu işleminden yararlanılmıştır. Aşağıda 2 farklı bulanık mantık algoritması önerilmiştir.

4.4.1. Bulanık 1 Algoritması

Önerilen algoritmada oluşan her çağrı için bulanık kural yapısı kullanılarak kabinlerin tahmini varış süreleri hesaplanmış ve en küçük değere sahip olan kabin çağrıyı cevaplandırmak üzere görevlendirilmiştir. Bu algoritma bulanık 1 olarak adlandırılmıştır.

4.4.2. Bulanık 2 Algoritması

Bulanık 1 algoritmasında görev atamaları kabinlerin tahmini varış sürelerine göre yapılmış olup AA algoritmasının değerlendirme fonksiyonunda bulunan ve çağrının yapıldığı katların yakınında duracak kabinlerin etkinliğini ön plana çıkaran α alan ağırlığı katsayısı göz ardı edilmiştir. Önerilen algoritmada bu yapının etkinliğini incelemek için bulanık 1 algoritmasına α alan ağırlığı katsayısına benzer bir yapı adapte edilmiştir. Bu yapı aracılığıyla oluşan çağrılara uygun kabin atamalarında, kabinlerin bulanık kural yapısına bağlı tahmini varış süreleri hesaplanmış ve çağrının yapıldığı katların yakınında görevi olan kabinlerden sabit bir değer çıkartılmıştır. Böylece benzer çağrılar aynı kabinlere atanmış olacaktır. Bu algoritma bulanık 1 algoritma yapısının geliştirilmiş bir hali olduğu için bulanık 2 algoritması olarak adlandırılmıştır.

4.5. Benzetim Çalışmaları

Bu proje çalışmasında 16 katlı ve her biri 20 yolcu kapasiteli 6 kabine sahip GA kontrol sisteminin bulunduğu bir bina öngörülmüş olup benzetim çalışmaları bu sistem için

yapılmıştır. Dikkate alınan her algoritma aynı şartlar altında 30 defa çalıştırılmıştır. Örneğin giriş yönlü trafik modelinde 5 dakikalık periyotta 50 yolcu için algoritma test edilirken 30 defa çalıştırılmış ve her defasında değerlendirme kriterleri kaydedilmiştir. Elde edilen kriterler birbirleriyle kıyaslanacağı için program içerisinde yolcu üretme modülünde kullanılan ve Matlab'in bir fonksiyonu olan "rand" (random) komutunun başlangıç değeri her zaman aynı seçilmiştir. Bu da her algoritma için doğru mukayese imkanı sunmaktadır.

Tablo 4.3. Benzetim çalışması başlangıç değerleri

Kat sayısı	16 kat	
Kabin sayısı / kapasitesi	6 kabin / 20 yolcu	
Yolcu sayısı	5 dk. 50 yolcudan 200 yolcuya kadar	
Asansör hızı	2 saniyede bir kat	
Durma zamanı	14 sn.	
Trafik modeli	**Yolcu hareketi**	
Giriş	1. kattan diğerlerine	: 50%
	Diğerlerinden 1. kata	: 25%
	Katlar arası	: 25%
Çıkış	1. kattan diğerlerine	: 25%
	Diğerlerinden 1. kata	: 50%
	Katlar arası	: 25%
Katlar Arası	1. kattan diğerlerine	: 25%
	Diğerlerinden 1. kata	: 25%
	Katlar arası	: 50%

Tablo 4.4'de benzetim çalışmalarının başlangıç değerleri verilmiş olup elde edilen sonuçlar Tablo 4.5-Tablo 4.8'de verilmiştir. Ayrıca benzetim sonuçlarının grafiksel gösterimleri Şekil 4.7-Şekil 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Benzetim algoritmaları için ortalama bekleme süresi

Trafik Modeli	Yolcu Sayısı	Ortalama Bekleme Süresi (OBS) (sn)				
		AA Alg. α = 40 [40, 41]	GAA Alg.	Dinamik Alg.	Bulanık 1 Alg.	Bulanık 2 Alg.
Giriş	50	20,41	17,38	17,74	17,82	17,55
	75	25,86	21,88	21,51	22,06	21,91
	100	29,92	25,26	24,72	25,28	25,34
	125	33,95	28,56	27,27	28,67	27,92
	150	41,34	33,03	30,08	31,90	30,48
	175	55,37	39,19	34,09	37,58	34,04
	200	77,37	49,65	38,60	43,76	39,16
Çıkış	50	27,19	24,69	23,80	24,11	24,13
	75	31,03	26,86	25,76	26,64	26,32
	100	34,65	29,74	28,31	29,26	29,14
	125	39,93	32,93	29,95	31,97	31,01
	150	45,02	36,43	32,81	35,14	33,44
	175	53,46	40,50	34,98	38,29	36,05
	200	67,85	47,40	38,26	42,57	39,39
Katlar Arası	50	26,20	23,52	23,83	24,14	24,49
	75	30,93	26,70	26,67	27,93	27,41
	100	36,25	30,47	29,40	31,28	30,47
	125	40,76	35,19	31,96	34,27	32,61
	150	45,88	39,87	34,70	38,13	35,23
	175	50,97	47,10	38,31	43,23	37,62
	200	59,20	62,05	44,62	49,38	42,15

