

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR ASANSÖR SİMÜLATÖRÜ TASARIMI VE TRAFİK
TÜRÜNÜN VERİ MADENCİLİĞİYLE BELİRLENMESİ**

MUHAMMED FATİH ADAK

KOCAELİ 2012

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

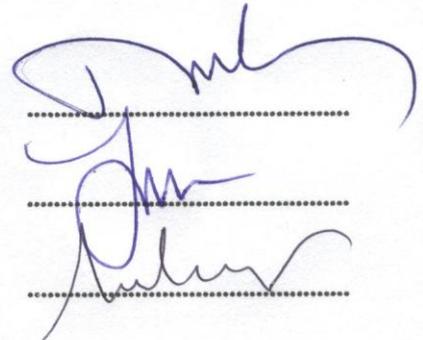
**BİR ASANSÖR SİMÜLATÖRÜ TASARIMI VE TRAFİK
TÜRÜNÜN VERİ MADENCİLİĞİYLE BELİRLENMESİ**

MUHAMMED FATİH ADAK

**Doç.Dr. Nevcihan DURU
Danışman, Kocaeli Üniv.**

**Doç.Dr. H. Tarık DURU
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.**

**Yrd.Doç.Dr. Nilüfer YURTAY
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv.**



Tezin Savunulduğu Tarih: 06.07.2012

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Simülasyonun her alanda yaygınlaşması ile tasarım ve yeniden dizayn maliyetleri düşmüş, sunulan hizmet kalitesi ise yükselmiştir. Binalardaki asansör trafiği için yapılacak simülasyon, hizmet kalitesini ve tüketilen enerjiyi ortaya çıkarıp sonuçlar üzerinde analiz yapılabilmesini kolaylaştıracaktır.

Simülasyon, simülatörler ve veri madenciliği konusunda bana çalışma fırsatı veren değerli danışmanım Doç. Dr. Nevcihan DURU hocama aynı zamanda asansörler ve enerji tüketimi konusunda bana yardımcı olan Doç. Dr. H. Tarık DURU hocama teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca tez süresince ve hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili eşim H. Büşra Adak'a ve aileme sonsuz minnet duygularımı sunarım.

Temmuz - 2012

Muhammed Fatih ADAK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ	vii
SİMGELEr DİZİNİ ve KISALTMALAR	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT	x
GİRİŞ	1
1. SİMÜLASYON VE GENEL YAPISI	8
1.1. Giriş	8
1.2. Simülasyon Yapısı.....	8
1.3. Ayrık Simülasyon.....	10
1.4. Dağılım Fonksiyonları.....	11
1.4.1. Uniform dağılım	12
1.4.2. Normal dağılım	13
1.4.3. Triangular dağılım	14
1.4.4. Erlang dağılım	15
1.4.5. Exponential dağılım	15
1.4.6. Beta dağılım	16
1.4.7. Gamma dağılım	17
1.4.8. Log-normal dağılım.....	18
1.4.9. Poisson dağılım	18
1.5. Simülasyon Girdileri	19
1.5.1. Simülasyonda rastgeleliğin etkisi.....	19
1.5.2. Gerçek sistemde girdilere bakılarak dağılım fonksiyonunun nasıl oluşturulduğu örneği	20
1.6. Simülasyon Çıktıları.....	21
1.6.1. Çıktıların analizine göre simülasyon çeşitleri	22
1.6.1.1. Sonlanmayan sistemler	22
1.6.1.2. Sonlanan sistemler	22
1.7. Simülasyon Uygulamaları	23
2. ASANSÖR VE GENEL YAPISI.....	24
2.1. Giriş	24
2.2. Asansörlerin Tarihçesi.....	24
2.3. Asansör Çeşitleri	26
2.3.1. Hidrolik asansörler	26
2.3.2. Elektrikli asansörler.....	28
2.3.2.1. Radüktörlü(dişli) makineye sahip asansörler.....	29
2.3.2.2. Dişlisiz makineye sahip asansörler	30
2.4. Asansör Mekaniği.....	30
2.4.1. Asansör boşluğu	30

2.4.2. Makine dairesi	31
2.4.3. Kılavuz raylar	32
2.4.4. Asansör halatları.....	32
2.4.5. Asansör kabini.....	32
2.4.6. Asansör kapıları.....	33
2.4.7. Asansörde güvenlik	33
2.4.8. Asansörün hareket etmesi ve durması	34
3. ENERJİ TÜKETİMİ VE ASANSÖRLER	35
3.1. Giriş.....	35
3.2. Asansörlerde Enerji Hesabı	36
3.2.1. Redüktörlü bir motorun enerji tüketiminin yaklaşık habı	38
3.2.2. Dişlisiz motorun enerji tüketiminin yaklaşık hesabı	39
3.3. Örnek Sistemin Analizi	39
4. TASARLANAN ASANSÖR SİMÜLATÖRÜ.....	44
4.1. Giriş.....	44
4.2. Simülatörün Genel Yapısı	45
4.2.1. Simülatörde seçenekler ekranı	45
4.2.2. Simülasyonda ilk bilgiler ekranı	48
4.2.3. Simülasyon ekranı	51
4.2.4. Simülasyon sonuçları ekranı	53
4.2.5. Sonuç karşılaştırma ekranı	54
4.3. Simülatörün Programlanması ve Nesne Yapısı.....	56
4.3.1. Eşya nesnesi	58
4.3.2. Kişi nesnesi	59
4.3.3. Asansör nesnesi	60
4.3.4. Asansör kontrol birimi nesnesi.....	63
4.3.5. Rapor nesnesi	66
4.3.6. Çağrı nesnesi	67
4.3.7. Veri ve enerji veri nesneleri	68
4.4. Simülatörde Zamanlama.....	68
4.4.1. Timer fonksiyonunun her çalıştığında yapılan işlemler.....	69
5. SİMÜLATÖR ÜZERİNDE YAPILAN ÖRNEKLER VE ANALİZLERİ	72
5.1. Giriş.....	72
5.2. Gerçek Bir Alışveriş Merkezinin Asansör Sisteminin Simülasyonu	72
5.2.1. Katalogdan elde edilen parametreler.....	74
5.2.2. Bu çalışmada eklenen parametreler.....	75
5.2.3. Alışveriş merkezi asansör simülasyonunun oluşan sonuçları	76
5.2.4. İkinci senaryoya göre oluşan sonuçlar	77
5.3. Literatürde Analiz Edilmiş Bir Asansör Sisteminin Simülasyonu	78
5.3.1. Makalede verilen parametreler	79
5.3.2. Bu çalışmada eklenen parametreler.....	79
5.3.3. Yapılan simülasyonun oluşan sonuçları.....	80
5.3.4. İkinci senaryoya göre oluşan sonuçlar	82
6. VERİ MADENCİLİĞİ İLE TRAFİK TÜRÜNÜN TAHMİNİ	85
6.1. Giriş.....	85
6.2. Veri Madenciliği.....	85
6.3. Kümeleme Algoritmaları.....	85
6.3.1. Mesafe Bazlı Kümeleme	86
6.3.2. Hiyerarşik Kümeleme	86

6.3.3. Bölümlemeye Dayalı Kümeleme	86
6.3.4. Olasılıksal Kümeleme	87
6.4. K-means ve K-means++ Kümeleme Algoritması	87
6.5. Simülatörün Ürettiği Veri Üzerine K-means++ Kümeleme Algoritmasının Uygulanması.....	88
6.6. Tasarlanan Program.....	91
6.6.1. Belirli bir süre çalıştırılan asansör örneği	93
6.6.2. Literatürden alınan okul örneği	93
6.6.3. Gerçek bir sistem üzerinde uygulama	94
6.6.4. Trafik türü bilinmeyen asansör örneği	95
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	97
KAYNAKLAR	100
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	103
ÖZGEÇMİŞ	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Sistemin sınıflandırılması	8
Şekil 1.2	Bir simülasyonun yapılış adımları	9
Şekil 1.3.	Genel olasılık yoğunluk fonksiyonu	12
Şekil 1.4.	Uniform dağılım fonksiyonu.....	13
Şekil 1.5.	Normal dağılım fonksiyonu	13
Şekil 1.6.	Triangular dağılım fonksiyonu	14
Şekil 1.7.	Erlang dağılım fonksiyonu.....	15
Şekil 1.8.	Exponential dağılım fonksiyonu	16
Şekil 1.9.	Beta dağılım fonksiyonu	17
Şekil 1.10.	Gamma dağılım fonksiyonu.....	17
Şekil 1.11.	Log-normal dağılım fonksiyonu	18
Şekil 1.12.	Poisson dağılım fonksiyonu	19
Şekil 1.13.	Toplanan veri sonucunda oluşan grafik	21
Şekil 1.14.	Çıktıların analizine göre simülasyon çeşitleri.....	22
Şekil 2.1.	Ortaçağda kullanılan bir asansör.....	25
Şekil 2.2.	Ortaçağda kullanılan bir asansör-2	25
Şekil 2.3.	Yüksekliğe göre tercih edilen asansör çeşitleri.....	26
Şekil 2.4.	Hidrolik asansörler.....	27
Şekil 2.5.	Karşıt ağırlığın bağlanma şekilleri.....	28
Şekil 2.6.	Redüktörlü makine.....	29
Şekil 2.7.	Dişlisiz makine.....	30
Şekil 2.8.	Asansör boşluğu.....	31
Şekil 2.9.	Makine dairesi.....	31
Şekil 2.10.	Asansör kabinleri	32
Şekil 2.11.	Asansör kapı çeşitleri.....	33
Şekil 3.1.	Örnek referans turunda harcanan enerji grafiği	40
Şekil 3.2.	Örnek çalışma süresince harcanan enerji grafiği	41
Şekil 3.3.	Örnek 2 çalışma süresince harcanan enerji grafiği	42
Şekil 3.4.	İki farklı senaryonun enerji tüketimi karşılaştırması	42
Şekil 4.1.	Simülatörün ana ekranı	45
Şekil 4.2.	Program seçenekleri, simülasyon ekranı.....	46
Şekil 4.3.	Program seçenekleri, simülasyon ayarları	47
Şekil 4.4.	Asansörün ilk girdileri	49
Şekil 4.5.	Simülasyon ekranı.....	51
Şekil 4.6.	Simülasyon ekranı asansörlerin durumları.....	53
Şekil 4.7.	Hizmet gören kişiler ve yapılan çağrılar	53
Şekil 4.8.	Sonuç karşılaştırma ekranında dosya seçme.....	54
Şekil 4.9.	Ortalama bekleme süresi yönünden örnek karşılaştırma	55
Şekil 4.10.	Çalışma süresince harcanan enerji yönünden örnek karşılaştırma	56
Şekil 4.11.	Tasarlanan sınıfların birbirleri ile olan ilişkisi.....	56
Şekil 4.12.	Genel akış diyagramı	57
Şekil 4.13.	Genel sınıf diyagramı.....	58
Şekil 4.14.	Eşya sınıfının diyagramı	58

Şekil 4.15.	Kişi sınıfının diyagramı	59
Şekil 4.16.	Kuyrukta bekleme süresinin hesaplandığı fonksiyon	59
Şekil 4.17.	Asansör sınıfının diyagramı	60
Şekil 4.18.	Asansörün yukarı hareket etme metodu.....	61
Şekil 4.19.	Asansörün harcadığı gücün ve enerjinin hesaplandığı metot	62
Şekil 4.20.	Asansörden yolcuları indirmek için kullanılan fonksiyon	63
Şekil 4.21.	Asansörün kontrol birimi sınıfının diyagramı	64
Şekil 4.22.	Asansör kontrol biriminin çalıştır fonksiyonu	65
Şekil 4.23.	Rapor sınıfının diyagramı	66
Şekil 4.24.	Çağrı sınıfının diyagramı	67
Şekil 4.25.	Veri ve enerji veri sınıflarının diyagramları	68
Şekil 4.26.	Sisteme yeni giren yolcunun bulunduğu katı üreten fonksiyon.....	70
Şekil 5.1.	Gelen yolcu verileri ile oluşturulan dağılım	74
Şekil 5.2.	Oluşturulan bekleme, transfer süre ve performans grafikleri	76
Şekil 5.3.	İki farklı senaryoda ortalama bekleme sürelerinin karşılaştırılması	77
Şekil 5.4.	İki farklı senaryoda çalışma süresince harcanan enerjinin karşılaştırılması	78
Şekil 5.5.	Simülâtörün oluşturduğu bekleme, transfer süre ve performans grafikleri	81
Şekil 5.6.	Simülâtörün ürettiği referans turunda harcanan güç ile makaleden alınan sonucun karşılaştırılması	82
Şekil 5.7.	Simülâtörün ürettiği referans turunda harcanan enerji ile makaleden alınan sonucun karşılaştırılması	82
Şekil 5.8.	Birinci ve ikinci senaryonun simülâtörde karşılaştırılması.....	83
Şekil 5.9.	Birinci ve ikinci senaryonun enerji yönünden simülâtörde karşılaştırılması	83
Şekil 6.1.	Veri madenciliği sonucunda oluşturulmuş bir dentogram	86
Şekil 6.2.	Simülâtörün ürettiği hizmet gören kişiler verisi	89
Şekil 6.3.	C-mean ile asansör trafiğinin kümelenmesi.....	89
Şekil 6.4.	Kümeleme sonucunda oluşabilecek durumlar	91
Şekil 6.5.	K-means++ kümeleme programı ana ekranı.....	92
Şekil 6.6.	K-means++ kümeleme programında oluşan örnek grafik	92
Şekil 6.7.	Belirli bir süre çalışan asansör örneği için kümeleme	93
Şekil 6.8.	Literatürdeki okul asansör örneği için kümeleme.....	94
Şekil 6.9.	Alışveriş merkezi örneği için kümeleme	95
Şekil 6.10.	Yolcuları elle girilen örnek için kümeleme	95

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Varlıkların simülasyon sürecindeki hareketi	11
Tablo 1.2. Dağılım fonksiyonunun oluşturulabilmesi için gerekli adımlar	20
Tablo 1.3. Gelen kişi sayısı	20
Tablo 1.4. Simülasyonun kullandığı alanlardan bazıları.....	23
Tablo 2.1. Hidrolik asansörlerin avantaj ve dezavantajları.....	27
Tablo 2.2. Avrupa’da kullanılan asansör çeşitlerinin bina tiplerine göre sayıları ...	29
Tablo 3.1. Bekleme ve seyir tüketimleri için enerji sınıfları.....	37
Tablo 4.1. Simülatörde kullanılan simülasyon hızı türleri.....	69
Tablo 5.1. Saat dilimlerine göre gözlemlenilen elde edilen trafik türleri ve yolcu sayıları	73
Tablo 5.2. Saat dilimlerinde eklenen trafik parametreleri.....	80
Tablo 6.1. K-means ile k-means++ algoritmasının karşılaştırılması	88

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

π	: Pi sayısı
σ	: Standart sapma
e	: Euler sayısı (2,718)
μ	: Ortalama değer
λ	: Rate değişkeni
k	: Shape değişkeni
α	: Alfa değişkeni
β	: Beta değişkeni
θ	: Teta değişkeni
m	: Kütle (kg)
g	: Yer çekim kuvveti
r	: Kasnak yarıçapı
\ddot{u}	: Dişli oranı
η_{dk}	: Dişli kutusu verimi
P	: Güç
w	: watt
wh	: watt hour
s	: Saniye
n	: Motor verimi
kwh	: Kilowatt hour
ms	: Milisaniye
$D(x)$: x noktasının merkeze en yakın uzaklığı
$m_{yük}$: Asansör kabinin ve içindeki yolcuların ağırlıkları toplamı
$E_{seyahat}$: Asansörün seyahat süresince tükettiği enerji
$E_{bekleme}$: Asansörün bekleme süresince tükettiği enerji
E_{reftur}	: Asansörün referans turunda tükettiği enerji
$t_{seyahat}$: Asansörün günlük seyahat süresi

Kısaltmalar

Ort. Bek. Süresi	: Ortalama bekleme süresi
Ort. Trans Süresi	: Ortalama transfer süresi

BİR ASANSÖR SİMÜLATÖRÜ TASARIMI VE TRAFİK TÜRÜNÜN VERİ MADENCİLİĞİYLE BELİRLENMESİ

ÖZET

Şehirlerdeki yapılaşmanın artması ve inşa edilen yüksek yapılar asansörlere olan ihtiyacı arttırmıştır. Bunun yanı sıra enerji kaynaklarının hızla tükendiği dünyamızda enerji tüketiminin kontrolü büyük önem kazanmaktadır. Binalara bakıldığında en çok enerji tüketen araçlar olarak asansörler karşımıza çıkmaktadır. Böyle bir durumda kapasiteler iyi seçilmeli, binanın trafik akışı kontrol edilip, gereksiz enerji tüketiminin önüne geçilmelidir. Bunu yapabilmek için iyi gözlem araçlarına ve enerji ölçen araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araçlar maliyetli araçlar olup analiz yapılabilecek verilere ulaşabilmek için çok uzun süre çalıştırılmaları gerekmektedir. Oysa az sayıda parametrenin simülasyona verilmesi ile çok detaylı analizler yapıp gerçeğe yakın sonuçlar elde edilebilmektedir. Fakat piyasadaki birçok asansör simülatörü daha çok hizmet kalitesine ağırlık vermiş olup harcanan enerjiyi üzerinde çok durmamışlardır. Bu çalışmada çok detaylı analizler yapabilen bir simülatör geliştirilmiş olup aldığı az sayıda parametre ile hem hizmet kalitesi hem de tüketilen enerji açısından, tatmin edici sonuçlar üretebilmektedir. Analiz açısından ortalama bekleme süresi, ortalama transfer süresi gibi hizmet kalitesinin belirlenebileceği değerlerin hesaplanmasının yanında; yapılan çağrılar, kişilerin asansöre bindikleri ve indikleri katlar gibi veriler oluşturulmuş, geliştirilen kümeleme programı ile trafik türü tahmini yapılmıştır. Asansörün referans turunda tükettiği enerji grafiği ve çalışma süresince harcadığı enerji grafiği simülatör yardımı ile oluşturulmaktadır. Geliştirilen simülatör üzerinde yapılan örnek çalışmalar sonucu var olan bir sistemin hizmet kalitesi ölçülebilmüş ve tüketilen enerji miktarı hesaplanabilmiştir. Farklı senaryolar ile aynı sistemin simülasyonu tekrar yapıp, simülatör yardımı ile karşılaştırma yapılabilmıştır. Kümeleme programı ile üretilen simülasyon sonuçlarından binanın trafik türü tahmini yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asansör simülatörü, Asansörlerde enerji tüketimi, Simülasyon, Simülatör tasarımı, Veri madenciliği

ELEVATOR SIMULATOR DESIGN AND DETERMINING ELEVATOR TRAFFIC TYPE WITH DATA MINING

ABSTRACT

The need for elevators have grown as the number of high buildings increased dramatically. On the other side, it has become vitally important to control the energy consumption rates since the energy resources are depleted severely. It is the elevators in buildings which consume the energy the most. Therefore, excessive energy consumption should be eliminated by choosing the elevator capacity precisely and controlling the traffic flow in the building. To achieve this goal, effective observational tools and energy measurement tools are necessary. However, these tools are fairly expensive and it needs long hours to gather data valuable enough for analysis. Whereas, simulation studies use a small set of parameters to make highly detailed analysis and achieve satisfactory results. Most of the elevator simulators present in the market, however, pay attention to service quality and do not consider the energy consumed. In this study, a simulator is designed which can perform highly detailed analysis, and can obtain results satisfactory both in service quality and energy consumed. The parameters like average waiting time and average travelling time, which indicate the service quality, are calculated for analysis, and also elevator calls, leaving and destination floor data are collected and traffic type is predicted by the means of the developed K-means++ Clustering Algorithm. The graphics for the energy consumed during the reference trip and the energy consumed throughout the lifting process are drawn by the help of the simulator. After the sample studies carried out using the simulator developed, the service quality for an existing system is measured and the energy consumed is calculated. The simulation of the same system is reperfomed for different scenarios and the results are compared with the actual data. Lastly, traffic type of the building is predicted using the simulation results obtained by K-means++ Clustering Algorithm.