Tablo 4.6. Benzetim algoritmaları için ortalama seyahat süresi

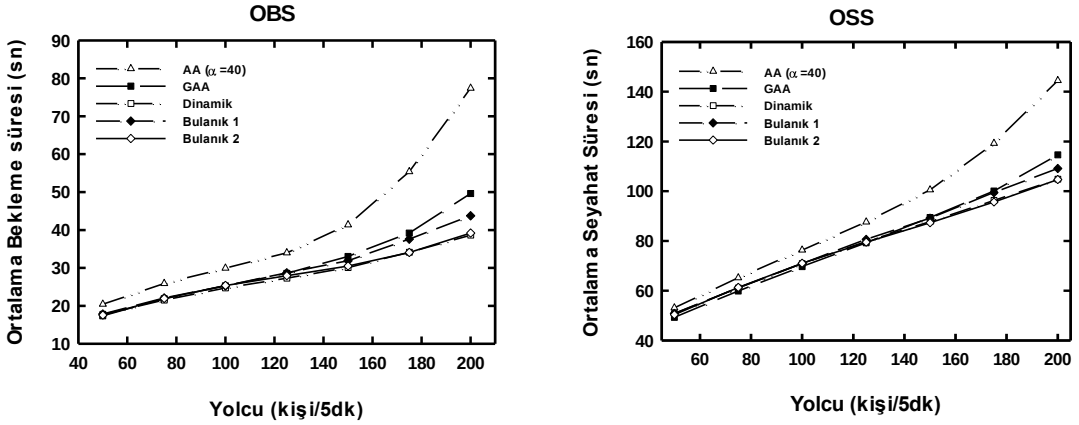
Trafik Modeli	Yolcu Sayısı	Ortalama Seyahat Süresi (OSS) (sn)				
		AA Alg. α = 40 [40, 41]	GAA Alg.	Dinamik Alg.	Bulanık 1 Alg.	Bulanık 2 Alg.
Giriş	50	53,08	49,31	50,79	50,82	50,36
	75	65,12	59,87	61,04	61,10	61,25
	100	76,30	69,69	70,87	70,86	71,00
	125	87,62	79,28	79,73	80,60	79,45
	150	100,46	89,39	87,70	89,13	87,31
	175	119,17	100,08	96,24	99,47	95,66
	200	144,45	114,59	104,81	109,12	104,66
Çıkış	50	62,84	58,22	59,56	59,44	59,37
	75	71,40	63,74	66,13	66,24	65,94
	100	80,65	71,34	73,74	73,74	73,81
	125	91,50	79,28	80,32	81,36	80,29
	150	102,29	87,77	87,83	89,31	87,76
	175	115,56	96,89	94,18	96,39	94,47
	200	133,61	108,08	100,92	104,25	101,13
Katlar Arası	50	58,62	54,48	56,45	56,32	56,69
	75	68,56	62,30	64,34	65,06	64,58
	100	79,52	71,54	72,33	73,43	72,91
	125	89,74	81,77	79,89	81,68	79,99
	150	99,76	91,59	87,21	90,31	87,26
	175	109,31	103,22	95,07	99,57	94,00
	200	121,28	121,81	104,87	109,19	101,85

Tablo 4.7. Benzetim algoritmaları için uzun bekleyenlerin yüzdesi

Trafik Modeli	Yolcu Sayısı	Uzun Bekleyenlerin Yüzdesi (UBY) (%)				
		AA Alg. α = 40 [40, 41]	GAA Alg.	Dinamik Alg.	Bulanık 1 Alg.	Bulanık 2 Alg.
Giriş	50	8,07	4,96	5,60	5,74	5,57
	75	11,03	7,73	7,57	8,34	8,02
	100	13,23	10,08	9,63	10,51	10,51
	125	15,60	13,29	11,67	13,25	12,40
	150	19,81	18,15	14,30	16,81	15,05
	175	25,16	23,97	18,49	22,82	18,53
	200	32,45	32,87	23,38	29,47	23,88
Çıkış	50	11,49	9,56	8,38	8,89	9,13
	75	14,10	11,26	9,74	11,26	10,75
	100	16,35	13,94	11,82	13,39	13,25
	125	19,88	17,07	13,26	15,94	14,88
	150	22,54	20,66	15,99	19,27	17,34
	175	25,97	24,75	18,16	22,25	19,67
	200	29,67	31,07	21,84	26,35	22,81
Katlar Arası	50	10,26	8,22	8,73	9,20	9,51
	75	13,08	10,55	10,54	12,23	11,82
	100	16,87	13,82	13,08	15,57	14,22
	125	19,99	19,59	15,44	18,44	16,29
	150	24,23	24,57	18,32	22,75	18,87
	175	27,09	31,66	22,06	27,82	21,45
	200	31,20	42,38	28,29	33,17	25,94

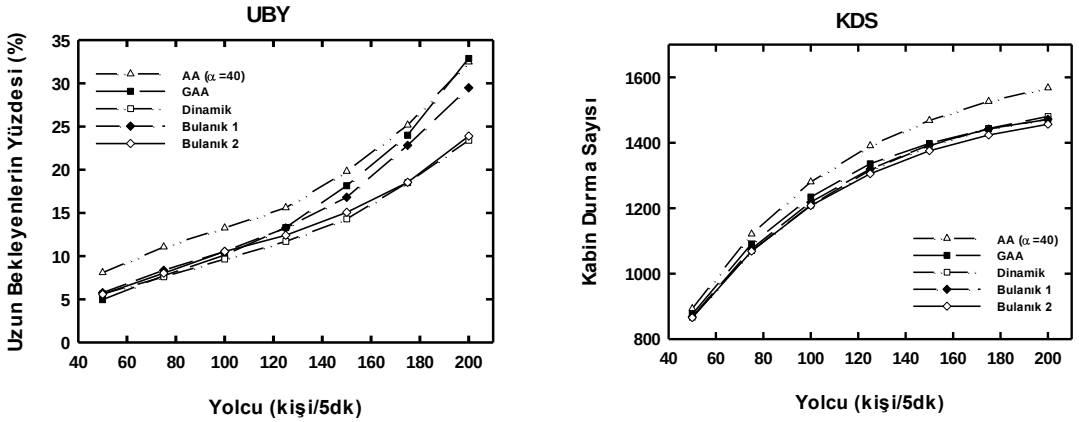
Tablo 4.8. Benzetim algoritmaları için kabin durma sayısı

Trafik Modeli	Yolcu Sayısı	Kabin Durma Sayısı (KDS)				
		AA Alg. α = 40 [40, 41]	GAA Alg.	Dinamik Alg.	Bulanık 1 Alg.	Bulanık 2 Alg.
Giriş	50	892,77	875,77	866,17	868,10	865,27
	75	1121,00	1090,83	1070,00	1075,63	1068,50
	100	1280,27	1234,23	1208,60	1218,37	1207,63
	125	1390,67	1335,57	1316,03	1319,27	1304,77
	150	1468,13	1397,80	1390,80	1393,17	1375,60
	175	1525,97	1442,40	1443,20	1441,97	1423,37
	200	1567,47	1471,37	1480,40	1471,50	1456,50
Çıkış	50	829,20	801,80	797,50	800,37	793,73
	75	1089,50	1023,10	1016,20	1017,73	1013,60
	100	1261,80	1165,87	1154,03	1163,00	1151,30
	125	1386,27	1266,47	1266,13	1267,20	1247,30
	150	1470,27	1331,07	1343,23	1337,27	1317,67
	175	1520,87	1381,37	1396,93	1387,30	1369,43
	200	1549,63	1408,77	1430,77	1414,37	1393,70
Katlar Arası	50	953,73	932,00	907,93	914,53	908,77
	75	1219,53	1174,30	1141,20	1147,70	1138,53
	100	1396,80	1325,70	1298,43	1303,87	1286,07
	125	1512,43	1423,83	1403,13	1409,03	1385,03
	150	1589,83	1485,73	1478,33	1473,10	1447,50
	175	1630,23	1520,90	1522,87	1509,47	1493,13
	200	1651,63	1532,33	1533,87	1529,93	1505,97



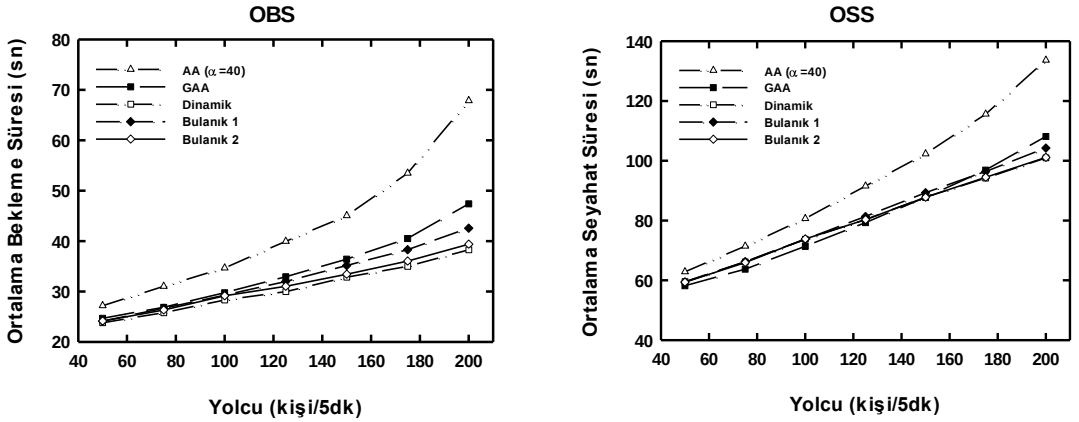
(a) (b)

Şekil 4.7. Benzetim algoritmalarının giriş yönlü trafik modeli için (a) ortalama bekleme süresi, (b) ortalama seyahat süresi.