Keywords: Elevator simulator, Energy consumption of the elevators, Simulation, Design of simulators, Data mining

GİRİŞ

Hızla artan yapılaşma ve yüksek binalar, binalardaki yoğun insan trafiği asansör ve yürüyen merdivenlere olan ihtiyacı arttırmıştır. Yürüyen merdivenler daha çok alışveriş merkezleri ve hava limanlarında kullanılırken en sık tercih edilen araç asansörler olmaktadır. Çok farklı asansör çeşidi olmakla birlikte Türkiye'de kullanılan asansör çeşitleri sınırlıdır. Bu çalışmada odaklanılan asansör çeşitleri elektrikli asansörler olup kapıları tam otomatik açılan asansörler ve motor çeşidi olarak redüktörlü ve dişlisiz makineye sahip asansörlerdir.

Asansör sayısı ve kapasitesi hizmet kalitesi açısından önemli iken, gün boyunca harcadığı enerji ise enerji tüketimi ve enerji tasarrufu açısından önemlidir. Yapılmış olan birçok çalışma ve yazılmış olan birçok makalede daha çok hizmet kalitesi üzerinde durulmuş harcanan enerji miktarı çok önemsenmemiştir. Oysa enerji kaynaklarının hızla azaldığı dünyamızda enerjinin olabildiğince verimli kullanılması gerekmektedir. Örneğin bir binada kullanılan asansör sayısının bir azaltılması hizmet kalitesini çok değiştirmiyor olabilir. Fakat asansör sayısının bir azaltılması demek enerji tüketiminin de belli oranda azaltılması anlamına gelir. Aynı şekilde asansör sayısının yeterli olup kapasitelerinin gereğinden fazla olması durumda gereksiz enerji tüketimi aynı oranda artacaktır. Asansörlerde enerji tüketimini etkileyen bir diğer önemli faktör ise asansörlerin boşta bekleme (stand by) süreleridir. Boşta bekleme süresi bir asansör durduktan sonra aydınlatmasının ve bağlı olduğu birimlerin enerji tüketmeye devam ettikleri süredir. Bazı sistemlerde boşta bekleme süresinde hiçbir şekilde enerji tüketimi kesilmezken bazılarında ise belli bir süre sonra sistem kendini kapatır. İşte bu boşta bekleme süreleri ve harcadıkları enerji, asansör sayısı arttıkça aynı oranda artmakta ve enerji tüketiminde önemli rol oynamaktadır.

Binalardaki enerji tüketiminin dağılımına bakıldığında 2005 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada içinde kliması bulunan bir asansörün binanın enerji tüketiminin %5'ine denk geldiği [1], 2010 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada ise bu değer %25'lere kadar yükselebildiği görülmektedir [2]. Enerji tüketiminin her geçen yıl daha da arttığı gerçekleştirilen çalışmalardan da anlaşılmaktadır. Bu yüzdeler değerler küçümsenmeyecek değerlerdir. Bundan dolayı bu çalışmada beklenen hizmet kalitesini sağlayıp binadaki enerji tüketiminin azaltılabilmesinin yolları araştırılmıştır. Bunun için yapılması gereken, binadaki asansör trafiğini analiz etmektir. Gözlem ve çeşitli araçlar ile elde edilen veriler ile yapılacak analiz sınırlı ve belli bir süreyi kapsayacağı için çok yeterli olmayacaktır. Bundan dolayı simülasyon ve simülatörler asansör sistemlerinin analizi açısından önem kazanmaktadır. Bir binanın sadece birkaç parametresi ve gelen trafik yoğunluğu tespit edilerek yapılacak olan simülasyon sonucu hizmet kalitesi ve tüketilen enerji miktarı açısından çok detaylı veriler elde edilebilecektir. Bu veriler yardımı ile binadaki enerji tüketimi ne düzeyde, hizmet kalitesi bekleneni sağlıyor mu, gibi soruların cevapları kolaylıkla verilebilir.

Bulanık mantık kapsamındaki çalışmada [3], üç ana değişken tanımlanmıştır ve bu değişkenlerin asansör sistemi için önemi vurgulanmıştır. Bu değişkenler ortalama bekleme süresi, kat trafiği ve güç tüketimidir. Bulanık mantık kullanılan trafik türlerine göre belirli katların önceliklerini düşürmektir [3]. Bu çalışmada yapılmak istenen, hizmet kalitesinden ödün vermeyerek enerji tüketimini düşürmeye çalışmaktır.

Simülatörler savunma sanayiinden mühendislik dallarına kadar birçok alanda kullanılmaktadırlar. Kullanım amaçları arasında inşa edilecek olan sistemin tehlike arz eden bir sistem olması ya da yüksek maliyetli bir sistem olması ya da var olan sistemler üzerinde iyileştirmeler yapabilmek bulunmaktadır. Düşük maliyette ve tamamen güvenli bir ortamda yapılan simülasyonlar sonucunda gerçek sistemler daha iyi ve daha doğru bir şekilde inşa edilebilir ve var olan sistemler üzerinde iyileştirmeler yapılabilir [4]. Asansör sistemlerinin analizine bakıldığında var olan binalarda gözlem yardımıyla trafik ve enerji tüketiminin analizinin zor oluşu aynı şekilde inşa halindeki bir binanın analizinin ise mümkün olmadığı ortadadır.

Bu durumda analiz için en kolay ve en düşük maliyetli yol simülasyondur. Özellikle inşa halindeki bir bina için asansör sayısının ve kapasitesinin en iyi belirlenebileceği yöntemlerden biri tahmini yolcu trafiği verileri ile asansör sisteminin simülasyonunun yapılmasıdır.

Her binada farklı türde asansör trafiği olabilir. Bu çalışmada da dahil edilmiş olan yukarı yoğun, aşağı yoğun, iki yönlü ve dengeli katlar arası trafik türleri birçok binanın asansör trafiğinin simülasyonunu yapmak için yeterli düzeydedir. Zaten [5]'teki çalışmada da bahsedildiği gibi en sık rastlanan trafik türü yukarı yoğun trafik türüdür ve yukarı yoğun trafik türü asansör trafiği açısından en kötü durumdur [5]. Dolayısıyla bunun dışında eklenen üç farklı trafik türü de analiz için yeterli görünmektedir. Yapılmış olan [5]'teki çalışmada asansör trafikleri analiz edilmiş olup, optimizasyon kısmı az da olsa dahil edilmiştir. Asansör son yolcusunu bıraktığı kattan sonra eğer giriş katında yolcu varsa giriş katına yönlendirilmektedir [5]. Bir başka çalışmada yine yukarı yoğun trafik türünün simülasyonu ve analizi yapılmış olup optimizasyon kısmında genetik algoritmalar kullanılarak iyileştirmeler yapılmıştır[6]. Ama ilgilenilen trafik türü yine yukarı yoğun trafik türüdür.

Herhangi bir modelin simülasyonunun analizinde, iki yöntemden biri kullanılmaktadır. Bunlar, Ayrık Olay Simülasyonu (Discrete Event Simulation) veya Sürekli Simülasyondur (Continuous Simulation). Ayrık olay simülasyonu, ayrık zamanlarda ayrık adımlar yardımıyla değişen değişkenlere sahip problemlere uygundur. Diğer taraftan Sürekli simülasyonun kullanımı, değişkenlerin süreç içinde devamlı değiştiği sistemlerde, uygundur [7]. Bu çalışmada asansör sisteminin simülasyonu gerçekleştirildiği ve asansör sisteminde asansörlerin çalışması, gelen yolculara bağlı olduğu için aynı şekilde transfer ve bekleme sürelerinin de yolcuların ineceği katlara ve asansörlerin uygunluğuna bağlı olduğu için kullanılan simülasyon çeşidi Ayrık Olay Simülasyonudur. Asansör sisteminin simülasyonu aslında bir kuyruk probleminin simülasyonudur. Karmaşık kuyruk sistemlerinde gelen sonuçlar için Ayrık olay simülasyonu kullanılan başlıca araçtır. Kuyruk sistemlerinin analizinde, sürekli simülasyonunun kullanımı çok ender rastlanan bir durumdur [7]. Bundan dolayı bu çalışmada da Ayrık Olay Simülasyonu kullanılmıştır.

Bir sistemin simülasyonunu yapabilmek için iyi bir simülatöre ihtiyaç vardır. Asansörler için geliştirilmiş simülatör bulunmaktadır fakat bu simülatörler ya çok yüzeysel analizler yapmakta ya da sadece hizmet kalitesine yoğunlaşmaktadırlar. Oysa ki enerji kaynaklarının sınırlı ve hızla tükenmekte olduğu bir dönemde enerjinin göz ardı edilmesi söz konusu olmamalıdır. Örneğin bir çalışmada var olan asansör sistemi üzerine geliştirilen kontrol mekanizmasının ilk amacı enerji tüketimini azaltabilmektir [8]. Aynı şekilde bu çalışmanın da amacı olan enerji tüketiminin ortaya çıkarılması konusu yapılan birçok çalışmada çok önemsenmemiştir. Örneğin S. Karg'ın yapmış olduğu asansör simülatöründe çok detaylı analizler yapılmamış ve enerjinin analizine hiç girilmemiştir [9]. Bir diğer örnekte R. D. Peters'in yaptığı simülasyonda çok detaylı analizler yapılmış fakat enerji üzerindeki analizleri yok denecek kadar yüzeysel kalmıştır [10]. Bir diğer çalışmada bir hastanenin asansör simülatörü tasarlanmış, çok detaylı analizler ve hesaplamalar yapılmış fakat yine enerjinin üzerinde durulmamıştır [11]. Binalardaki asansörlerin tükettiği enerjinin ortaya çıkarılması için yapılmış olan bir çalışmada ise, genetik algoritmalar kullanılarak bir model tanımlanmış ve asansörlerin grup olarak tükettiği toplam enerji hesaplanmaya çalışılmıştır [12]. [12]'de yapılan bu çalışmada farklı bina türleri için farklı asansör trafik türleri düşünülmemiş, gelen yolcu yoğunluğunun gün içinde değişkenlik gösterebileceği dikkate alınmamıştır. Görüldüğü üzere yapılan birçok çalışmada enerji göz ardı edilmiş ya da kısıtlı analiz yapılmıştır.

Bu çalışmada geliştirilen simülatör, Microsoft Visual Studio C# 4.0 kullanılarak yazılmış ve kullanıcının rahat veri girmesi, sonuçları kolay analiz edebilmesi için Windows uygulaması olarak geliştirilmiştir. Tasarlanmış olan simülatör girdi olarak bina verileri, trafik verileri, asansör verileri ve simülasyon verileri almakta ve tüm simülasyonu bu verilere göre çalıştırmaktadır. Simülatöre trafik verisini girdi olarak verebilmek için binadaki yolcu trafiğinin ya gözlem yapılarak ya da farklı yöntemlerle incelenmiş olması gerekir. Örneğin farklı bir yöntemin kullanıldığı [13]'teki çalışmada katlarda bekleyen yolcu sayısı, katlara konulan kamera yardımı ile resim işleme algoritmaları uygulanarak, baş ve omuz belirleme yöntemi ile bulunmuştur [13]. Bu çalışmada simülatör sonuçlarını analiz edebilmek amacıyla gerçek bir alışveriş merkezinde yolcu sayısı gözlem yapılarak belirlenmiştir.

Simülâtör çıktı olarak ortalama transfer ve bekleme sürelerini, yapılan çağrıları ve detaylarını, hizmet gören kişileri ve detaylarını, çıktılarının zamana göre grafiklerini her bir asansör için ayrı bir şekilde güç ve enerji verilerini ve grafiklerini oluşturmaktadır. Geliştirilmiş olan simülâtörde sonuçlar kaydedilebilir ve karşılaştırılabilir bir yapıya sahiptir. Karşılaştırmalar grafiksel ekranlar ile desteklenmiş olup kullanıcının anlayabileceği biçimde sunulmuştur.

Ayrıca gerçekleştirilen simülâtör çıktı olarak hizmet gören kişilerin bindikleri ve indikleri katları ve asansöre biniş zamanlarını veri tablosu şeklinde vermektedir. Hizmet gören kişiler üzerinde yapılmış olan [14]'teki çalışma, bir kümeleme çalışması olup birinci katta asansöre binen ve inen yolcular 5 dakikalık zaman diliminde sayılmış ve oluşan noktalar c-mean kümeleme algoritması yardımıyla kümelere ayrılmış ve küme merkezlerine bakılarak trafik türünün tahmini yapılmaya çalışılmıştır [14]. Trafik türünün ne olduğunu bilmenin önemi asansör gruplarında asansörlerin hareketlerini kontrol etme algoritmalarında çok önemli olduğu bilinmektedir [15]. Bundan dolayı bu çalışmada geliştirilmiş olan kümeleme programında simülâtörün ürettiği hizmet gören kişiler verisi alınarak üzerinde k-means++ algoritması kullanılıp kümelere ayrılmıştır. Yöntem olarak, [14]'teki çalışmaya benzer olarak birinci kattaki asansöre binen ve inen yolcular 5 dakikalık dilim süresince sayılmış ve kümeler oluşturulmuştur. Fakat kullanılan yöntem bulanık mantık yardımı ile değil de veri madenciliğinde kullanılan kümeleme algoritması olan k-means++ algoritması kullanılmıştır. Bu kümeleme programının oluşturduğu grafik üzerinde trafik türü tahmini yapılmış ve simülâtörde parametre olarak girilen trafik türü karşılaştırılıp simülâtörün ürettiği sonuçların doğruluğu sınanmıştır.

Bu tez yukarıda incelenen çalışmaların ışığında 7 bölüm şeklinde organize edilmiştir. Bölüm 1'de simülasyonun ne olduğundan, genel yapısından, sürekli ve ayrık simülasyonun ne olduklarından bahsedilmiştir. Dağılım fonksiyonlarının ne olduğu ve en sık kullanılan dağılım fonksiyonları detaylıca incelenmiştir. Dağılım fonksiyonlarının simülasyonlar için önemi vurgulanmıştır. Simülasyonun girdi ve çıktıklarına değinilmiş, sonlanan ve sonlanmayan sistemlerin ne oldukları örneklerle açıklanmıştır.

Bölüm 2’de asansörlerin kısa tarihçesinden ve günümüze kadar geçirdikleri gelişim evrelerinden bahsedilmiş, ne tür asansör çeşitlerinin olduğu ve asansör bileşenleri açıklanmıştır. Asansörlerin çalışma yapısının nasıl olduğu incelenmiştir.

Bölüm 3’te, asansörler enerji yönünden ele alınmış, Dişli kutusuna sahip ve sahip olmayan makinelerin enerji tüketimlerindeki farklılıklar incelenmiştir. Bir asansörde adım adım nasıl enerji tüketiminin gerçekleştiği gösterilmiştir. Bir örnek üzerinde enerji analizi yapılmış ve simülatörün ürettiği grafiklerden faydalanılıp karşılaştırma yapılmıştır.

Bölüm 4’te, geliştirilen asansör simülatörü detaylı bir şekilde anlatılmış hesaplamalarda kullanılan önemli algoritmalara değinilmiştir. Geliştirilen simülatörün ara yüzü detaylı bir şekilde incelenmiş, parametre girilme çeşitleri, simülasyon ekranının görselliği, hangi denklemlerden yararlanılıp hesaplamaların yapıldığı irdelenmiştir. Simülatörün ne tür sonuçlar üretebildiği incelenmiş, üretilen sonuçların karşılaştırılabilmesi özelliğine vurgu yapılmıştır. Simülatörde kullanılan nesne yapısı ayrıntılı bir şekilde incelenmiş nesnelerin birbirleri ile haberleşmesinin nasıl olduğu anlatılmıştır. Simülatörde zamanlamanın nasıl gerçekleştirildiği ve simülatörün hızının nasıl ayarlanabildiğinden bahsedilmiştir.

Bölüm 5’te, geliştirilen simülatörde örneklerin nasıl uygulanabileceği ve alınan sonuçların ne anlam ifade ettikleri vurgulanmıştır. Üretilen sonuçların doğruluğunun analiz edilebilmesi için gerçek hayattan örnekler alınmış ve gerçek binalarda gözlem yapılarak bilgiler toplanmıştır. Aynı zamanda literatürde yapılmış çalışmalardan da örnekler seçilmiş olup simülatörün ürettiği sonuçların analizi birkaç farklı yoldan yapılmıştır.

Bölüm 6’da, geliştirilmiş olan simülatörün sonuçlarını kullanabilen farklı bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım kümeleme algoritmasını kullanarak trafik türünün tahminini yapmaktır. Bu bölümde kısaca veri madenciliğinden bahsedilmiş, kümeleme algoritmaları incelenmiş ve kullanılan k-means++ algoritması detaylıca anlatılmıştır. Bölüm 5’te incelenmiş örneklerin sonuçları bu bölümde kümeleme programına girdi olarak verilmiş ve trafik tahminleri yapılmıştır. Yapılan trafik tahminleri ile simülatörde girilmiş olan trafik türü karşılaştırılmış ve simülatörün doğru sonuç üretebildiği ispatlanmaya çalışılmıştır.

Bölüm 7’de bu çalışmanın sonuçlarından bahsedilmiş, her iki tasarlanmış olan programın bilime ve gerçek hayat uygulamalarına ne gibi katkılarının olabileceği vurgulanmıştır. İleride yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiş ve bu alanda yapılacak çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

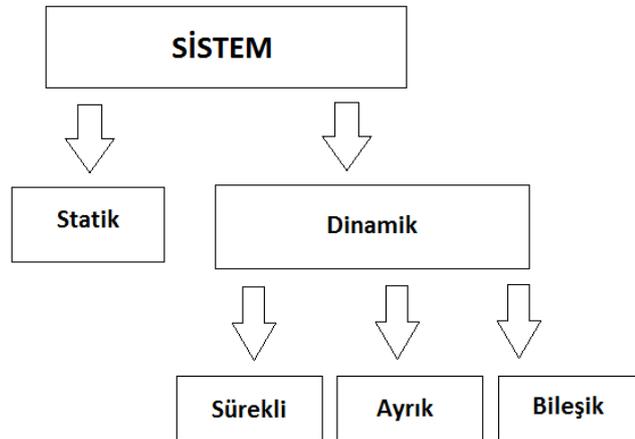
1. SİMÜLASYON VE GENEL YAPISI

1.1. Giriş

Bir simülatörü tasarlamadan önce simülasyonun ne olduğunu, ne tür girdiler alıp nasıl işler yaptığını ve ne tür çıktılar üretebileceğini analiz etmek gerekir. Bir simülasyon hangi kurallara göre çalışır? Dağılım fonksiyonları ve fonksiyon parametreleri nasıl seçilmelidir?