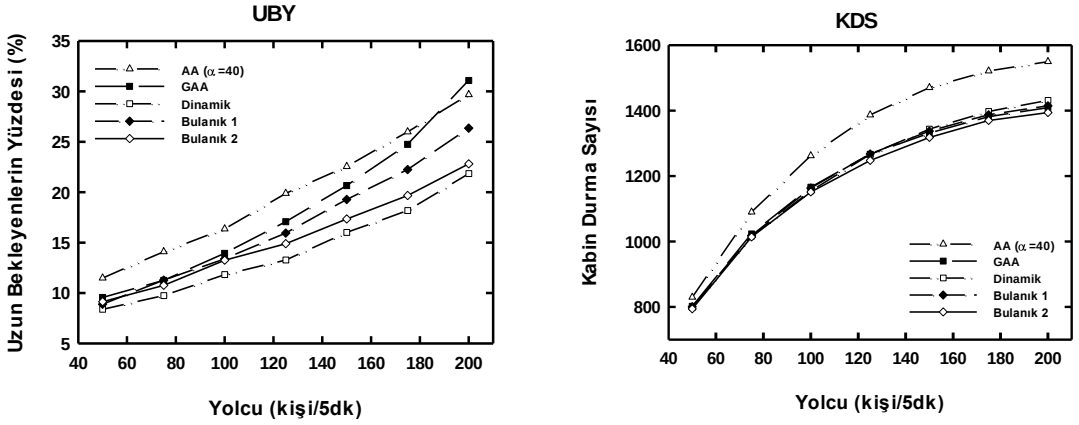
(a) (b)

Şekil 4.8. Benzetim algoritmalarının giriş yönlü trafik modeli için (a) uzun bekleyenlerin yüzdesi, (b) kabin durma sayısı.



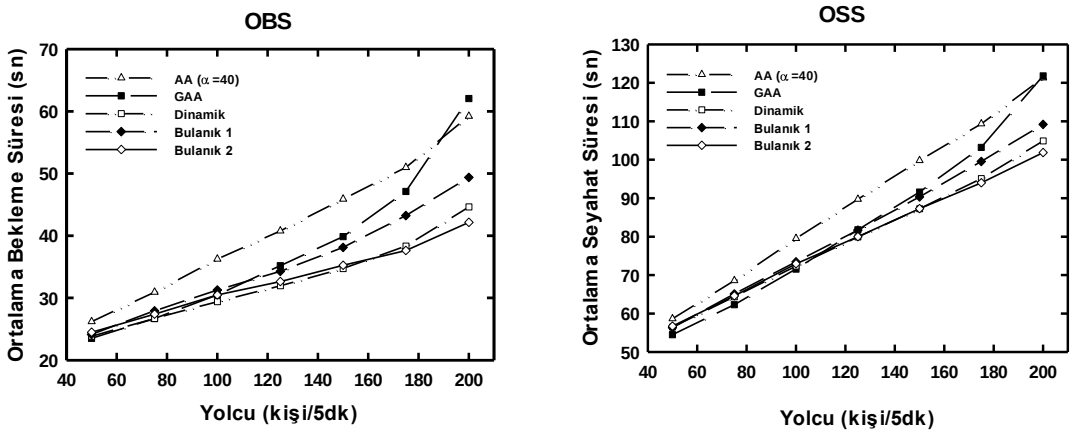
(a) (b)

Şekil 4.9. Benzetim algoritmalarının çıkış yönlü trafik modeli için (a) ortalama bekleme süresi, (b) ortalama seyahat süresi.



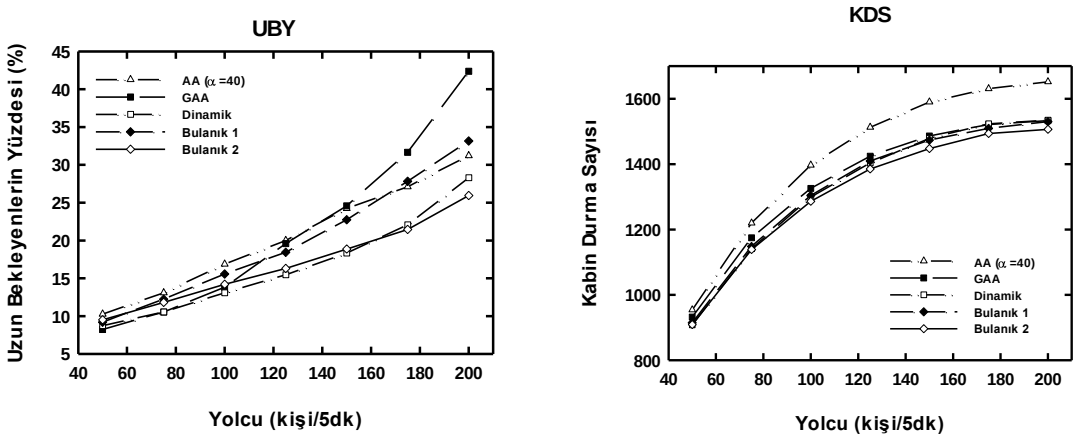
(a) (b)