1.2. Simülasyonun Yapısı

Simülasyon, modellerin dinamik davranışlarını örnekleyen teknikler bütünüdür. Uygulaması bazı araçlar, cihazlar ve yazılımlar vasıtası ile yapılır. Bir olayın simülasyonun yapılabilmesi için bu olayın bir sistem olması ve bu sisteme bağlı modeller olması gerekir. Bu modeller birbirleri ile ilişki içinde bulunmalıdırlar. Bu ilişki her modelin aslında kendi içinde de bir sistem olduğunu gösterir [4].

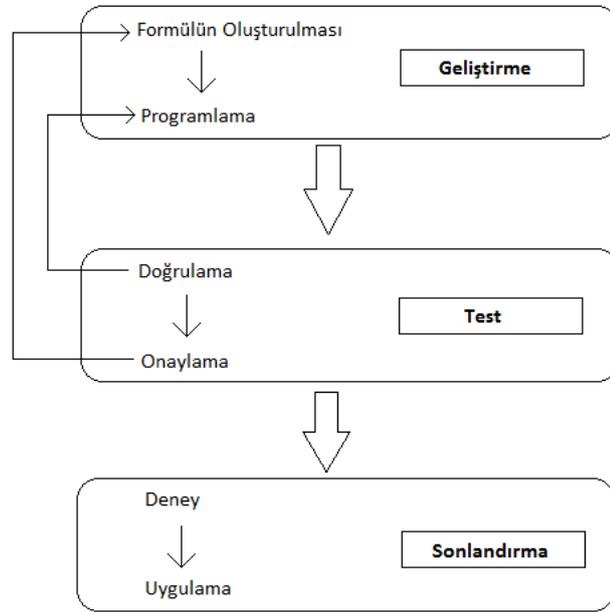


Şekil 1.1. Sistemin sınıflandırılması [16]

Şekil 1.1’de görüldüğü üzere bir sistem ya dinamik ya da statiktir. Statik sistem durumu sürekli aynı kalan sistemdir, dinamik sistemin durumu zamana bağlı olarak sürekli değişir. Dinamik sistem üçe ayrılmaktadır.

Sürekli sistemler, değişkenlerin sürekli bir değişim içinde olduğu; ayrık sistemler değişimin sürekli olmadığı sistemlerdir. Örnek olarak sıcak bir nesnenin ısını kaybetmesi sürekli sistem iken, bu çalışmanın konusu olan asansör sistemi ayrık sistemdir. Asansörü bekleyen yolcular sistemin durumunu ifade ediyorlar ise bu sistemdeki bekleyen yolcu sayısı farklı miktarlarda değiştiği için yani sürekli belli oranda artma veya belli oranda azalma olmadığı için ayrık sistemdir. Burada sistemin durumu yolcuların gelme oranından etkilenmektedir. Bileşik sistemler ise içerisinde hem süreklilik hem de ayrık durumları barındıran sistemlerdir. Gelen dalgalarla suyun yükselmesi olayında suyun yükselmesi sürekli sisteme, dalgaların belli aralıklarla gelmesi ayrık sisteme örnektir.

Simülasyonda neredeyse tüm işlemler modeller üzerinde yapılmaktadır. Model bir nesnenin ifade edilmiş biçimidir. Bir model fiziksel ya da soyut olabilir. Fiziksel modeller elle tutulabilen, hissedilebilen modeller iken soyut modeller yazılımsal modeller olarak düşünülebilir [4]. Bu çalışmada simülatör geliştirildiği için ve yazılımsal olarak simülasyon gerçekleştirildiği için kullanılan modeller soyut modellerdir.



Şekil 1.2. Bir simülasyonun yapılaş adımları [4]

Şekil 1.2’de bir simülasyonun modeller açısından oluşma adımları görülmektedir. İlk adımda Simülasyonun formülü oluşturulmalıdır. Simülasyonda yapılan tüm hesaplamalar çıkarılan hipotezler formül olarak kabul edilir.

Bu çalışmadaki asansör sistemi düşünüldüğünde yolcuların sisteme geliş fonksiyonları aslında oluşturulmaya çalışılmış formüllerdir. Aynı şekilde ortalama transfer süresi, ortalama bekleme süresi, bir kattan hareket eden asansörün kaç saniye sonra bir başka katta duracağı hepsi formül olarak ifade edilebilirler. Çıkarılan bu formüller bilgisayarın anlayabileceği programlama terimlerine dönüştürülmelidirler. Test adımına gelindiğinde simülasyon bilgisayarda çalışmaya başlamıştır. Bu adımda kontrol edilecek olan simülasyonun farklı durumlara karşı verdiği tepkilerdir. Doğrulama aşamasında gerçek sistem ile yakın sonuçlar üretip üretmediği çok önemli değildir. Önemli olan tasarımın hatasız çalışmasıdır. Onaylama aşamasında ise tasarlanan simülasyonun gerçek sistem ile yakın sonuçlar üretip üretmediği kontrol edilir. Bu, simülasyonun en zor adımıdır. Bu adımda tespit edilecek hatalar simülasyon sürecinin tekrar baştan başlamasına ve formüllerin değiştirilmesine sebep olabilir. Bu zor adım atıldıktan sonra deney aşamasında gerçek sisteme yakın sonuçlar ürettiği çok fazla deney yapıp doğrulanmalıdır. Yapılan deneylerde her seferinde belli parametreler değiştirilip tekrar sonuçlar analiz edilmelidir. Yapılan detaylı analizler sonucu gerçek hayatta uygulama safhasına geçilebilir. Bu kısımda unutulmaması gereken konu, analizler ne kadar detaylı olursa olsun ne kadar çok gerçeğe yakın sonuçlar üretilebilmiş olsun, gerçek hayatta uygulama kısmında istenmeyen sonuçların çıkabileceğinin mümkün olduğudur. Özellikle hayati önem taşıyan sistemlerin simülasyonu yapılmış ise uygulama kısmında çok dikkatli olunmalıdır.

1.3. Ayrık Simülasyon

Ayrık sistemler üzerinde yapılan simülasyona ayrık simülasyon denir. Hemen hemen tüm kuyruk problemleri ayrık simülasyon ile gerçekleştirilebilmektedir. Ayrık simülasyon ya varlık tabanlı ya da olay tabanlıdır. Bu çalışmada asansör simülatörü olaylara göre çalışmaktadır. Asansörün hareket etmesi için çağrı olayının olması gerekir aynı şekilde bir yolcunun asansörden inebilmesi için kapı açılıp kapanma olayının olması gerekecektir. Dolayısıyla kullanılan model olay tabanlı modeldir. Aynı tasarım yolcular üzerine kurulu olsaydı bu durumda varlık tabanlı model yapılmış olacaktı.

Tablo 1.1. Varlıkların simülasyon sürecindeki hareketi

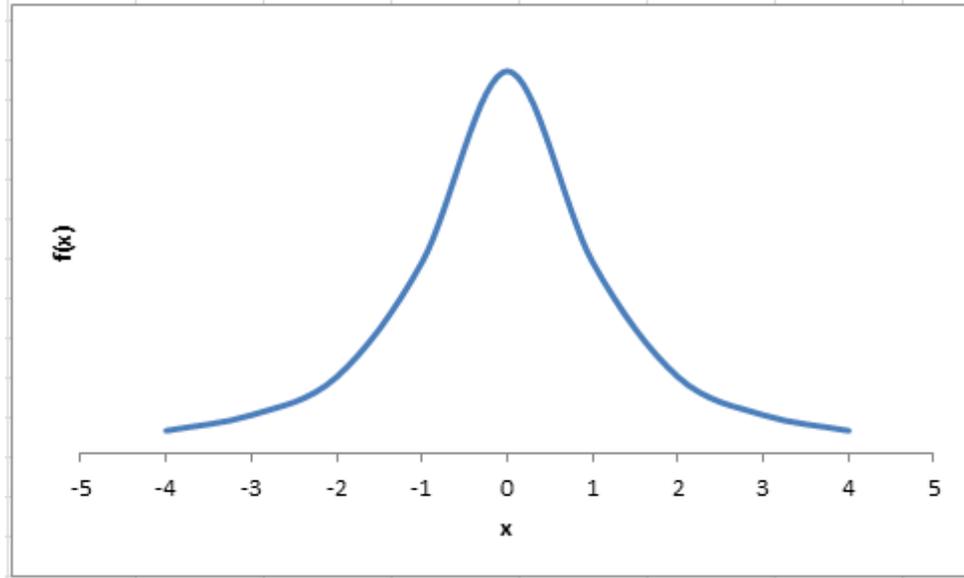
Adım	Süreç
1	Simülasyonda varlığın oluşturulması
2	Varlığın kaynak talep etmesi
3	Varlığın sistemde hareketi
4	Varlığın sonlandırılması

Tablo 1.1’de simülasyonda bir varlığın geçtiği süreçler belirtilmiştir. Temel olarak dört adımda süreç sonlanmaktadır. Simülasyonda bir varlığın oluşturulabilmesi için ilk varlığın oluşturulma süresi ve varlıkların oluşturulmaları arasında geçen süre bilinmelidir. Oluşturulma zamanı geldiğinde varlık oluşturulup sisteme gönderilir. Oluşturulma sırasında, bir varlık oluşturulur gibi bir şart bulunmamaktadır. Gerekirse birden çok varlıkta aynı anda oluşabilmelidir. Bu çalışmada geliştirilen simülatör tasarımında bu göz önünde bulundurulmuş oluşturulma süresi ve oluşturulma sayısı kullanıcıdan girdi alınarak gerçekleştirilmiştir. Varlık oluşturulup sisteme girdikten sonra simülasyonun yapılış amacına göre varlık kaynak talep edecektir. Bu kaynak bir banka simülasyonunda müşteri temsilcisine ulaşmak olabileceği gibi, bu çalışmada ise asansöre binmek olacaktır. Kaynak her talep edildiğinde uygun olmayabilir bu durumda varlık kaynak uygun oluncaya kadar sistemde beklemelidir. Eğer beklediği süre zarfında aynı kaynağı talep eden başka varlıklar sisteme giriş yaparsa kuyruk denilen yapı oluşacaktır. Bir varlığın kaynak ile işi bittikten sonra başka kaynak kullanmayacaksa sistemden çıkışı sağlanır bu durumun adı varlığın sonlandırılmasıdır. Varlığın oluşturulup kaynağı kullanıp daha sonra sonlandırılma durumu o kaynağın sistemde yapmış olduğu hareketleri gösterir.

1.4. Dağılım Fonksiyonları

Varlıklar belli bir dağılım fonksiyonuna göre oluşturulmalıdırlar. Dağılım fonksiyonunun seçilebilmesi için gerçek sistem analiz edilmeli ve sisteme giren varlıkların sayısı ve süre aralıkları hakkında bilgi toplanmalıdır. Bilgiler toplandığında süre aralıkları ve sayılarda bir sabit değer olmadığı aksine rastgelelik ve değişkenliğin olduğu görülecektir. Bu durumda istatistik ve olasılık konuları varlıkların oluşturulması için geçecek sürenin hesaplanmasında önem kazanmaktadır.

Bir x olayının herhangi bir durumda olma olasılığı genel olasılık yoğunluk fonksiyonu ile Şekil 1.3'te gösterilmiştir. x 'e karşılık gelen değer Denklem 1.1 ile hesaplanmaktadır.



Şekil 1.3. Genel olasılık yoğunluk fonksiyonu [4]

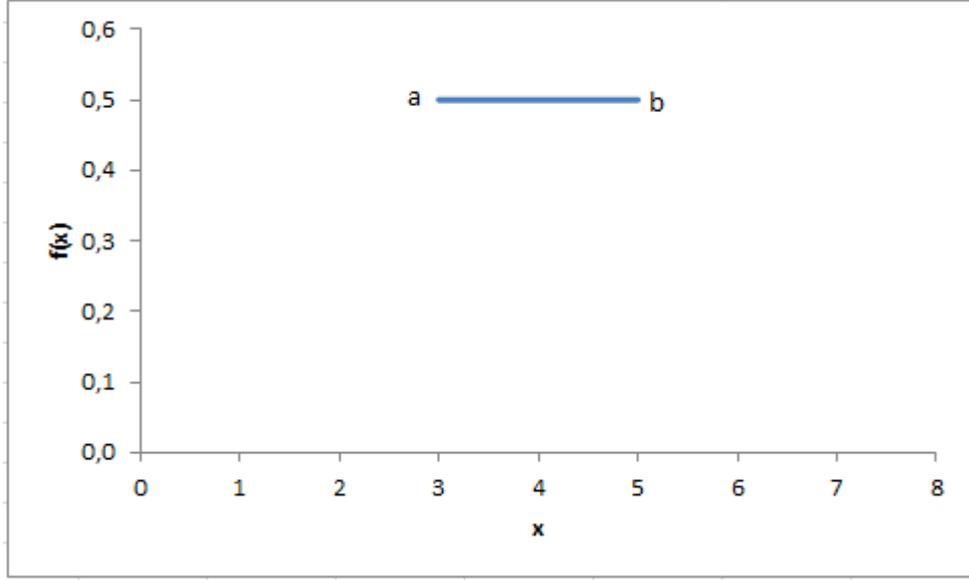
$$f(x) = \frac{1}{\pi(x^2+1)} \quad (1.1)$$

Simülasyon yapmak için varlıkların geldiği oranların bilgisi toplandığında görülecektir ki genel olasılık yoğunluk fonksiyonu ayrık simülasyonu gerçekleştirebilmek için uygun değildir [4]. Oranların daha iyi ifade edilebildiği daha fazla özelleştirilebilen dağılımlara ihtiyaç vardır. Sık kullanılan ve bu çalışmada kullanılmış olan dağılımlara devam eden sayfalarda değinilmiştir.

1.4.1. Uniform dağılım

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq x \leq b, \\ 0 & x < a \text{ veya } x > b, \end{cases} \quad (1.2)$$

Bu dağılımda aynı uzunluktaki aralıklar eşit ölçüde olasılığa sahiptirler. Verilen en küçük ve en büyük değerler arasında değer üretildiği dağılımdır. Şekil 1.4'te örnek bir uniform dağılım verilmiştir.

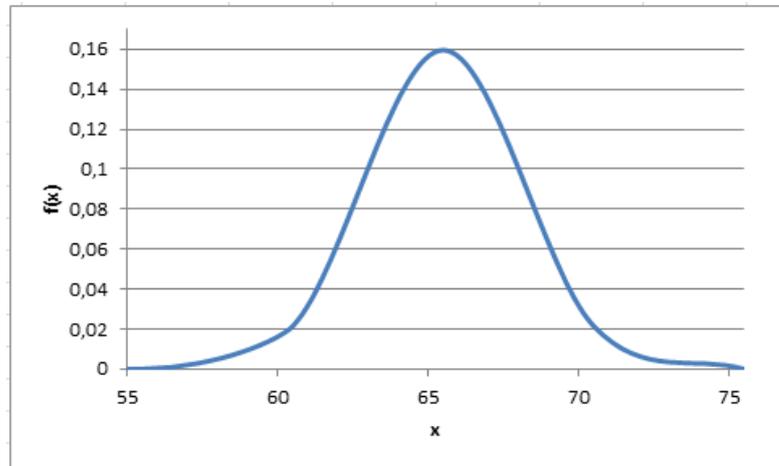


Şekil 1.4. Uniform dağılım fonksiyonu [17]

1.4.2. Normal dağılım

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1.3)$$

Lineer ölçüm hatalarının olabileceği veya gruplardan toplanan bilgilerin varyasyonlarında kullanılabilecek bir dağılımdır. Ortalama (mean) ve standart sapma değerleri alınır. Dağılım fonksiyonu ortalama değerine göre simetriktir ve dağılımın sivriliği standart sapma ile belirlenir [24]. Şekil 1.5'te örnek bir normal dağılım verilmiştir.



Şekil 1.5. Normal dağılım fonksiyonu [17]

1.4.3. Triangular dağılım

$$f(x) = \begin{cases} 0 & x < a, \\ \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & a \leq x \leq c, \\ \frac{2}{b-a} & x=c, \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & c < x \leq b, \\ 0 & b < x, \end{cases} \quad (1.4)$$

Uniform dağılıma sahip bir olayda toplamları önemli ise kullanılacak dağılım triangular dağılımdır. Örneğin monopoly oyununda iki zarın toplamı kadar ilerlenir bu durumda gelebilecek değerler 2 ile 12 arasındadır. Dağılımın oluşturulabilmesi için en az en çok ve ortalama değerler alınmalıdır. Şekil 1.6'da örnek bir triangular dağılım verilmiştir.

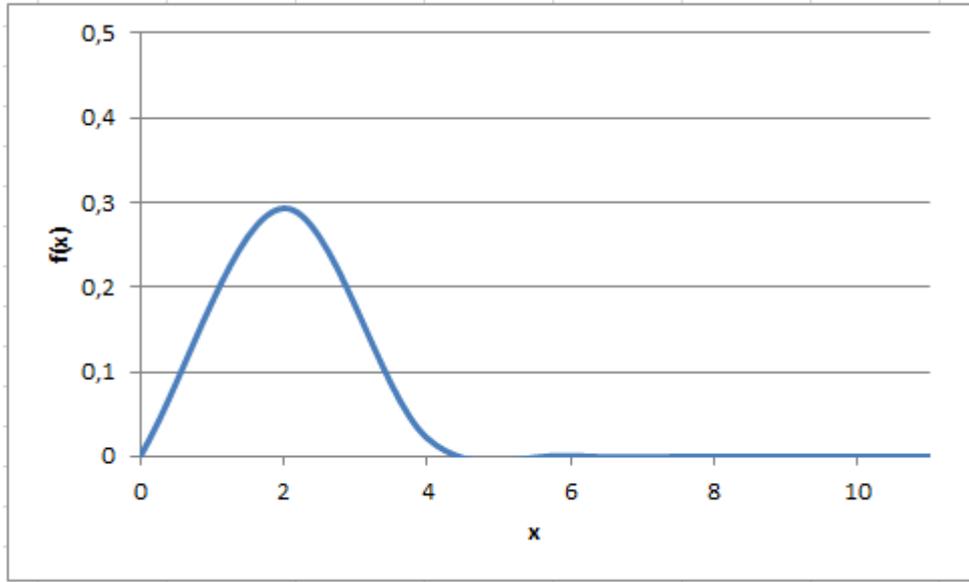


Şekil 1.6. Triangular dağılım fonksiyonu [17]

1.4.4. Erlang dağılım

$$f(x;k,\lambda) = \frac{\lambda^k x^{k-1} e^{-\lambda x}}{(k-1)!} \quad x, \lambda \geq 0 \quad (1.5)$$

Erlang dağılımı gamma dağılımının özel bir durumudur. Genellikle kuyruk sistemlerinde kullanılırlar. Dağılımın oluşturulabilmesi için shape ve rate değişkenleri alınmalıdır. Şekil 1.7’de örnek bir erlang dağılımı verilmiştir.