Şekil 4.10. Benzetim algoritmalarının çıkış yönlü trafik modeli için (a) uzun bekleyenlerin yüzdesi, (b) kabin durma sayısı.



(a) (b)

Şekil 4.11. Benzetim algoritmalarının katlar arası trafik modeli için (a) ortalama bekleme süresi, (b) ortalama seyahat süresi.



(a) (b)

Şekil 4.12. Benzetim algoritmalarının katlar arası trafik modeli için (a) uzun bekleyenlerin yüzdesi, (b) kabin durma sayısı.

Benzetim sonuçları incelendiğinde bulanık 2 algoritmasına adapte edilen alan ağırlığı katsayısına benzer yapının etkinliğinin ön plana çıktığı gözlenmiştir. Örneğin, 200 yolcu için ortalama bekleme süresi, giriş yönlü trafik modelinde GAA algoritmasına göre % 21, dinamik algoritmaya göre % -1, ve bulanık 1 algoritmasına göre % 1 iyileşme elde edilmiştir. Bu değerler çıkış yönlü trafik modeli için sırasıyla % 17, % -2 ve % 7, katlar arası trafik modelinde ise sırasıyla % 32, % 5 ve % 15 olarak elde edilmiştir. Aynı yolcu sayısında ortalama seyahat süresi değerleri sırasıyla giriş yönlü trafik için % 8, % 01 ve % 4, çıkış yönlü trafik modeli için % 6, % -0,5 ve % 3 ve katlar arası trafik modeli için % 16, % 3 ve % 7 olarak elde edilmiştir. Yine aynı şartlarda uzun bekleyenlerin yüzdesi bakımından tablolar incelendiğinde sırasıyla giriş yönlü trafik modelinde % 27, % -2 ve % 19, çıkış yönlü trafik modelinde % 26, % -4 ve % 13 ve katlar arası trafik modelinde % 39, % 8 ve % 22 olarak elde edildiği görülmektedir. Önerilen algoritma GAA algoritması ve bulanık 1 algoritmasında daha iyi performans göstermiş, dinamik algoritmaya yakın hatta zaman zaman daha iyi performans sergilediği görülmektedir. Bulanık 2 algoritmasında kabin durma sayısı diğer (AA, GAA, dinamik ve bulanık 1) algoritmalardan daha iyi sonuçlar verdiği Şekil 4.8b, Şekil 4.10b ve Şekil 4.12b incelendiğinde görülmektedir.

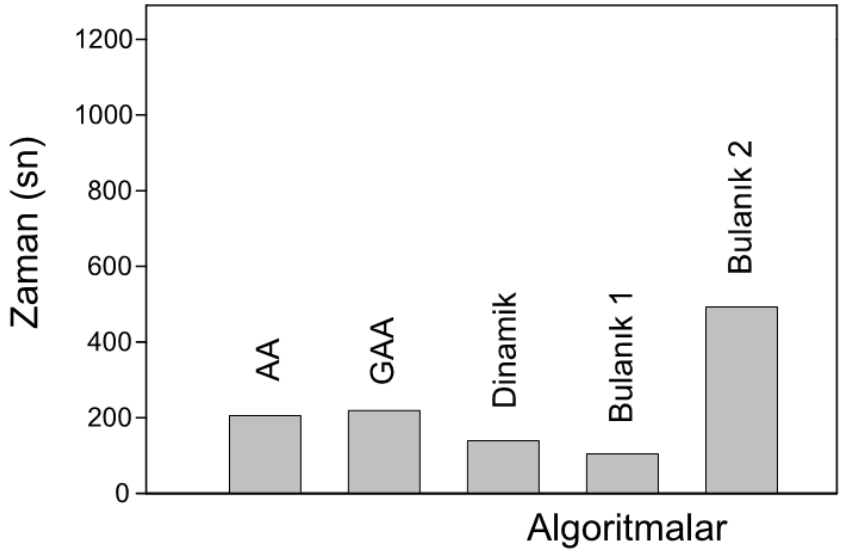
.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Grup asansör kontrol sistemleri bir binadaki yolcuları verimli bir şekilde taşımak için 3 veya daha fazla kabini yöneten sistemlerdir. Bu sistemlerinden istenen temel özellikler, yolcuların katta bekleme süresini ve bir kattan diğerine gidiş süresini azaltmak, her kata hizmet temin etmek ve taşıma kapasitesini mümkün olduğunca yüksek tutmak olarak sayılabilir. İnsanların katlarda bulunması ve asansörlerden hizmet talep etmelerinin ve talep zamanının da tesadüfî olması nedeniyle yukarıda sayılanların elde edilmesinde problemlerle karşılaşılır. Sonuç olarak bu kontrol algoritmaları insanların taleplerindeki değişmeyi takip etmesi gerekir.