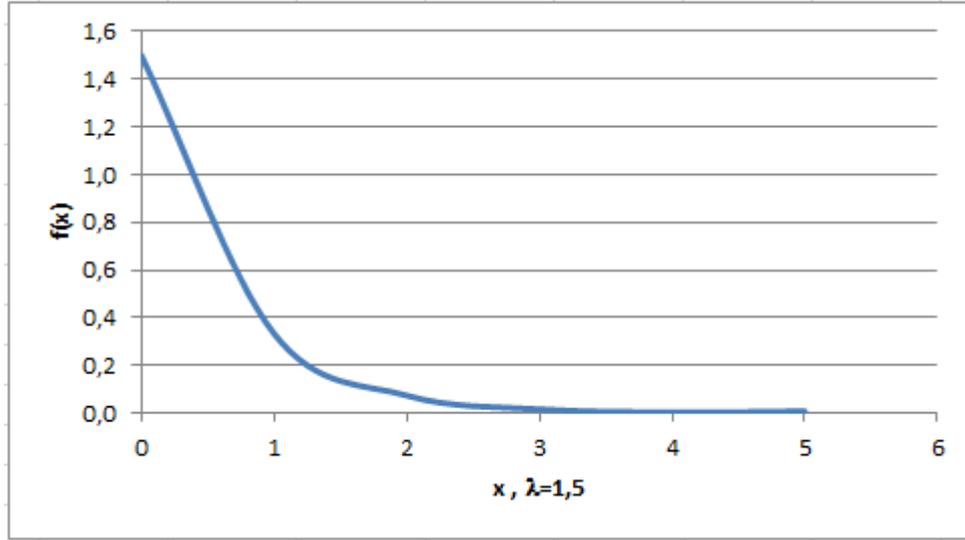


Şekil 1.7. Erlang dağılım fonksiyonu [17]

1.4.5. Exponential dağılım

$$f(x;\lambda) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (1.6)$$

Negatif olmayan tüm değerleri alan sürekli bir x rastgele değişkenine $\lambda > 0$ parametrelili bir exponential dağılıma sahiptir denir. Exponential dağılım büyük bir olgu sınıfının tasvirinde, özellikle güvenilirlik teorisi alanında önemli bir rol oynamaktadır [24]. Dağılımın oluşturulabilmesi için rate değişkeni alınmalıdır. Şekil 1.8’de örnek bir exponential dağılımı verilmiştir.

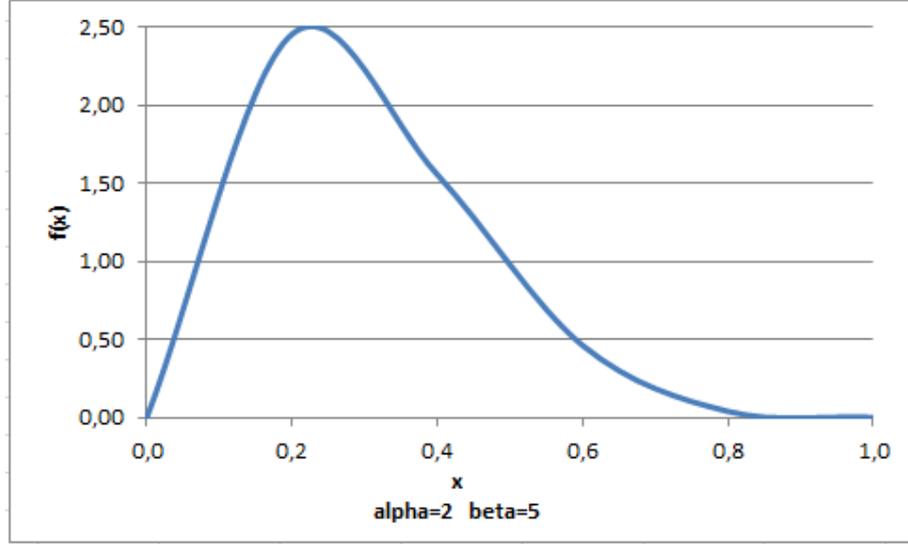


Şekil 1.8. Exponential dağılım fonksiyonu [17]

1.4.6. Beta dağılım

$$\begin{aligned}
 f(x; \alpha, \beta) &= \frac{x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}}{\int_0^1 u^{\alpha-1} (1-u)^{\beta-1} du} \\
 &= \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} \\
 &= \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}
 \end{aligned} \tag{1.7}$$

Beta dağılımı genellikle örnek veri içinde bir değer'in yüzdelik olarak değişikliklerini incelemek için kullanılır. Dağılımın oluşturulabilmesi için alpha ve beta parametreleri alınmalıdır. Şekil 1.9'da örnek bir beta dağılımı verilmiştir.

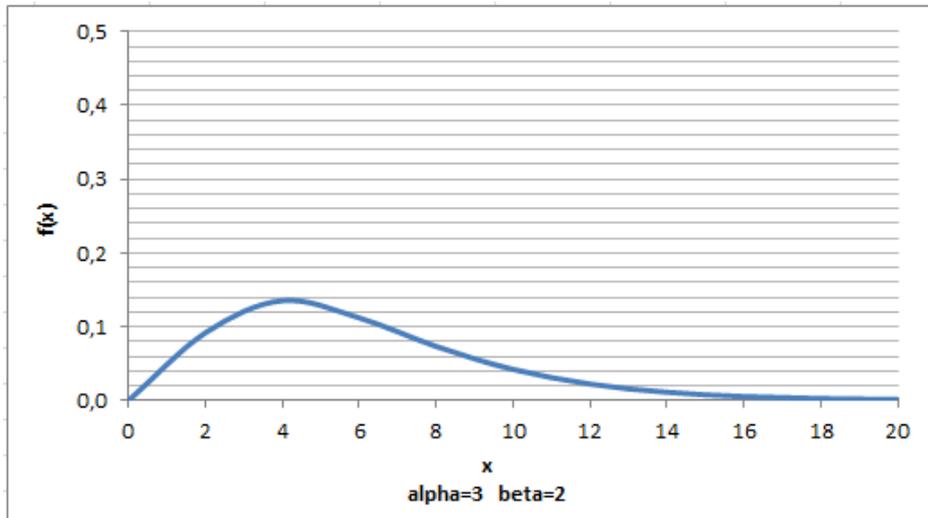


Şekil 1.9. Beta dağılım fonksiyonu [17]

1.4.7. Gamma dağılım

$$f(x;k,\theta) = \frac{1}{\theta^k} \frac{1}{\Gamma(k)} x^{k-1} e^{-\frac{x}{\theta}} \quad x \geq 0 \text{ ve } k, \theta > 0 \quad (1.8)$$

Gamma dağılımı tekrarlama bağıntısına sahiptir. Gamma dağılımı exponential dağılıma çok benzemektedir [24]. Dağılımın oluşturulabilmesi için alpha(k) ve theta değişkenleri alınmalıdır. Şekil 1.10'da örnek bir gamma dağılımı verilmiştir.

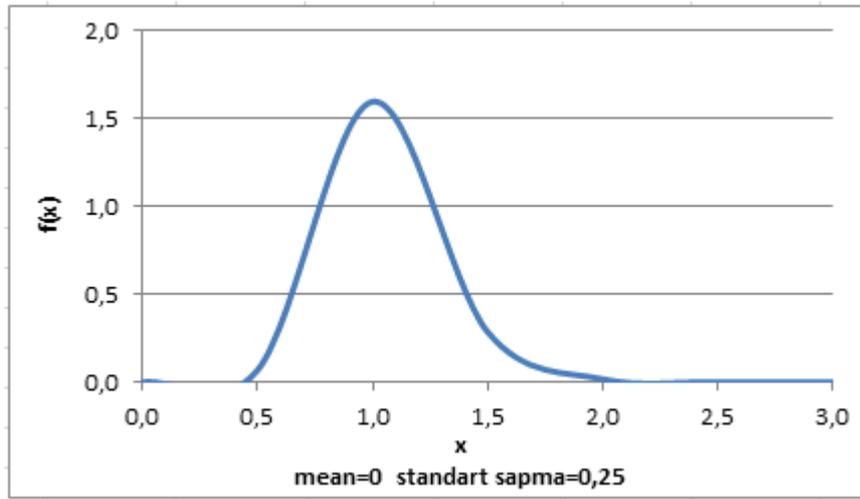


Şekil 1.10. Gamma dağılım fonksiyonu [17]

1.4.8. Log-normal dağılım

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad x > 0 \quad (1.9)$$

Bu dağılım ölçülen değerlerin tümünün pozitif olduğu rastgele varyasyonlarda geçerlidir. Dağılımın oluşturulabilmesi için logaritmik ortalama ve logaritmik standart sapma değerleri alınıp dağılım oluşturulur. Şekil 1.11'de örnek bir log-normal dağılımı verilmiştir.

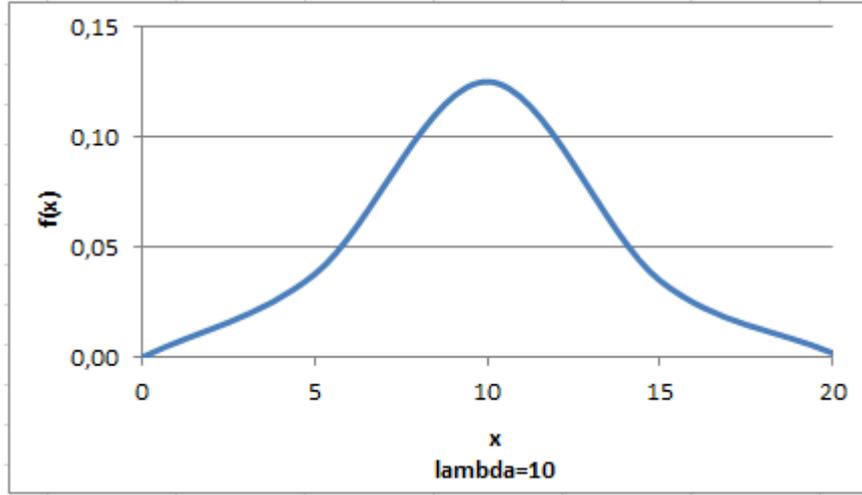


Şekil 1.11. Log-normal dağılım fonksiyonu [17]

1.4.9. Poisson dağılım

$$f(k; \lambda) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \quad (1.10)$$

Bu dağılım türü ayrık simülasyonda en önemli dağılımlardan biridir. Sistemde gelen parçaların her birinin gelme olasılığı çok küçükse poisson dağılım bu sistem için uygun bir dağılımdır. Burada lambda değeri alınıp dağılım oluşturulmaktadır. Şekil 1.12'de örnek bir poisson dağılımı verilmiştir.



Şekil 1.12. Poisson dağılım fonksiyonu [17]

1.5. Simülasyon Girdileri

Geliştirilmiş olan bir simülatörün sonuç üretebilmesi için belli girdileri alması gerekir. Bu girdilerden bazılarını kullanıcıdan aldıklarından hesaplayabileceği gibi tüm girdileri de kullanıcıdan alabilir. Kullanıcının girebileceği girdiler metre, saniye, hız, ivme gibi ölçüm birimleri ve kişi sayısı, araç sayısı gibi miktar belirten bilgiler olabilir. Simülasyon başladıktan sonra sisteme belli aralıklarla girişler olacaktır. Bu girişler kişi, varlık veya araç girişleri olabilir. Bu girişler de girdi olarak kabul edilirler.

1.5.1. Simülasyonda rastgeleliğin etkisi

Simülasyonu anlamlı kılan, doğasında olan rastgeleliktir. Sürekli aynı süre aralığında aynı sayıda kişinin sisteme girmesi gerçek hayatta pek rastlanılan bir durum değildir. Gerçek hayatta birçok sistemin yapısı sisteme giren girdiler açısından karasızdır. Örneğin bir banka düşünüldüğünde bankaya aynı süre aralıklarında aynı sayıda müşteri girişi olmaz. Bu süre ve sayı her defasında farklı olacaktır. İşte bu durumu simülasyonda gerçekleştirebilmek için rastgele atamalar ve olasılık dağılımları kullanılır. Bu rastgeleliği oluşturabilmek için gerçek hayatta sisteme giren varlıkların girme yoğunluğuna göre oluşturdukları dağılımı çıkarabilmek gerekir. Bu dağılımı oluşturabilmek için üç adımdan oluşan bir prosedür kullanılır [16].

Tablo 1.2. Dağılım fonksiyonunun oluşturulabilmesi için gerekli adımlar

Adım	Yapılanlar
1	Simülasyon yapılacak sistem hakkında yeterli miktarda veri toplanır. Bu veri miktarı istatistiksel hesaplamalar yapılabilecek büyüklükte olmalıdır[16].
2	Toplanan veriler üzerinde istatistiksel hesaplar yapılır. Bunun sonucu olarak olasılık dağılım fonksiyonu ve parametreler tanımlanır [16].
3	2. adımda ulaşılan olasılık dağılımını ifade edebilecek rastgelelik mekanizması oluşturulur [16].

Tablo 1.2'deki prosedür tamamlandığında simülasyona giren varlıkların gelme yoğunluğu oluşturulmuş olur.

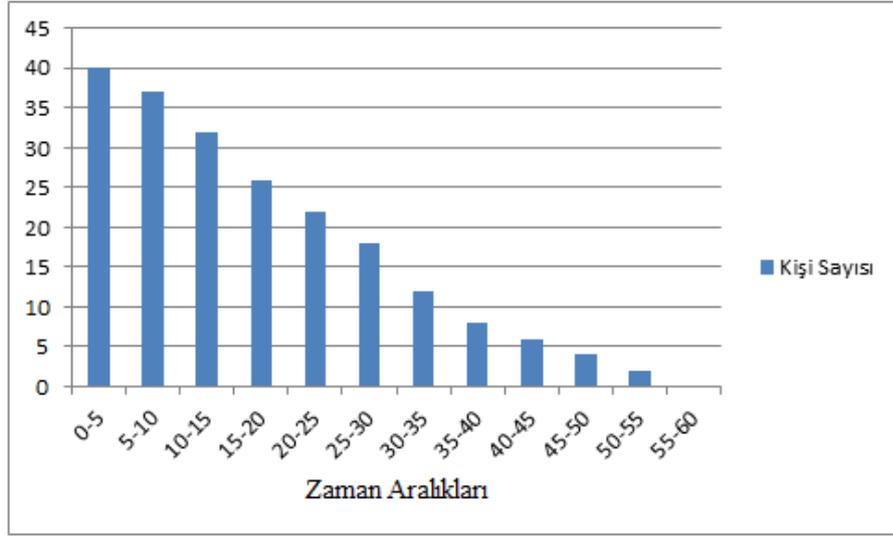
1.5.2 Gerçek sistemde girdilere bakılarak dağılımın fonksiyonunun nasıl oluşturulduğu örneği

Bir işyerinin sabah 7.00-8.00 arası asansör trafiği ve gelen kişi yoğunluğu analiz edildiğinde, gelen kişi sayısı ve geldikleri süre aralıkları Tablo 1.3'teki gibi oluşturulur. Kayıtlar 5 dakikalık zaman aralıkları halinde alınmıştır.

Tablo 1.3. Gelen kişi sayısı

Zaman Aralıkları (dakika)	Gelen Kişi Sayısı
0-5	40
5-10	37
10-15	32
15-20	26
20-25	22
25-30	18
30-35	12
35-40	8
40-45	6
45-50	4
50-55	2
55-60	0

Tablo 1.3'ten zaman aralığına göre gelen kişi sayısı grafiği oluşturulduğunda Şekil 1.13'teki gibi bir dağılım elde edilir.



Şekil 1.13. Toplanan veri sonucunda oluşan grafik

Şekil 1.13'teki gibi dağılım oluşturulduktan sonra sık kullanılan dağılımlardan hangisine benziyor ise simülatörde o dağılım kullanılabilir. Bu örnekteki dağılım exponential dağılıma benzediği için exponential dağılım seçilebilir (Bkz. Şekil 1.8).

1.6. Simülasyon Çıktıları

Simülasyon çalıştırılıp sonlandırıldıktan sonra analiz edilebilecek veriler belirmelidir. Çıktıların gerçek hayattakine uyumluluğu girdilerin ve seçilen parametrelerin doğruluğuna bağlıdır.

Bir simülasyon iki amaçtan biri için gerçekleştirilir.

- Girdi durumlarına göre belli değişkenler ve modeller belirlenip var olan sistem davranışını anlayabilmek için veya yapılacak sistemin davranışını öngörebilmek için analiz yapılır [16].
- Farklı parametre ve model tasarımlarında sistemin davranışını karşılaştırabilmek için analiz yapılır [16].

Bu çalışmada kullanılan simülasyon, ikinci amaçta belirtilen türde bir simülasyondur. Asansör sistemlerinin çalışma prensibi belli olduğu için ayrıca bu prensibi ortaya çıkarmak için ayrıca bir simülasyon yapmaya gerek yoktur. Yapılacak simülasyonda ulaşılması gereken, bekleme ve transfer sürelerinin değişik varyasyonlarda kaç olduğudur. Bu çalışmada bunlara ilaveten enerji tüketimi de dikkate alınmıştır.

1.6.1. Çıktıların analizine göre simülasyon çeşitleri

Bir simülasyon tasarlanacağı zaman sonlanan simülasyon mu yoksa sonlanmayan simülasyon mu ayrımı iyi yapılmalıdır. Bu ayrım iki tür simülasyon çeşidini ortaya çıkarır [16]. Simülasyon çeşitleri Şekil 1.14’te gösterilmiştir.

1.6.1.1. Sonlanmayan sistemler

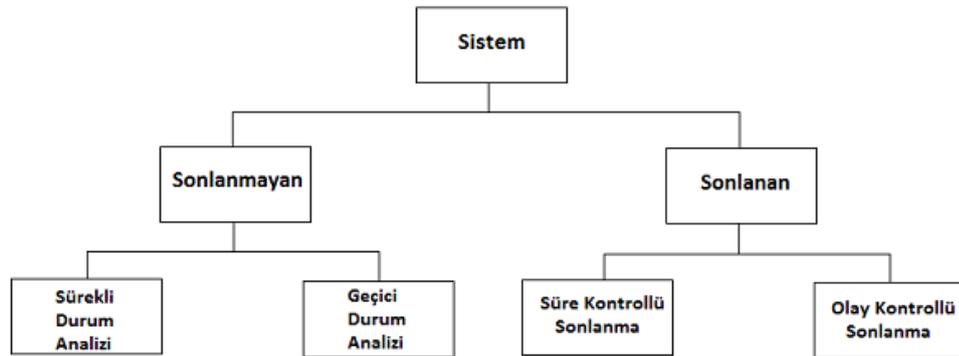
Bir zaman dilimi içinde sonlanmayan sistemlerdir. Örnek olarak iletişim ağı, hastanelerin acil servisleri, trafik akış sistemleri verilebilir [16].

Hastanenin acil servisi yirmi dört saat hizmet vermek zorundadır. Aynı şekilde bir iletişim ağında sürekli bilgi akışı olur. Bu çalışmada kullanılan asansör simülasyonu da aslında sonlanmayan sistemlere örnek simülasyondur. Gün boyu sürekli trafik akışı olabilir. Günün bazı saatlerinde bu trafik akışı çok yoğun olurken bazı saatlerinde çok az olabilir. Fakat sürekli bir trafik akışının olabileceğini söylemek mümkündür.

Sonlanmayan sistemlerde belli zaman aralıklarının analiz edilmesi daha uygundur. Böylelikle sistemin davranışı hakkında daha sağlıklı sonuçlar alınabilir [16].

1.6.1.2. Sonlanan sistemler

Sonlanan sistemler boş ya da işleyişin olmadığı durumlarda başlayıp yine bu tür durumlarda sonlanan sistemlerdir. Sonlanma genellikle belli tur sayısı veya belli bir zaman geçtikten sonra olur. Banka örneğinde mesai süresi sekiz saat olduğu için sekiz saatlik çalışma periyodundan sonra simülasyon sonlanacaktır [16].