Gerçek ortamında deneme yapmak yüksek maliyetli, tehlikeli ve çalışmaları engelleyici olduğundan tasarım çalışmalarını kolaylaştırmak için, benzetim metotları uygulanmaktadır. Bilgisayar sistemlerinin sağladığı kolaylıklar kullanılarak kesin mantık kurallarıyla tanımlanabilen bir fiziksel sistemin model programı elde edilebilmektedir. Asansör sistemlerinin performansını tahmin etmede kullanılabilecek en iyi yöntem benzetimdir ve bu yolla tüm istatistiksel etkenler hesaba katılmış olur.

Bu çalışmada önerilen algoritmaların, bir bilgisayar yardımıyla benzetim çalışmaları yapılmıştır. Benzetim sürelerini birbirleriyle kıyaslamak amacıyla her algoritma 200 yolcu ve giriş yönlü trafik modeli başlangıç şartları altında 1 saatlik benzetim süresinde çalıştırılmıştır. Elde edilen benzetim süreleri Şekil 5.1'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil incelendiğinde bulanık 2 algoritmasının benzetim süresinin uzun olduğu görülmektedir. Bu sürenin uzun olmasının uygun kabin atanmalarında gecikmelere sebep olabileceği öngörülmektedir. Bu yüzden algoritmaların gerçek sistemlere uyarlanması esnasında kullanılacak kontrol kartının hızı da dikkate alınmalı ve olası bir performans azalmasına neden olabilecek gecikmelerin giderilmesi yönünde çalışmalar yapılmalıdır.



Şekil 5.1. Algoritmaların benzetim süreleri

Bu proje çalışmasında, ilk olarak önerilen kontrol algoritmaların testi için MATLAB programlama dili kullanılarak bir asansör benzetim programı yazılmıştır. Alan ağırlık algoritmasındaki bir takım aksaklıklar giderilerek yeni bir algoritma önerilmiştir. Sistemin dinamik yapısından kaynaklanan ve kabinlerin görev listelerine eklenen yeni görevlerin bozucu etkisini ortadan kaldırmak için bu listelerini güncelleyen yeni bir algoritma önerilmiştir. Ayrıca, kontrol edilecek sistem, özellikle modelleme ve kontrol amacıyla kullanılan yapay zeka tekniklerinden bulanık mantık ile de modellenmiş ve benzetim çalışmaları yapılmıştır.

Bu çalışmada önemli kontrol problemlerinden biri olan grup asansör kontrolü için hızlı ve etkili sonuçlar veren farklı kontrol algoritmaları gerçeklenmiştir. Bu algoritmaların etkinliği farklı trafik modelleri ve yolcu sayıları için test edilmiş ve karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur. Elde edilen benzetim çalışmalarına ait sonuçlardan, sunulan yaklaşımlar kullanılarak grup asansör kontrolünün etkili biçimde gerçekleştirilebileceği ve sistem performansının önemli ölçüde arttırılabileceği görülmüştür.

GA kontrol sistemleri konusunda 1970'li yıllardan beri birçok kişi ve grup tarafından araştırma ve geliştirme yapılmıştır. Fakat yapılan bu çalışmalar, gerçek hayata uygulanabilirliği ve ticari bir değer taşıması, onu ya büyük asansör firmalarının desteklemesine ya da bu çalışmaları yapanların, bu firmaların Ar-Ge'lerinde istihdam edilmesine neden olmuştur. Bundan dolayı bu konuda elde edilebilecek bilgiler sınırlı olup konunun detayına ulaşmak neredeyse imkansızdır.