Şekil 1.14. Çıktıların analizine göre simülasyon çeşitleri

1.7. Simülasyon Uygulamaları

Simülasyon endüstriden, savunma sanayine, tıp biliminden, bilişim sektörüne kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle gerçek sistemin tehlikeli ya da maliyetli olduğu durumlarda veya kuyruk problemi içeren sistemlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Kullanım alanlarından birkaçı Tablo 1.4’te listelenmektedir.

Tablo 1.4. Simülasyonun kullanıldığı alanlardan bazıları [19]

Kullanıldığı Alan	Simülator
Ordu	Ağır silahlı araç simülatorü
Biyomekanik	Simtk-opensim (yürüme dinamiklerini analiz eden simülator)
Mühendislik	İşlem simülatorleri, elektrik alanlarında kullanılan simülatorler ve daha birçok mühendislik alanında kullanılan simülator bulunmaktadır.
Ekonomi	Özellikle makro ekonomiyi, faiz değişimlerini ve enflasyonu analiz eden simülatorler
Havacılık	Uçuş simülatorleri
Denizcilik	GMDSS simülatorü
Hava	Hava koşullarını analiz eden simülatorler

2. ASANSÖR VE GENEL YAPISI

2.1. Giriş

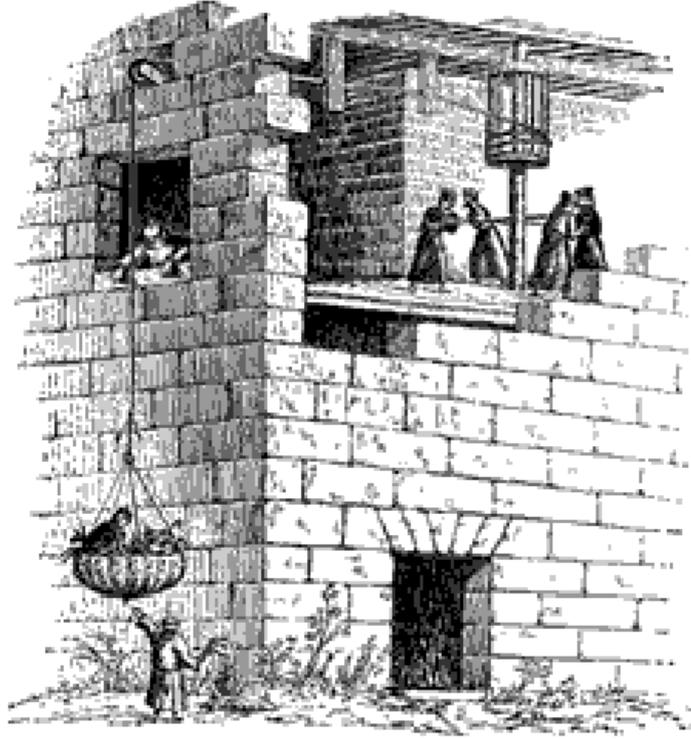
Dikey taşımacılıkta kullanılan asansörlerin geçmişi çok eskiye dayanmaktadır. Başlarda halat yardımıyla hayvan ve insan gücü kullanılarak çalıştırılan asansörler motorların devreye girmesi ile çok büyük değişim kat etmişlerdir. Binalardaki kat sayısı ve insan yoğunluğu arttıkça kullanılan asansör yapıları farklılaşmıştır. Birçok yerde birden fazla asansör kullanılarak grup asansör yapısı oluşturulmuştur. Bu bölümde asansörlerin kısa tarihçesi gelişim evreleri ve çeşitlerinden bahsedilip asansörlerin motor yapısı ve kinematiki irdelenecektir.

2.2. Asansörlerin Tarihçesi

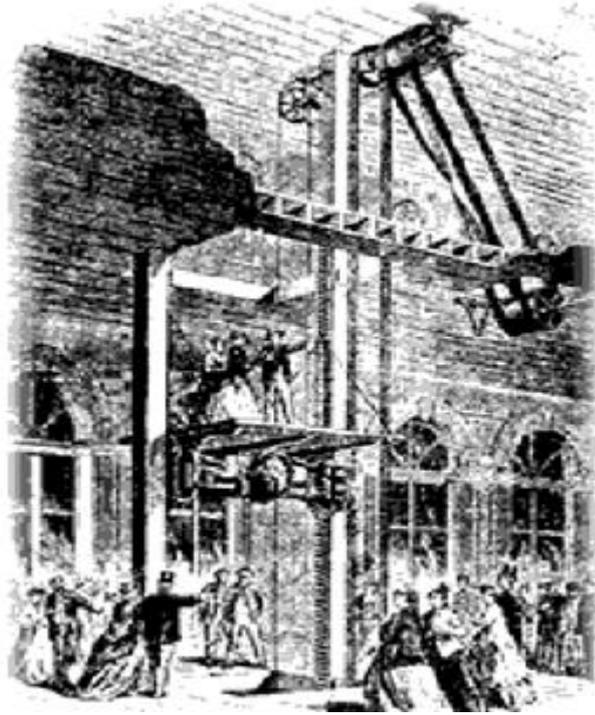
Asansörler yük ve insanları, kılavuz raylar arasında hareketli kabin veya platformlar ile düşey doğrultuda taşımaya yarayan elektro-mekanik tesisler olarak tarif edilir[20].

Yolcu taşıyan ilk asansör, Fransız kralı XV. Louis için günümüzden 250 yıl önce Versailles sarayına yerleştirilmiştir. Bu asansör bazı ağırlık dengeleri ile hareket etmekte ve insan gücü ile çalışmaktaydı. İngiltere’de 1830 yıllarında, direkt hidrolik tahrikli yük asansörleri, 1835’te buhar makinesi ile çalışan bir transmisyon milinden kayışla hareket alan “teagle” denilen asansörler yapılmıştır [19].

Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de ilk zamanlarda kullanılan asansörler görülmektedir. Görüldüğü üzere o zamanki asansörler daha çok insan gücü ile çalışmaktaydılar. Şekil 2.2’de görülen daha gelişmiş ve günümüz asansörlerine daha yakın olanıdır.



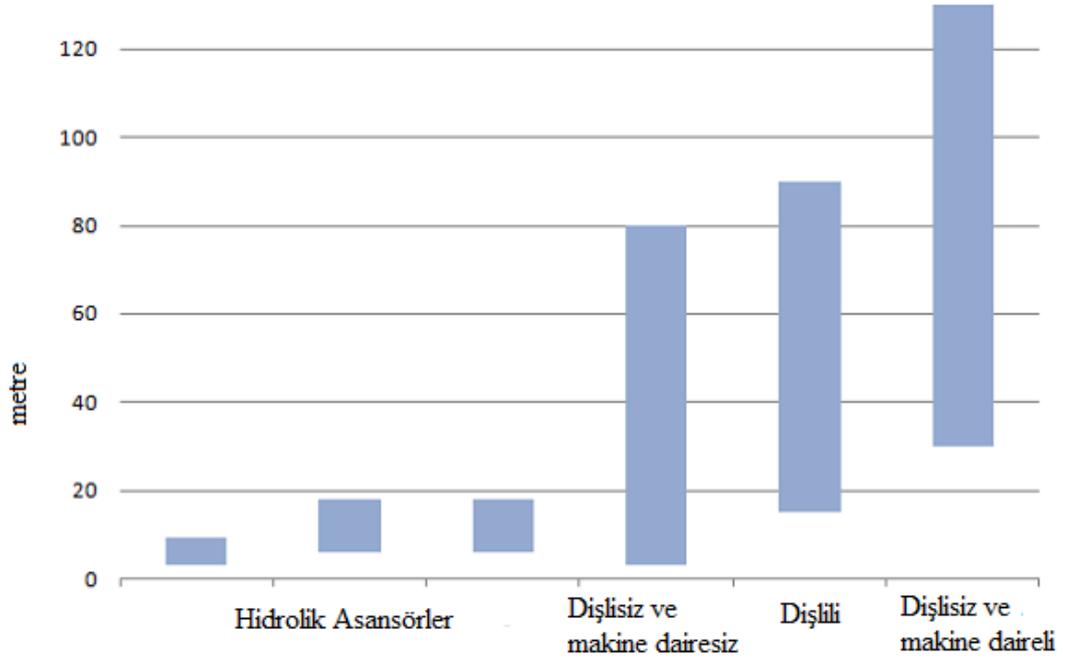
Şekil 2.1. Ortaçağda kullanılan bir asansör [21]



Şekil 2.2. Ortaçağda kullanılan bir asansör-2 [21]

2.3. Asansör Çeşitleri

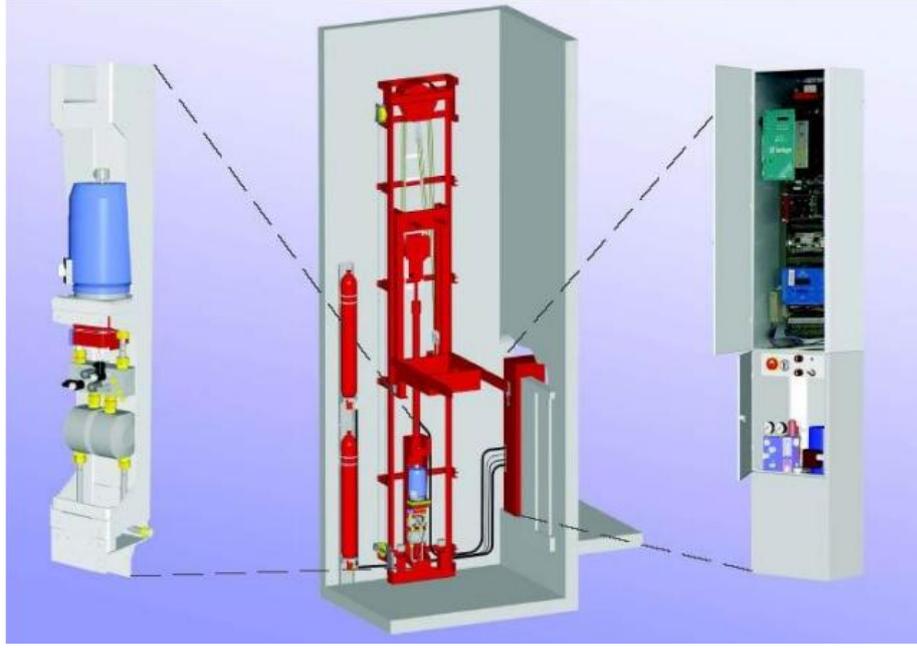
Günümüzde sık kullanılan iki tür asansör çeşidi bulunmaktadır. Bunlar hidrolik ve elektrikli asansörlerdir. Türkiye’de en sık kullanılan asansör çeşidi elektrikli asansörler olup hidrolik asansörlere çok ender rastlanır. Elektrikli asansörler, redüktörlü makine ve dişlisiz makineye sahip asansörler olarak ikiye ayrılırlar. Bu asansör çeşitleri kullanım kolaylığı, maliyet ve konfor bakımından farklılık göstermektedirler. Bir bina inşa edileceği zaman seçilecek asansör çeşidi, birçok kriterle bakılarak seçilebilir. Örneğin yüksekliğe göre asansör türü tercihi bakıldığında Şekil 2.3’ten de görülebileceği gibi yüksek binalarda elektrikli asansörlerin, alçak binalarda ise hidrolik asansörlerin tercih edildiği görülmektedir.



Şekil 2.3. Yüksekliğe göre tercih edilen asansör çeşitleri [18]

2.3.1. Hidrolik asansörler

Hidrolik asansörler çok eskiye dayanmaktadır. Hidrolik asansörlerin çalışması için ilk önceleri su daha sonra yağ kullanılmıştır [20]. Bazı Avrupa ülkelerinde, hidrolik asansörlerin sıklıkla kullanılmasının en büyük nedeni kurulum maliyetlerinin düşük olmasıdır [18].



Şekil 2.4. Hidrolik asansörler[26]

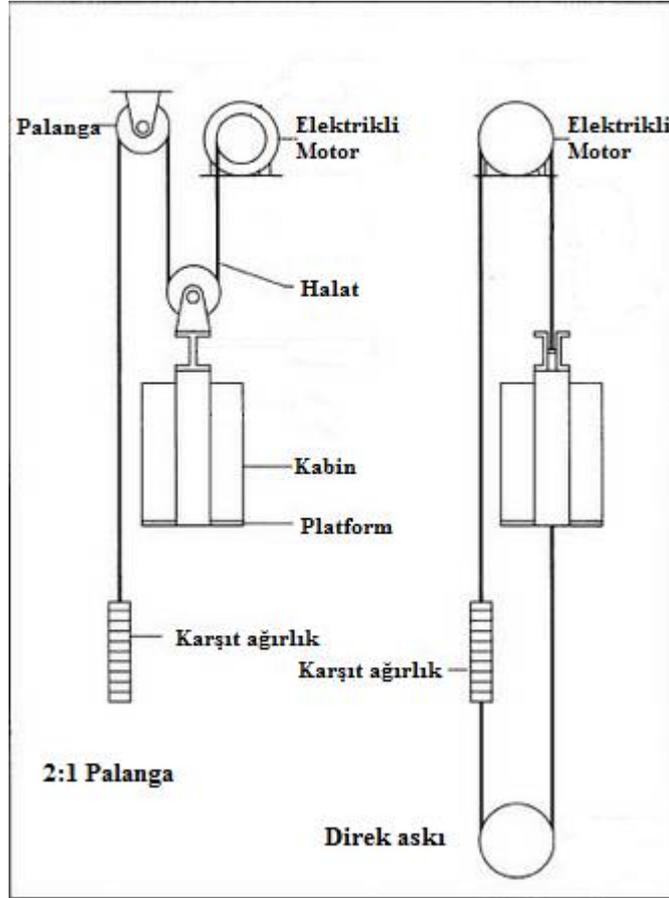
Hidrolik asansörler, kabini itiren hidrolik silindirler kullanırlar. Elektrikli motorun çalıştırdığı pompanın hidrolik sıvıyı (çoğunlukla yağı) pistonların içine itmesi ile pistonlar asansör kabinini kaldırır ve asansör yukarı doğru hareket etmeye başlar. Aşağı hareket ise asansörün kendi ağırlığı ile sağlandığı için enerji tasarrufu sağlanır. Hidrolik asansörler genellikle konutlarda, tadilat gören binalarda, binanın statğine yük bindirmemesi için kullanılır [18]. Hidrolik asansörlerin avantaj ve dezavantajları Tablo 2.1’de listelenmiştir.

Tablo 2.1. Hidrolik asansörlerin avantaj ve dezavantajları [20]

Avantajlar	Dezavantajlar
Düşük malzeme ve bakım ücreti	Kullanılan yağın sıcaklıktan etkilenmesinden dolayı performansa kötü yönde etkisi
Binalarda daha etkin kullanım alanı sağlama	Yeraltı kaçaklarının çevredeki su kaynaklarını kirletme ihtimali
Aşağı harekette enerji tasarrufu	Gerekli motor gücünün aynı hızda ve aynı kapasitede diğer asansörlere göre 2-3 kat olması
Yüksek taşıma kapasitesi ihtiyacını karşılayabilme	Montajının maliyetli oluşu

2.3.2. Elektrikli asansörler

Bu tip asansör çeşitleri, tahrik motorunun kumanda panosundan aldığı komut vasıtasıyla harekete geçip, kabini istenilen yönde hareket ettirmesi yoluyla çalışırlar[20]. Günümüzde birçok binada gördüğümüz asansörler elektrikli asansörlerdir. Bu asansörlerde makine, makineye halatlar ile bağlı asansör kabini ve karşıt ağırlık bulunmaktadır. Karşıt ağırlık asansör kabini ile ters yönde hareket eder. Karşıt ağırlık genellikle, boş kabinin ağırlığı ve beyan yükünün yarısının toplamına eşittir. Karşıt ağırlık sistemde bağlanma şekline göre farklılıklar gösterebilmektedir. Örneğin Şekil 2.5'te görüldüğü gibi 2:1 palanga ile bağlı bulunan karşıt ağırlık, sağ taraftakinde ise direk askı ile bağlıdır.



Şekil 2.5. Karşıt ağırlığın bağlanma şekilleri [32]

Elektrikli asansörler makine çeşidi olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Bunlar redüktörlü (dişlili) ve dişlisiz makinelerdir. Redüktörlü makinede dişlilerden kaynaklanan bir enerji kaybı söz konusudur. Tablo 2.2'de Avrupa'da kullanılan asansör çeşitleri rakamlarla listelenmektedir.

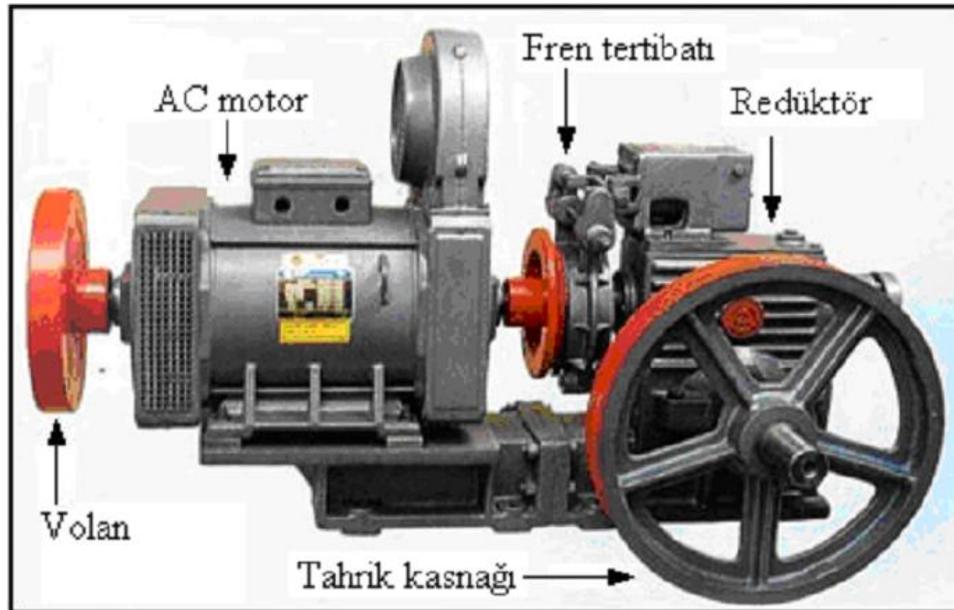
Görüldüğü üzere en çok kullanılan redüktörlü makineye sahip asansörlerdir. Dişlisiz makineler yeni teknoloji oldukları için yaygınlaşmaya yeni başlamışlardır [25].

Tablo 2.2. Avrupa’da kullanılan asansör çeşitlerinin bina tiplerine göre sayıları [25]

	Hidrolik	Redüktörlü Makine	Dişlisiz Makine	Toplam	Yüzdeler
Konut	743979	2254112	100330	3098421	%64
Eğitim	33248	946208	270344	1549801	%32
Sanayi	49312	126397	227	175936	%4
Toplam	1126539	3326718	370901	4824157	%100
Yüzdeler	%23	%69	%8	%100	

2.3.2.1. Redüktörlü (dişlili) makineye sahip asansörler

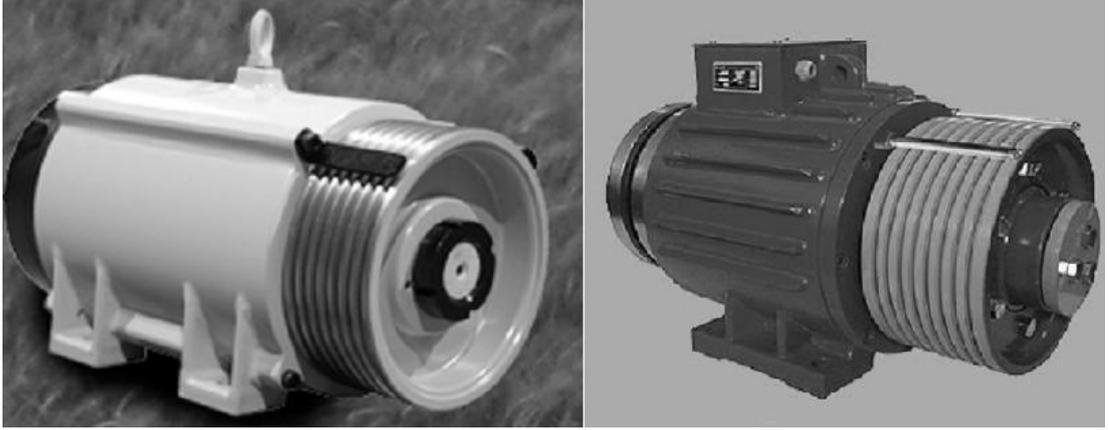
Redüktörlü makineler genellikle orta yükseklikte (7 ile 20 kat arası) binalarda tercih edilirler. Asansörlerin hızları genellikle 0,1 m/s ile 2,5 m/s arasında değişir [18]. Yüksek hızlı redüktörlü makineler, doğrudan ana kaynaktan beslendiği için hareket sırasında kontrolsüz bir şekilde sıçrama eğilimi içerisinde olabilirler. Bunun önüne geçebilmek için motor miline volan monte edilmiştir. Redüktörlü makineler, tesis masrafları düşük olduğu için basit taşıma konforu aranan yerlerde tercih edilebilirler [26].



Şekil 2.6. Redüktörlü makine [26]

2.3.2.2. Dişlisiz makineye sahip asansörler

Dişlisiz makinelerde motor, arada dişli olmadan direk bobini hareket ettirir. Bu dişlilerde kaybedilecek gücü elimine etmiş olur. Bu tip asansörler 2,5 m/s ile 10 m/s arasında değişen hıza sahiptirler ve genellikle yüksek katlı binalarda kullanılırlar[18].



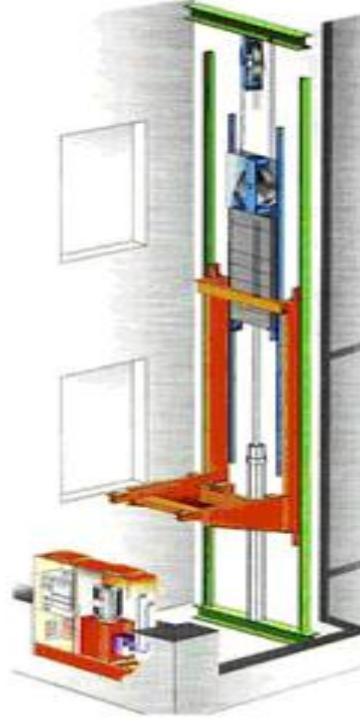
Şekil 2.7. Dişlisiz makine [33]

2.4. Asansörün Mekanığı

Asansörler, sabit monte edilmiş tahrik kasnaklı, tamburlu veya zincirli tahrik düzeni olan belli duraklara hizmet eden sistemlerdir. Asansörün insan veya yük taşıyabilmesi için düşeyden 15 dereceden fazla eğimli olmayan kılavuz raylar arasında tasarlanmış bir kabini olmalıdır [27].

2.4.1. Asansör boşluğu

Asansörlerin içinde hareket ettikleri boşluktur. Halatlar zincirler ve karşıt ağırlıklar hep bu boşluğun içinde bulunur.

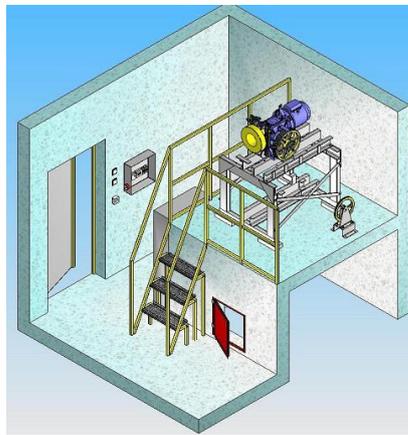


Şekil 2.8. Asansör boşluğu [26]

Şekil 2.8’de bir asansörün durabileceği katlar ve ilerlediği asansör boşluğu görülmektedir. İki veya daha fazla asansör aynı boşluk içinde çalıştırılacaksa iki kabin arasına şartların durumuna göre boşluğun tabanına ya da boşluk boyunca yanmaz malzemedен yapılmış bir ayraç konulmalıdır [27].

2.4.2. Makine dairesi

Asansörün kontrol edildiği ve genellikle motorun bulunduğu bölümdür. Genellikle asansör boşluğunun en üstünde bulunur. Fakat farklı konumlandırılabilir.



Şekil 2.9. Makine dairesi [27]

2.4.3. Kılavuz raylar

Asansörün güvenli çalışabilmesi için kılavuz rayların iyi tasarlanmış olması gereklidir. Kılavuz rayların iki temel görevi vardır.

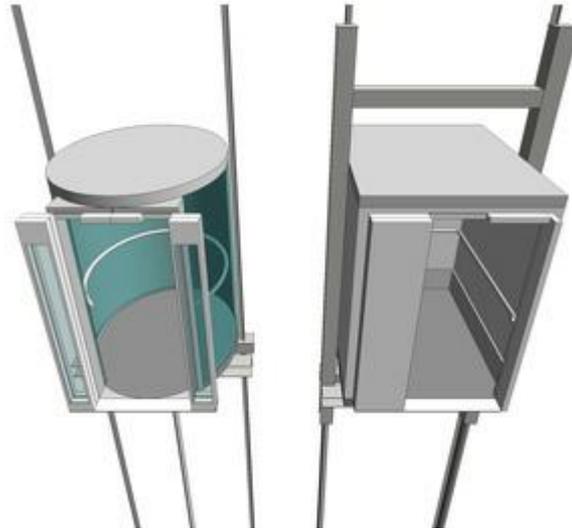
- Asansör boşluğunda bulunan kabini hareket süresince iyi bir şekilde kılavuzlama ve yatay hareketleri en aza indirmek [27].
- İstenmeyen bir durum karşısında güvenlik tertibatının çalışması ile kabini veya karşı ağırlığı durdurmak [27].

2.4.4. Asansör halatları

Asansörü motora bağlayan aynı şekilde karşı ağırlığı da motora bağlayan parçalardır. Halatlı asansör sistemlerinde en az iki adet halat bulunmalıdır. Halat sayısının artışı sürtünmeyi arttıracak fakat sistemi daha güvenli kılacaktır.

2.4.5. Asansör kabini

Asansör kabini yolcuların yukarı veya aşağı inmek için bindikleri yerin ismidir. Belli bir yük ve insan taşıma kapasiteleri vardır. Kabinlere birçok yerde lüks aydınlatmalar, klimalar ve aynalar takılmaktadır.



Şekil 2.10. Asansör kabinleri

2.4.6. Asansör kapıları

Günümüzde çok fazla sayıda asansör kapı çeşidi vardır. Örneğin kendiliğinden tek yöne veya her iki tarafa açılan kapılar, insanın el gücünü kullanarak açacağı kapılar vb.



Şekil 2.11. Asansör kapı çeşitleri

2.4.7. Asansörde güvenlik

Asansörlerde meydana gelebilecek tehlikeli durumlara yönelik bir dizi önlem alınmıştır. Asansörlerde oluşabilecek sıkışma, ezilme, kabin kapılarındaki sıkışmaları önlemek amacıyla durdurma şalterleri konmuştur. Kapıları otomatik kapanan asansörlerde kapılara fotosel veya eşik kontakları konulmuştur [27].

Güvenlik açısından kendiliğinden açılıp kapanan kapılar daha güvenli durmaktadırlar. Çünkü insan gücü ile açılan kapıların kilitleme mekanizmaları kalitesiz olduğu için asansör hareket halinde iken kapının açılması söz konusudur. Birçok asansörde kabin içindeki yükü algılayabilecek tertibat bulunmaktadır. Bu durumda asansöre kapasitesinden fazla kişi binerse aşırı yük uyarısını verip harekete geçmez bu şekilde asansörde hareket halinde iken olabilecek tehlikeli durumların önüne geçilmiş olur.

2.4.8. Asansörün hareket etmesi ve durması

Asansöre bir çağrı yapıldığında ya da asansör kabinine girip kat numarasına basıldığında asansör kapısı belli bir süre kadar açık kalıp daha sonra kapıyı kapatıp harekete başlar. Asansör konforu bozmaması açısından belli bir ivme ile hızlanır ve yine belli bir ivme ile yavaşlar. Eğer hızlanma süresince duracağı bir kata gelmez ise en yüksek hıza kadar hızlanıp daha sonra sabit hızla hareket edecektir. Asansörler bir katta duracakları vakit tam kat seviyesinde durmalıdırlar yoksa tehlikeli durumlar oluşabilir. Aşırı yük durumu veya sürtünme kuvvetlerinde oluşan bir arızadan dolayı asansör tam kat seviyesinde durmayabilir. Bu durumda sınır kesicisi devreye girerek asansörün enerjisini keser. Asansörün enerjisi kesildiği zaman, asansörün motorunun üzerinde bulunan fren asansörün çalışmasını kilitleyerek güvenliği sağlamış olur.

3. ENERJİ TÜKETİMİ VE ASANSÖRLER

3.1. Giriş

Hızla artan insan nüfusu ve buna paralel olarak ihtiyaç duyulan enerjinin artışı, enerjinin verimli ve tasarruflu kullanılabilmesini önemli kılmıştır. Enerji tüketimi her geçen gün arttığından dolayı enerji kaynaklarının tükenebileceği tehlikesi söz konusudur. Bunun yanında enerji tüketimi kişilere maliyet olarak döndüğü için ve enerji tüketimi ücretlerinin sürekli artışı enerjinin tasarruflu tüketimini, kişiler açısından önemli kılmıştır. Bu durumu destekleyecek örnek olarak kişiler beyaz eşya alımında makinenin enerji tüketiminde hangi sınıfta olduğuna dikkat etmektedirler. Bu durumda binalardaki enerji tüketiminin %25'ini kapsayan asansörlerin enerji tüketimini analiz etmek büyük önem arz etmektedir [2].

Avrupa'da yapılan çalışmalar ve yasalardaki düzenlemeler göstermektedir ki enerji verimliliğinin önemi gittikçe artmaktadır. Avrupa Birliği'nin binalarda enerji verimliliği kapsamlı 16.12.2002 tarihli, 2002/91/EC sayılı direktifi buna örnek gösterilebilir. Ülkemizde 5627 sayılı enerji verimliliği kanunu, gelecekte binalar için enerji kimlik belgesi verilebileceğini göstermektedir. VDI 4707 kılavuzunu esas alarak yapılacak olan sınıflandırma bina tasarımında seçilecek olan asansörler ve tükettikleri enerji önemli hale gelecektir. Dolayısıyla var olan binalarda da düzenlemeye gidilmesi gerekeceği açıktır. Var olan binalarda asansörün tükettiği enerjiyi hesaplayabilmek için çeşitli ölçüm araçlarından faydalanılabilir. Fakat günün 24 saati ve 365 gün boyunca ölçüm yapılması pratikte pek mümkün olmayacağı için, referans turunda tüketilen enerjiden yararlanılarak çeşitli formüller yardımıyla yıllık tüketilen enerji tahmini yapılmaya çalışılmış ve Avrupa standartlarına göre hangi enerji sınıfına dahil olduğu bulunmaya çalışılmıştır.

Bu bölümde asansörlerdeki enerji hesabı ve enerjiyi verimli kullanabilmek açısından ne yapılması gerektiğinden bahsedilmiştir.

3.2. Asansörlerde Enerji Hesabı

VDI 4707’de yapılan çalışmaya göre, asansörün tek bir tur (referans turu) süresince ne kadar enerji tükettiği hakkında bilgi sahibi olmak ve beklenen kullanma oranı hakkında varsayımda bulunmak koşulu ile yıllık enerji tüketimi tahminlerinin yapılmasının mümkün olduğu öngörülmektedir [23].

Bu öngörüye göre asansörün yıllık harcadığı enerji iki kısımda incelenebilir.

- Kabinin hareket ettirilmesi için harcanan enerji
- Kabin durmaktayken kullanılan enerji (standby enerjisi)

Bahsedilen referans turu aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır [22].

- Kapıların açılması ve kapanması
- Kuyu boyunca aşağı ya da yukarı seyir
- Kapıların açılması ve kapanması
- Kuyu boyunca aşağı ya da yukarı seyir
- Kapıların açılması

Referans turu, iki turdan oluşması ve ortalama tur mesafesi yüksekliğinin yarısı olmasından dolayı, ortalama tur için kullanılan enerji, ortalama gidiş geliş turu enerjisinin ¼’ü kadardır [23]. Referans turundaki ölçüm boş kabin ile yapılarak belli bir kat sayısı ile çarpılmaktadır. Bu kat sayısı, karşıt ağırlığın oranı %40 ile %50 arasında ise 0,7’dir [22].

Yıllık tüketilen enerji Denklem 3.1 ve 3.2’ye göre hesaplanmaktadır. Denklemlerdeki n, yıllık tur sayısı ifade eder.

$$E_{\text{seyahat}} = 1/4 \cdot n \cdot E_{\text{ref tur}} \cdot 0,7 \quad (3.1)$$

$$E_{\text{bekleme}} = P_{\text{bekleme}} \cdot x [365x(24 - t_{\text{seyahat}})] \quad (3.2)$$

Bulunan bu enerji değerlerine göre asansörlerin enerji tüketimi yönünden sınıflandırılmasında Tablo 3.1’deki ölçütler kullanılmaktadır.

Tablo 3.1. Bekleme ve seyir tüketimleri için enerji sınıfları [22]

SINIF	A	B	C	D	E	F	G
P_{bekleme} (W)	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	> 1600
E_{seyehat} (kWh)	≤ 0.56	≤ 0.84	≤ 1.26	≤ 1.89	≤ 2.80	≤ 4.20	> 4.20

Tablo 3.1'e göre örneğin A sınıfında bulunabilmesi için binadaki asansörün seyehat süresince tükettiği enerji 0,56 kWh'dan küçük veya eşit olmalı ve bekleme süresinde tükettiği güç 50 w'ı geçmemelidir.

Referans turunda tüketilen enerjinin hesaplanmasında, kabin içindeki yolcu ve yük ağırlığı ve seyir yönü, farklı durumların oluşmasını sağlar. Dengelenmemiş ağırlık halindeki yük ve yolcu ağırlığı, karşıt ağırlık ve kabin ağırlığı cinsinden,

$$m_{\text{net}} = (m_{\text{kabin}} + m_{\text{yolcu}} + m_{\text{yük}}) - (m_{\text{kabin}} + \frac{m_{\text{beyan}}}{2}) \quad (3.3)$$

ifade edilir. m_{kabin} değeri her iki tarafta da olduğu için birbirini götürür. Dengelenmemiş ağırlık yolcu ve yük ağırlığından, beyan yükünün yarısının çıkarılması ile bulunmuş olur.

Dengelenmemiş ağırlık seyir yönünün aksine ise elektrik motorunu mekanik olarak yükler, yükü yukarı çeken bir vinç gibi düşünülebilir. Dengelenmemiş ağırlık seyir yönünde etki ettiğinde enerji akışı tersine döner, yükten kazanılan mekanik enerjinin bir kısmı eğer varsa dişli kutusunda harcanır geri kalan enerji elektrik motorunu bir üreteç gibi çalışmaya zorlar. Sistemin özelliğine göre bu enerji kaynağa geri verilebilir veya bir direnç üzerinde ısıya çevrilebilir. Simülatörde bu durum enerji harcanmıyor olarak kabul edilmiş ve harcanan motor gücü sıfır olarak alınmıştır.

Sadece referans turundaki enerji hesabı ile yıllık enerji hesabının tahmin edilmesi, asansör trafiğinin karmaşıklığı düşünüldüğünde çok doğru olmamaktadır. Dolayısıyla asansörün çalışma süresince harcadığı enerji, simülatör yardımıyla bulunduğu doğruya daha çok yaklaşılabileceği söylenebilir. Binanın farklı günlerde asansör trafik simülasyonu bu çalışmada geliştirilen simülatör yardımıyla yapılarak oluşan sonuçlar göz önünde bulundurularak yıllık enerji tüketimi hesabı yapılabilir.

Bu çalışmada geliştirilen simülatörde iki farklı asansör makine türü üzerinde durulmuştur. Ve bu iki tür asansör makinesinin enerji tüketimlerinin hesaplanmalarında farklılıklar bulunmaktadır.

3.2.1. Redüktörlü bir motorun enerji tüketiminin yaklaşık hesabı

Redüktörlü motorda dişli olduğu için enerji kaybı söz konusudur. Redüktörlü motorda enerji hesabı yapabilmek için Denklem 3.3'te gösterildiği gibi dengelenmemiş ağırlığın bulunması gerekir. Dengelenmemiş ağırlık hesaplandıktan sonra kasnak yarıçapı ve yer çekim kuvveti ile çarpılıp dişli oranı ve dişli kutusu verimine bölünür. Buradan elde edilecek değer, Denklem 3.4'te görüldüğü üzere yük momentidir. Birimi newton/metre'dir.

$$M_{yük} = \frac{m_{net} \cdot g \cdot r_{kasnak}}{\ddot{u} \cdot \eta_{dk}} \quad (3.4)$$

Denklem 3.4'te g yer çekim kuvveti, r kasnak yarıçapı, \ddot{u} dişli oranı ve η_{dk} ise dişli kutusu verimidir. Bundan sonra motorun harcadığı gücü bulabilmek için bulunan $M_{yük}$ ile ω_{motor} çarpılır.

$$P_{motor} = M_{yük} \cdot \omega_{motor} \quad (3.5)$$

ω_{motor} , Denklem 3.5'te gösterildiği şekilde bulunur. Görüldüğü üzere dişli oranı ile ω_{kasnak} çarpılmıştır.

$$\omega_{motor} = \omega_{kasnak} \cdot \ddot{u} \quad (3.6)$$

ω_{kasnak} hesabının nasıl yapıldığı Denklem 3.7'te gösterilmektedir.

$$\omega_{kasnak} = \frac{V_{Asansör Hızı}}{r_{kasnak}} \quad (3.7)$$

Denklemden ω_{kasnak} hesabı için asansörün o andaki hızı kasnak yarıçapına bölünür. Buradan elektriksel gücü bulabilmek için bulunan motor gücü (P_{motor}) motor verimine bölünür.

$$P_{\text{elektrik}} = \frac{P_{\text{motor}}}{\eta_{\text{motor}}} \quad (3.8)$$

Harcanan enerjiyi hesaplayabilmek için motorun hesaplanan elektriksel gücü ne kadar sürede uyguladığını bulmak yeterli olacaktır. Denklem 3.9'da harcanan enerjiyi bulabilmek için elektriksel güç asansörün hareket ettiği süre ile çarpılmış ve bu süre saniye cinsinden olduğu için 3600'e bölünmüştür. Elde edilen sonuç bu süre zarfında Wh cinsinden harcanan enerjidir.

$$\text{Harcanan Enerji (Wh)} = \frac{P_{\text{elektrik}} \cdot \text{Hareket Süresi}}{3600} \quad (3.9)$$

Bu hesaplanan enerjiler asansörün çalıştığı gün boyunca toplanırsa asansörün harcadığı günlük enerji bulunabilir. Bu çalışmada hesaplanan bu enerjiye ek olarak kapının açılıp kapanmasındaki harcanan enerjide eklenmektedir. Bu bilgi kullanıcıdan girdi olarak alınmaktadır.