Bu projede, benzetimle ilgili çalışmaların sonuçları karşılaştırmalı olarak dördüncü bölümde verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, algoritma benzetim sonuçlarının amaçlar arasında belirtilen hedeflere tam olarak ulaştığını göstermektedir. Ancak, proje çalışmasının diğer amacı olan kontrol kartının donanımsal olarak gerçekleştirilmesi aşaması mümkün olmamıştır. Proje çalışması sırasında asansör sektörünün temsilcileri ile yapılan görüşmelerde, binalarda geleneksel kontrol sistemlerinin halihazırda yaygın olarak kullanılmaya devam edildiği, bu projede önerilen kontrol yöntemlerini mevcut asansör sistemlerine uygulamaya asansör sistem altyapılarının henüz hazır olmadığı, bunun da köklü değişiklikler gerektireceği sonucu ortaya çıkmıştır. Bu yüzden, projenin donanımsal gerçeklenmesinin zaman ve kaynak israfı olacağı değerlendirilerek çalışmanın bu haliyle sonlandırılmasının uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulguların, asansör sistemleri uygun altyapıya kavuştuğunda uygulamaya geçebilecek nitelikte olduğu kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Al-Sharif, R.L., Remote lift monitoring, M.Sc. Thesis, CSC, UMITS, 1990.
2. İmrak, C.E., Gerdemeli, İ., Asansörler ve Yürüyen Merdivenler, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
3. Barney G.C., Elevator Traffic Handbook Thoery and Practice, Spon Press, London, 2003.
4. Barney, G.C., Dos Santos, S.M., Elevator Traffic Analysis Design and Control, Peter Peregrinus Ltd., 1985.
5. Strakosch G.R., Vertical Transportation: Elevator and Escalators, John Wiley &Sons Inc., 1982.
6. Bolat, B., İmrak, C.E., Klasik Asansör Kontrol Sistemleri ve Optimum Trafik Kontrollu Sistemlerdeki Gelişmeler, Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi, 2003-3, 24-32, 2003.
7 İmrak C.E., Asansör Kontrol Sistemleri ve Trafik Analizi, 7.Uluslararası Makine Tasarımı ve İmalatı Kongresi, ODTÜ, Ankara, 351-361, Eylül 1996.
8 İmrak C.E., Asansör Sistemlerinin Trafik Analizi, Dizaynı ve Simülasyonu, Doktora Tezi, İTÜ, 1996.
9 İmrak C.E., Bolat B., Asansör Mühendisliği ve Eğitimi, IV.Ulusal Makina Mühendisliği ve Eğitimi Sempozyumu, İstanbul, 291-300, Kasım 2001.
10. Swindells, W., Software for the Computer Control of Lift Systems, M.Sc. Thesis, UMIST, 1975.
11. Barney G.C., User guide to PC_LSD Personel Computer Lift Simulation & Design Suite, 1989.
12. Alani, A.F.; Mehta, P., Stonham, J., Prowse, R., Performance Optimisation of Knowledge-based Elevator Group Supervisory Control System, Barney, G.C., ed. Elevator Technology 6, IAEE, 114-121, 1995.
13. Chenais, P., K. Weinberger., New Approach in the Development of Elevator Group Control Algorithms, Barney, G.C., ed. Elevator Technology 4, IAEE, 48-57, 1992.
14. Halpern, J.B., Statistical Analysis of Modern Elevator Dispatch Hall Call Response Times, Barney, G.C., ed. Elevator Technology 6, IAEE, 96-103, 1995.

15. Pang, G.K.H., Nandy , B., Intelligent Scheduling of a Group of Elevators, Proceedings of IEEE International Symposium on Intelligent Control, New York, 144-149, 1989.
16. Pang, G.K.H., Elevator Scheduling System Using Blackboard Architecture, IEE Proceedings D. Vol. 138, No. 4, 337-346, 1991.
17. Powell, B.A. Important Issues in Up-peak Traffic Handling, Barney, G.C., ed. Elevator Technology 4, IAEE, 207-218, 1992.
18. Prowse, R.W., Thomson, T., Howells, D., Design and Control of Lift Systems Using Expert Systems and Traffic Sensing, Barney, G.C., ed. Elevator Technology 4, IAEE, 219-226, 1992.
19. Kim, C.B., Seong, K.A., Lee-Kwang, H., Kim, J.O., Lim, Y.B., A Fuzzy Approach to Elevator Group Control System, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 25, No. 6, 985-990, 1995.
20. Lee, J.H., Lee-Kwang, H., Distributed and cooperative fuzzy controllers for traffic intersections group, IEEE Trans. On Systems Man & Cybernetics Part C-Appl. & Reviews, 29: (2), 263-271, 1999.
21. Umeda, Y., K. Uetani, Ujihara, H., Tsuji, S., Fuzzy Theory and Intelligent Options, Elevator World, July, 1989.
22. Ujihara, H., Tsuji, S., The Revolutionary AI-2100 Elevator Group Control System and the New Intelligent Option Series, Mitsubishi Electric Advance, 45, 5–8, 1988.
23. Amano, M., Yamazaki, M., Ikejima, H., The Latest Elevator Group Supervisory Control System, Barney, G.C., ed. Elevator Technology 6, IAEE, 88-95, 1995.
24. Igarashi, K., Take, S., Ishikawa, T., Supervisory Control for Elevator Group with Fuzzy Expert System, Proc. of The Int. Conf. on Industrial Technology, IEEE, 133 – 137, Dec. 1994.
25. M.M. Rashid, Nahrul a. Rashid, md.Ataurrahman, aliasfarouq, “Design and implementation of fuzzy based controller for modern elevator group”, IEEE symposium on industrial electronics and applications September 25–28, 2011
26. J. Fernandez, P. Cortes, J. Munuzuri and J. Guadix, “Dynamic fuzzy logic elevator group control system with relative waiting time consideration”, IEEE transactions on industrial electronics, Volume: 61, issue 9,08, 2013