3.2.2. Dişlisiz motorun enerji tüketiminin yaklaşık hesabı

Enerji hesabında tüm denklemler redüktörlü hız kontrollü motor ile aynı olmakla birlikte değişen tek şey, motorun dişli kutusu olmadığı için dişlilerde kaybedilen bir enerjide olmayacaktır. Dolayısıyla dişli oranı ve dişli kutusu verimi bir olarak alınmakta ve $M_{\text{yük}}$ Denklem 3.10'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$M_{\text{yük}} = m_{\text{net}} \cdot g \cdot r_{\text{kasnak}} \quad (3.10)$$

Denklem 3.8'de m_{net} redüktörlü hız kontrollü motor ile aynıdır. Denklemde, g yer çekim kuvveti ve r_{kasnak} kasnak yarıçapıdır. Bundan sonraki hesaplamaların hepsi aynı olduğu için tekrar bu hesaplamalara değinilmemiştir.

3.3. Örnek Sistemin Analizi

10 katlı bir binada kat yüksekliğinin 2,8 olduğu, 4 asansörün bulunduğu ve asansörlerin yük kapasitelerinin 320 kg 4 kişi olduğu, asansör ivmesinin $0,65 \text{ m/s}^2$ ve hızının 1 m/s olduğu varsayılırsa gerekli diğer parametreler şu değerlerde alınmıştır.

Motor çeşidi: Dişli motor

g (Yer çekim kuvveti) : 9,81

r (Kasnak Yarıçapı) : 0,25

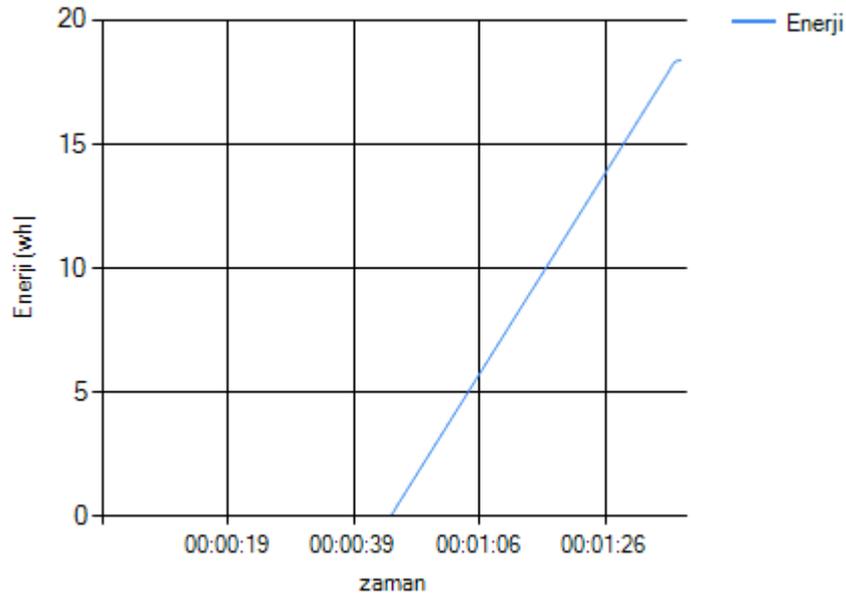
$ü$ (Dişli Oranı) : 36

n (Motor Verimi) : 0,65

η_{dk} (Dişli Kutusu Verimi): 0,7

Kapının açılıp kapanmasında harcanan yaklaşık güç: 300 W

Bu parametreler ile simülasyon bir saat çalıştırılırsa referans turu hesabı bu çalışmada geliştirilen simülatör yardımıyla Şekil 3.1'deki gibi oluşur.

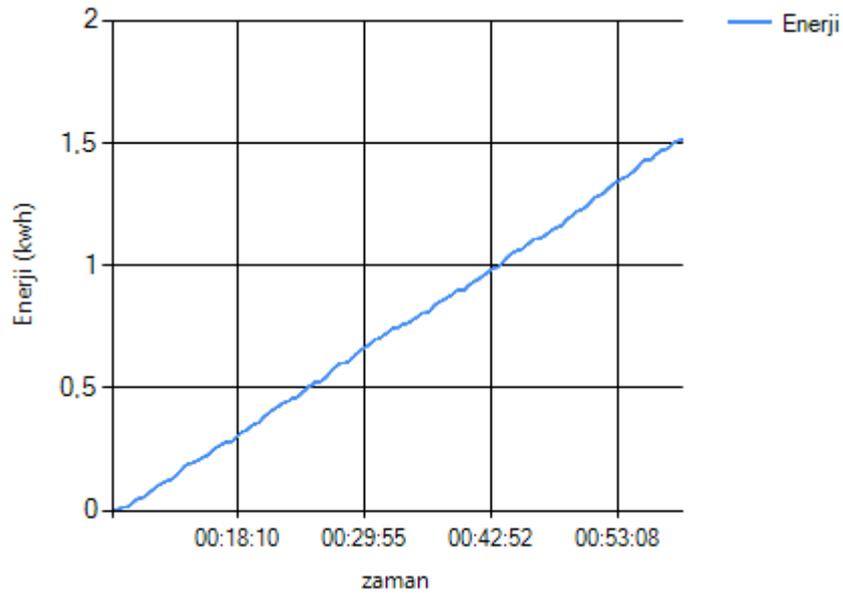


Şekil 3.1. Örnek referans turunda harcanan enerji grafiği

Şekil 3.1'de görüldüğü gibi referans turunda asansör yukarı doğru çıktığında ve asansör boş olduğu için karşıt ağırlık daha ağır basacak ve karşıt ağırlık aşağı doğru indiği için hiç enerji harcanmayacaktır. Çok azda olsa enerji harcaması olabilir fakat bu değişik yollardan tekrar sisteme geri verilebilmekte ve çok küçük değerler olduğu için bu çalışmada sıfır olarak kabul edilmiştir.

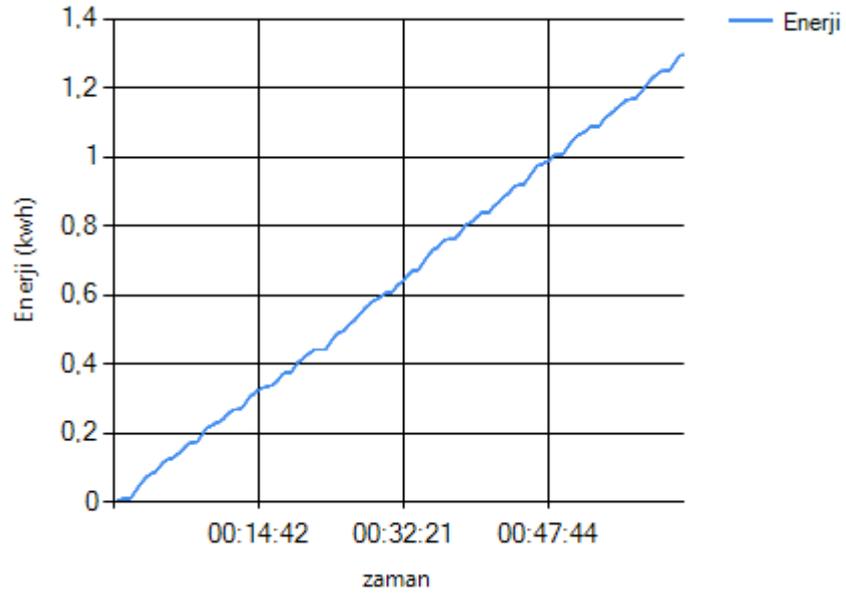
Fakat Şekil 3.1’de belli bir müddet sonra doğrunun yukarı doğru hareket ettiği ve enerjinin harcanmaya başladığı görülür bunun sebebi referans turunda asansör aşağı doğru inmeye başlamıştır. Asansör aşağı indiğinde boş olduğu için karşıt ağırlığı yukarı çekme hareketi olacağından enerji harcanacaktır. Referans turunda harcanan toplam enerji 18,39 Wh’dur.

Aynı örnekteki yapı bir saat süresince çalıştırılırsa ve yolcuların gelme dağılımı normal dağılım olduğu standart sapmanın 0,44 ve ortalama 2 dakikada bir 10 kişinin sisteme giriş yaptığı varsayılırsa yukarı yoğun trafikte sistemin 1 saat boyunca harcadığı enerji Şekil 3.2’de görülmektedir.



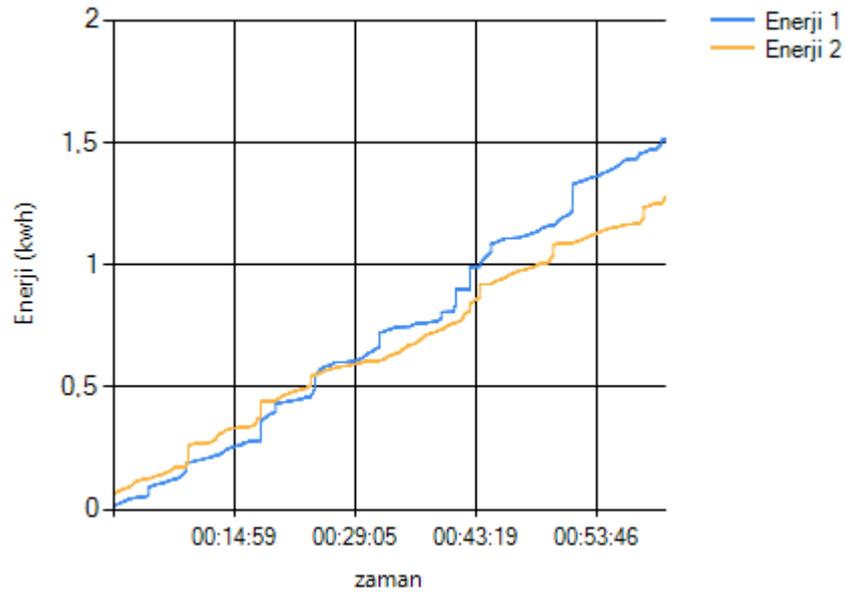
Şekil 3.2. Örnek çalışma süresince harcanan enerji grafiği

Harcanan toplam enerji miktarı bir saatte 1,51 kWh'dir. Simülatörün hesapladığı ortalama bekleme süresi 50,72 saniyedir. Aynı örneğin asansör sayısı bir azaltılıp tekrar simülasyonu gerçekleştirilirse elde edilen enerji grafiği Şekil 3.3'te görülmektedir.



Şekil 3.3. Örnek 2 çalışma süresince harcanan enerji grafiği

Çalışma süresince harcanan toplam enerji miktarı 1,3 kWh'dur. Simülatörün hesapladığı ortalama bekleme süresi 59,63 saniyedir. İki farklı senaryoya bakıldığında bekleme süresi çok etkilenmezken enerji tüketimi gözle görülür biçimde düşürülmüştür. İki senaryonun enerji grafiklerinin karşılaştırılması Şekil 3.4'te verilmiştir. Daha detaylı analizler ilerleyen bölümlerde yapılacaktır.



Şekil 3.4. İki farklı senaryonun enerji tüketimi karşılaştırması

Verilen bu örnekte hesaplamaların nasıl yapıldığı incelenecek olursa asansörde 3 kişi olduğu ortalama 75 kilo oldukları ve yukarı çıktıkları düşünülürde;

$$m_{\text{yük}} = 3 \times 75 = 225 \text{ kg}$$

$$m_{\text{beyan Yüki}} = 320 \text{ kg}$$

$$m_{\text{net}} = 225 - \frac{320}{2} = 65 \text{ kg}$$

$$M_{\text{yük}} = \frac{65 \times 9,81 \times 0,25}{36 \times 0,7} = 6,32 \text{ Nm}$$

$$\omega_{\text{kasnak}} = \frac{1}{0,25} = 4 \text{ rad/s}$$

$$\omega_{\text{motor}} = 4 \times 36 = 144 \text{ rad/s}$$

$$P_{\text{motor}} = 6,32 \times 144 = 910,08 \text{ W}$$

$$P_{\text{elektrik}} = \frac{910,08}{0,65} = 1400,12 \text{ W}$$

1400,12 olarak bulunan elektriksel güç 10 saniye uygulanırsa harcanacak enerji miktarı;

$$\text{Harcanan Enerji} = \frac{1400,12 \times 10}{3600} = 3,89 \text{ Wh}$$

4. TASARLANAN ASANSÖR SİMÜLATÖRÜ

4.1. Giriş

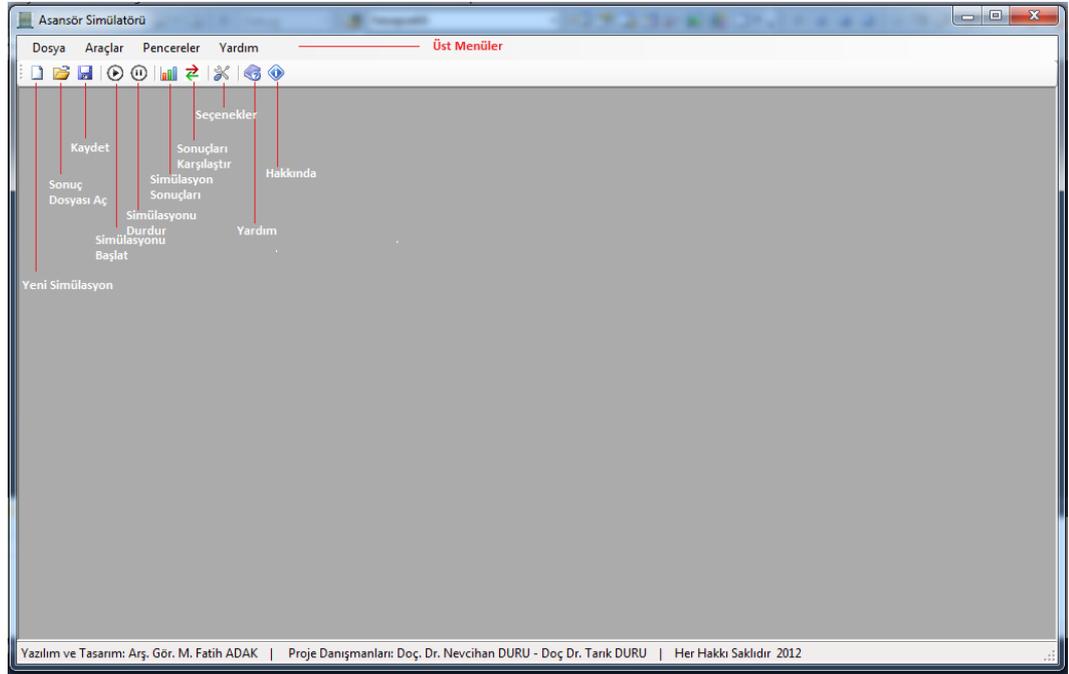
Bu çalışmada Microsoft Visual Studio 2010 .Net 4.0 ortamında C# programlama dili kullanılarak bir asansör simülatörü tasarlanmıştır. Simülatör belli bir sistemin simülasyonunu gerçekleştirebilmek için yazılmış olan programdır. Yazılmış olan bu simülatörün dil desteği bulunmaktadır. Araçlardan İngilizce dili seçilirse bütün ara yüzler ve yazılar İngilizce olmaktadır ve hesaplamalarda İngilizce dilinin standartlarına göre yapılmaktadır. Buna örnek olarak ondalık ayrımı Türkçe sistemlerde virgül ile yapılırken İngilizce olan sistemlerde nokta ile yapılmaktadır. Bu simülatör çeşitli parametreleri kullanıcıdan girdi olarak alıp simülasyonu istenen süre kadar çalıştırdıktan sonra analiz yapabilecek sonuçları üretmektedir. Ürettiği sonuçlar arasında sisteme giren toplam kişi sayısı, hizmet gören toplam kişi sayısı, ortalama bekleme süresi, ortalama transfer süresi ve bunların grafikleri, yapılan çağrılar, asansörün referans turunda tükettiği enerji çalışma süresince tüketilen enerji gibi sonuçlar bulunmaktadır. Asansör simülatör, veri madenciliği yapabilecek veriler üretmektedir. Bu çalışmada da üretilen veriler üzerine veri madenciliği çalışması yapılmıştır.

Asansör simülatörü nesne yönelimli programlamaya uygun olarak geliştirilmiştir. Simülatörde bahsi geçen asansörler, kişiler, kişilerin taşıdığı eşyalar, asansör kontrol birimi, çağrılar, enerji ve diğer toplanan veriler nesne yapısında ve birbirleri ile ilişkisel yapıda tasarlanmışlardır. Programda kullanılan ara yüzler çok az bilgisayar bilgisine sahip bir kullanıcı tarafından bile çok rahat bir şekilde anlaşılabilir. Kullanıcıdan girdi alınan ara yüzlerde anlaşılabilir bir dil kullanılmış olup her türlü hatalı girişe karşı önlem alınmıştır.

Bu bölümde geliştirilen asansör simülatörü detaylı bir şekilde incelenecek olup tasarlanan sınıf yapısı, ara yüzler, simülatörün çalışma prensibi, zamanlamanın nasıl yapıldığı, alınan girdiler ve üretilen sonuçlar irdelenecektir.

4.2. Simülatörün Genel Yapısı

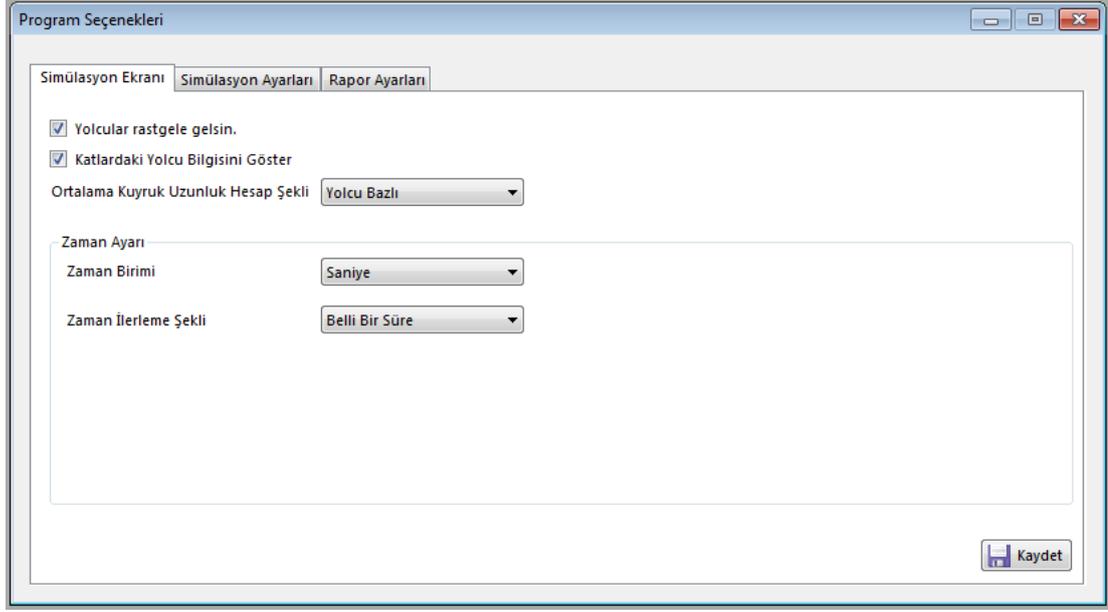
Geliştirilen asansör simülatörünün amacı gerçek asansör sisteminin bazı parametreleri elde edilerek simülasyon gerçekleştirildiğinde çok detaylı sonuçlar elde edebilmektir. Dolayısıyla simülasyon başlamadan önce kullanıcıdan gerekli parametreler girdi olarak alınmalıdır. Şekil 4.1’de simülatörün ana penceresi, sahip olduğu menüler ve ilişkileri görülmektedir.