27. Jianzhe tai and Cheng shao, Suying yang, “Dynamic partition of elevator group control system with destination floor guidance in up peak traffic”, China journal of computers, vol. 4, no. 1, 2009

28. Kaneko, M., Ishikawa, T., Sogawa, Y., Supervisory Control for Elevator Group by using Fuzzy Expert System, 23rd Int. Conf. on Industrial Electronics, Control and Instrumentation, IECON 97, 370-376, Nov. 1997.

29. Sogawa, Y., Ishikawa, T., Igarashi, K., Supervisory Control for Elevator Group by using Fuzzy Expert System which Addresses the Riding Time, 22nd Int. Conf. The Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, IEEE IECON 419–424, Aug. 1996.

30. Imasaki, N., Kiji, J., Endo, T., A Fuzzy Neural Network and its Application to Elevator Group Control, Fuzzy Engineering Toward Human Friendly Systems, Amsterdam, IOS Press, 1992.

31. Gudwin, R., Gomide, F., Netto, M.A., A Fuzzy Elevator Group Controller with Linear Context Adaptation, IEEE Int. Conf. on World Congress on Computational Intelligence, Anchorage, AK, USA, 481-486, 1998.

32. Ishikawa, T., Miyauchi, A., Kaneko, M., Supervisory Control for Elevator Group by Using Fuzzy Expert System which also Addresses Traveling Time, Int. Conf. on Industrial Technology, IEEE, 87-94, 2000.

33. Siikonen, M., Planning and Control Models for Elevators in High-Rise Buildings, Research Reports A68, October 1997.

34. Siikonen, M., Elevator Group Control with Artificial Intelligence, Technical Report A67, University of Technologies, Helsinki, 1997.

35. Lee Kwang, H., Kim, C.B., Techniques and Applications of Fuzzy Theory to an Elevator Group Control System, Fuzzy Theory Systems: Techniques Aapplications, Vol. 1, Academic Press, 1999.

36. Alander, J.T., Herajärvi, J., Moghadampour, G., Tyni, T., Ylinen, J., Genetic Algorithms in Elevator Allocation Problems, In Proceedings of ICANNCA '97, Third Int. Conf. on Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms, University of East Anglia, Norwich UK, 1-4 April 1997.

37. Peters, R.D., The Theory and Practice of General Analysis Lift Calculations, In Elevcon Proceedings, 197-206, 1992.

38. So, A., Liu, S., An Overall Review of Advanced Elevator Technologies. Elevator World, 96-103, June 1996.
39. Kim, C.B., Seong, K.A., Kwang, H.L., Kim, J.O., Design and Implementations of a Fuzzy Elevator Group Control System, IEEE Trans. on Systems Man and Cybernetics-Part A 28(3), 277–287, 1998.
40. Dagdelen, U., Bagis, A., Karaboga, D., Elevator Group Control by Using Talented Algorithm, Proc. of The 14th Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks, TAINN 2005, İzmir, 423–430, June 2005.
41. Dagdelen, U., Bagis, A., Karaboga, D., Geliştirilmiş Bir Algoritma Kullanılarak Asansör Grup Kontrolü, Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, BMYS'2005, Kocaeli, 16-18 Kasim 2005.
42. Hasan, Muhammad Z., et al. "Assessment and improvement of intelligent controllers for elevator energy efficiency." Electro/Information Technology (EIT), 2012 IEEE International Conference on. IEEE, 2012.
43. Chapman, J, Supervisory Panels from Passenger to Building Management, Elevator World, 57-61, March 1994.
44. Wu, Sheng, and Guifang Wu. "A novel elevator group control scheduling algorithm based on pseudo differential feedback." Automation and Logistics (ICAL), 2012 IEEE International Conference on. IEEE, 2012.
45. Kawano, S., Yuminaka, T., Kobayashi, N., Remote and Intelligent Diagnostic System for Elevators Incorporating Prevenive Maintenance, Elevator World, 66-71, May 1994.
46. Hitachi, Ltd., Japan, Elevator Group Control System. US patent, 4,448,286, 1984.
47. Klir, G.J., Clair, U.S., Yuan, B., Fuzzy Set Theory: Foundations and Applications, Prentice Hall.PTR., USA, 1997.
48. Zadeh, L.A., Fuzzy Logic, IEEE Computer, 21 (4), 83-93, 1988.
49. Lee, C.C., Fuzzy Logic ın Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I, IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 20, No. 2, 404-418, 1990.
50. Şen Z., Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri", Bilge Sanat Yapım Yayınevi, İstanbul, 2001.