Şekil 4.1. Simülatörün ana ekranı

4.2.1. Simülatörde seçenekler ekranı

Simülasyona başlamadan önce simülasyonun ince ayarları seçenekler bölümünden değiştirilmelidir. Seçenekler penceresine üst menüden araçlar sekmesinden girilebildiği gibi direk ana menüden ilgili butona tıklanıp da girilebilir. Seçenekler kısmına girildiğinde, üç sekmeden oluşan bir pencere ekrana gelecektir. Bu sekmelerden ilkinde, simülasyon ekranı Şekil 4.2’de görüldüğü gibi simülasyon çalıştığında ekrana gelen pencere ile ilgili ayarlar bulunmaktadır.



Şekil 4.2. Program seçenekleri, simülasyon ekranı

“Yolcular rastgele gelsin” seçeneği seçili ise, belirtilmiş olan dağılım fonksiyonuna göre sisteme yolcular rastgele gelecektir. Kullanıcı simülasyon çalıştığı esnada herhangi bir kata elle yolcu girişi yapamaz. Fakat yolcular rastgele gelsin seçeneği seçili değil ise kullanıcı elle yolcu girişi yapmadığı sürece sisteme herhangi bir şekilde yolcu girişi olmayacaktır. “Katlardaki yolcu bilgisini göster” seçeneği seçili ise, simülasyon çalıştığı sürece hangi katta kaç yolcu bekliyor bilgisi görülebilir. Ortalama kuyruk uzunluğu hesap şekli olarak iki farklı seçenek bulunmaktadır. Bunlar “yolcu bazlı” ve “zaman bazlı” seçeneklerdir. Bu seçenek ortalama kuyruk uzunluğu hesabının nasıl yapılacağını belirtir. Eğer yolcu bazlı olarak seçilmiş ise ortalama kuyruk uzunluğu kaç kez hesaplanmış ise o değere bölünür. Zaman bazlı seçilmiş ise ortalama kuyruk uzunluğu zamana bölünür. Zaman bazlı seçeneğinde hiç yolcu gelmediği zamanlarda anlık kuyruk sıfır olacağı için ortalama kuyruk uzunluğunu aşağı çekecektir. Yolcu bazlı hesapta ise sisteme yolcu girişi yapmadığı zamanlarda ortalama kuyruk uzunluğu aynı kalacaktır. Zaman ayarı bölümünde zaman birimi seçeneği simülasyonda temel zaman biriminin ne olduğunu belirler. Bu, ya saniye ya da dakika olabilmektedir. Saat ya da gün asansör simülatörüne uygun olmadığı için seçeneklere koyulmamıştır. Çünkü asansörün işleyişi saniye ve dakikalar bazındadır. Simülasyon ekranı sekmesinin son seçeneği olan zaman ilerleme şekli önemli değişiklikleri gerçekleştirmektedir. Zamanın ilerleme şekli olarak belli bir süre veya tüm gün süreç olarak iki farklı tür sunulmuştur.

Belli bir süre seçeneği seçilirse günün saatlerinin önemi olmayacaktır. Simülasyon bir saat çalıştırılacaksa simülasyon sıfırdan başlayıp bir saat geçtikten sonra sona erecektir. Fakat tüm gün süreç olarak seçeneği seçilirse günün saat dilimleri önem kazanıp her saat dilimine farklı trafik türü ve farklı yolcu sayısı atanabilir. Bu durumda örneğin bir işyerinde mesai süresi boyunca simülasyon çalıştırılıp her saat dilimi ayrı ayrı analiz edilebilir. Mesai saati süresince asansör trafiği aynı olmayacağı için belli bir süre seçeneği seçilip simülasyonun sekiz saat boyunca aynı trafik yoğunluğu ile çalıştırılması doğru olmayacaktır. Tüm gün süreç olarak seçeneğinde her saat dilimine dört farklı trafik türünden biri tanımlanabilir ya da belirli bir saat diliminde trafik yok ise o saat dilimi için yok seçeneği atanabilir.

Program seçeneklerinde ikinci sekme olan simülasyon ayarları sekmesi asansörün, yolcuların ve binanın çeşitli ayarlarının değiştirilebileceği seçenekleri içerir. Şekil 4.3'te görüldüğü gibi seçenekler üç farklı bölüme ayrılmıştır.

Program Seçenekleri

Simülasyon Ekranı Simülasyon Ayarları Rapor Ayarları

Bina Türü Eşya Ağırlıkları

Apartman İçin Max Eşya Ağırlığı 10

Gökdelen İçin Max Eşya Ağırlığı 15

Alışveriş Merkezi İçin Max Eşya Ağırlığı 30

Hastane İçin Max Eşya Ağırlığı 5

Okul İçin Max Eşya Ağırlığı 5

İşyeri İçin Max Eşya Ağırlığı 5

Kişilerin

Min Kilo Ağırlıkları 25 Max Kilo Ağırlıkları 120

Hedeflenen Ortalama Bekleme Süresi (Sn) 35

Gelen Kişi Sayısı Saatlere Göre Değişken Olsun

Asansörlerin

Motor Türü Dişli

Dişli Oranı (ü) 36

Motor Verimi (n) 0,65

Dişli Kutusu Verimi 0,7

Kasnak Yarıçapı (r) 0,25

Kapının Açılıp Kapanmada Harcadığı Güç (watt) 350

Yer Çekimi (g) 9,81

Hedeflenen Ortalama Transfer Süresi (Sn) 30

Kaydet

Şekil 4.3. Program seçenekleri, simülasyon ayarları

Bina türünün olduğu kısımda, bina türlerinin max eşya ağırlıkları değiştirilebilir. Bunun anlamı asansöre binecek yolcuların taşıdıkları eş ağırlıkları en fazla belirtilen miktar kadar olabilir. Bunun simülasyon açısından ne önemi var? Sorusuna verilecek cevap alışveriş merkezi ve havalimanı gibi binalarda yolcuların taşıdıkları eşyalar önemsenerek boyuttadır, bu eşyalar yüzünden belki de bazı yolcular asansöre binemeyecektir.

Dolayısıyla geliştirilen asansör simülöründe eşyanın ağırlığı da hesaba katılmıştır. Simülörde dahil edilen bina türleri: apartman, gökdelen, alışveriş merkezi, hastane, okul ve işyeri olmak üzere altı adettir. Bina türünün eşya ağırlığı dışında simülasyona herhangi bir etkisi yoktur. Yolcular bölümünde ise yolcuların min ve max kilo ağırlıkları değiştirilebilir. Hedeflenen ortalama bekleme süresi simülasyonu yapılacak bina için kaçtır? Bu değer performans hesabına dahil edildiği için önemlidir. Yani hedeflenen ortalama bekleme süresi çok büyük girilirse performansta buna bağlı olarak yanlış bir şekilde büyük çıkabilir. Hedeflenen ortalama bekleme süresi saniye cinsinden girilmelidir. “Gelen kişi sayısı saatlere göre değişken olsun” seçeneği eğer simülasyon saat dilimleri olarak çalıştırılacaksa yani yukarıda bahsedilen “tüm gün süreç olarak” seçeneği seçilmiş ise her saat diliminde farklı sayıda yolcu gelmesi sağlanabilir. Örneğin mesai saatleri süresince 7:00-8:00 saatleri arası gelecek yolcu sayısı ile 8:00-9:00 saatleri arası gelecek yolcu sayısı aynı olmayacaktır. Dolayısıyla bu seçeneğin seçilip saat dilimlerindeki yolcu sayısının değiştirilmesi verilen örneğin simülasyonu için gereklidir. Asansörler bölümünde ise asansörün motor türü seçilebilir. Bu çalışmada dahil edilmiş olan iki farklı motor türünden biri seçilebilir. Bunlar redüktörlü veya dişlisiz motordur. Dişlisiz motorda, redüktörlü motordan farklı olarak dişli oranı ve dişli kutusu verimi bulunmaz. Ve doğal olarak dişlilerde kaybedilen enerjiden bahsedilemez. Bunlar dışında motor verimi ve kasnak yarıçapı iki motor türü içinde bulunmaktadır. Motor verimi motorun elektrik devresinden çektiği enerjiyi ne oranda asansöre iletebiliyor. Yer çekimi kuvveti de yine aynı ekrandan alınmaktadır. Yoğun çalışan asansör sistemlerinde asansörlerin kapıları sürekli açılıp kapanmaktadır. Dolayısıyla kapının açılıp kapanmasında ne kadar güç harcadığı program için önemlidir ve bu bölümde girdi olarak alınmaktadır. Hedeflenen ortalama transfer süresi seçeneği ise simülasyonun gerçekleştirileceği bina için beklenen ortalama transfer süresi nedir? Yine bu bilgi performans hesabında kullanılacağı için önem arz etmektedir.

4.2.2. Simülasyonda ilk bilgiler ekranı

Seçeneklerden ince ayarlar yapıldıktan sonra simülasyona başlamak için ana ekrandan yeni simülasyon butonuna tıklanıp gerekli parametreler girilmelidir. Şekil 4.4’te simülasyon başlamadan önce girilmesi gereken parametreler görülmektedir.

The screenshot shows the 'Asansörün İlk Girdileri' (Elevator Initial Inputs) window. It is organized into four main sections:

- Bina Verileri (Building Data):**
 - Bina Türü: Apartman
 - Kat Sayısı: 9
 - Asansör Sayısı: 2
 - Zemin Kat: 1
 - Kat Yüksekliği: 2,8 metre
- Trafik Verileri (Traffic Data):**
 - Trafik Türü: İki Yönlü Trafik
 - Yolcuların Gelme Oranı: Uniform Dağılım
 - Yolcuların Gelme Oranı: Dakika
 - Min: 2
 - Max: 5
 - Yolcuların Gelme Sayısı: 20 kişi
- Asansör Verileri (Elevator Data):**
 - Asansör Kapasitesi: 4 kişi
 - Asansör Yük Kapasitesi: 320 kg (min:200)
 - Kapı Açılıp Kapanma Süresi: 8 saniye
 - Asansörün Hızı: 1 metre/saniye
 - Asansörün İvmelenme Hızı: 0,7 metre/saniye²
- Simülasyon Verileri (Simulation Data):**
 - Simülasyon Hızı: Çok Hızlı
 - Simülasyon Süresi: (0:Sonsuz) 1 Saat
 - Hizmet Görecek Toplam Yolcu Sayısı (0:Sonsuz): 0

A 'Simülasyona Başla' (Start Simulation) button is located at the bottom right of the window.

Şekil 4.4. Asansörün ilk girdileri

Parametrelerin girileceği bu ekranda dört bölüm yer almaktadır. Bu bölümler bina verileri, asansör verileri, trafik verileri ve simülasyon verileri bölümleridir. Bina verileri bölümünde bina ile ilgili parametreler alınır. Bina türü için altı farklı bina türünden biri seçilmelidir. Bu bina türleri sadece eşya ağırlıklarında dikkate alınan parametrelerdir. Kat sayısı için binadaki kat sayısı seçilmelidir. Burada dikkat edilmesi gereken kat sayısından kasıt asansörün çalıştığı kat sayısıdır. Asansörün olmadığı katı dahil edip kat sayısı girmek yanlış hesaplamalara neden olacaktır. Asansör sayısı için binada kaç asansör varsa o kadar seçilmelidir. Zemin katı bilgisi asansörün inebildiği en alt katı gösterir. Yani 10 katlı bir bina seçilmiş ise ve zemin kat olarak üçüncü kat seçilmiş ise asansör üçüncü kattan aşağı inmeyecektir. Bina verilerinden son olarak kat yüksekliği alınır.

Kat yüksekliği asansörün ne kadar sürede bir katı geçeceği açısından çok önemli veri olup tam olarak doğru girilmelidir.

Simülasyon başlamadan önce alınan parametrelerin ikinci bölümü olan asansör verilerinde asansör kapasitesi alınır. Bu sayı asansörün alabileceği yolcu sayısıdır. Asansörün yük kapasitesi ise asıl ölçüm kriteri olup ikinci sırada yolcu sayısına bakılmaktadır. Yani 4 kişilik ve 320 kg kapasiteli bir asansöre 3 kişi bindikten sonra dördüncü bir kişiyi kg açısından alacak kapasite kalmadıysa bu dördüncü kişi asansöre alınmayacaktır.

Kapının açılıp kapanma süresi saniye cinsinden olup ortalama bir değer girilmelidir. Asansörün hızı metre/saniye cinsinden alınır. Simülasyon süresince birçok değere etki eden önemli bir parametredir. Birçok gerçek asansör sisteminde ivmelenme hızı asansörün hızından farklıdır. Bunun nedeni ise asansörün hızı yüksek ve ivmelenme hızı asansörün hızı ile aynı olursa hızlanma ve yavaşlamalarda yolcu konforunu kötü yönde etkileyecektir. Bu çalışmada hızlanma ivmesi çalışmaya dahil edilmiş olup yavaşlama ivmesi göz ardı edilmiştir.

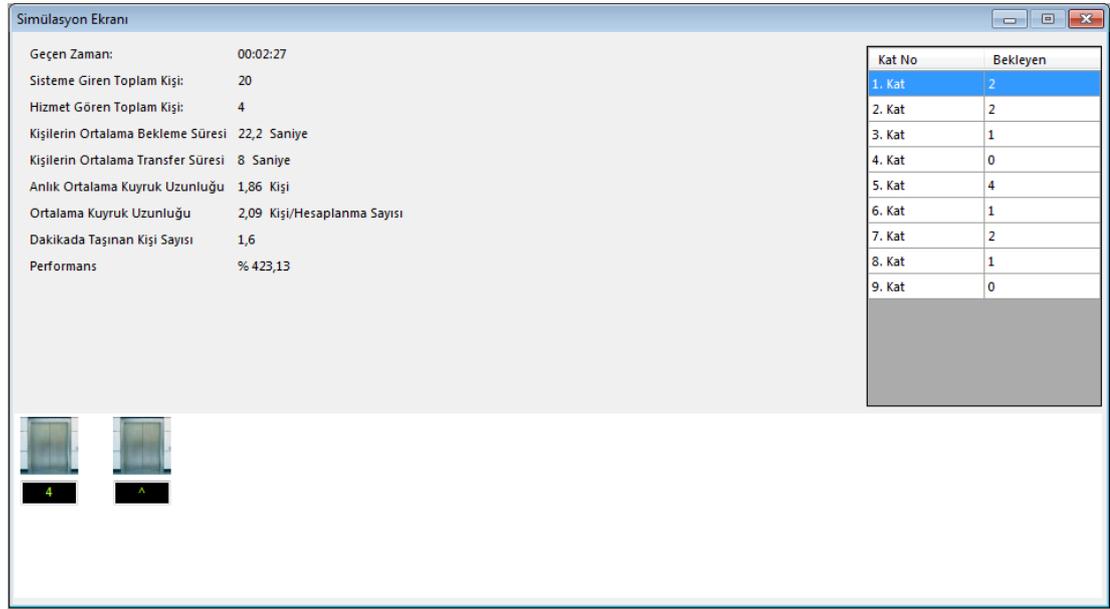
Trafik verileri bölümünde ise trafik türü seçilebilir eğer seçenekler kısmında zaman ilerleme şeklinden belli bir süre seçeneği seçilmiş ise bu bölüm aktif olmaktadır. Seçilmemiş ise her saat dilimi için trafik türü değiştirilebilir olduğu için bu bölüm pasif olmaktadır. Belli bir süre seçeneği için trafik türünün ne olacağı bu seçenekten seçilebilir. Trafik verilerinde diğer bir seçenek yolcuların gelme oranının ne olduğudur. Bu oran bilinen dağılım fonksiyonlarından biri olabileceği gibi sabit bir değer de olabilir. Eğer bir dağılım fonksiyonu seçilecekse bu dağılım fonksiyonunun hangisi olacağı gerçek sistemde binaya gelen yolcular gözlemlenerek ya da binanın nüfusu dikkate alınarak yapılabilir. Hangi dağılım fonksiyonu seçilecekse o fonksiyona ait parametreler doğru girilmelidir. Ardından yolcuların gelme sayısı belirtilmelidir. Örneğin normal dağılım seçilmiş ve 20 kişi girilmiş ise normal dağılıma göre her seferinde bir sayı üretilecektir. Bu sayı belirtilmiş olan süre birimine göre örneğin dakika belirtilmiş ve üretilen sayı 3 ise bu bir dahaki 20 kişinin sisteme giriş zamanı 3 dakika sonra olacak demektir.

Simülasyon başlamadan alınan parametrelerin sonuncu bölümü olan simülasyon verileri bölümünde, simülasyon hızı ve ne kadar süreceği ile ilgili bilgiler bulunmaktadır. Simülasyon hızı dört farklı tür ile belirlenebilir.

Bu hız seçeneğinin olması simülasyon çalışırken adım adım izleyebilmek için önemlidir. Simülasyonun sonlanabilmesi için, iki farklı kriterden birinin gerçekleşmesi gerekir. Ya belirtilen simülasyon süresi bitmiştir ya da hizmet görmesi gereken yolcu sayısına ulaşılmıştır. İki kriter de sıfır girilirse bu, simülasyonun hiçbir şekilde sonlanmayacağı anlamına gelir.

4.2.3. Simülasyon ekranı

Belirtilen parametrelerin hepsi girilip simülasyon başla butonuna basıldıktan sonra artık simülasyon başlamış olur ve ilk etapta simülatör hızlı bir şekilde referans turunda tüketilen enerjiyi hesaplamak için bir asansörü en üst kata gönderip oradan tekrar zemin kata gönderir. Bundan sonra simülasyon başlamış olur ve veriler üretilir. Simülasyon ekranı Şekil 4.5'te görüldüğü gibi anlık değişen veriler ve görsel açıdan asansörlerin durumu görünmektedir.



Şekil 4.5. Simülasyon ekranı

Eğer seçeneklerden yolcular rastgele gelsin seçeneği seçilmemiş ise simülasyon ekranında yolcu girme bölümü gelecektir. Buradan yolcuların beklediği kat gideceği kat ve kaç yolcunun beklediği bilgisi girilebilir. Eğer seçeneklerden yolcular rastgele gelsin seçeneği seçilmiş ise süre işlediği için dağılıma göre belirtilmiş süre ve yolcu sayısı kadar zamanı gelince sisteme dahil edilir.

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi simülasyon ekranı üç bölümden oluşmaktadır. Sol üst taraf anlık olarak istatistiksel bilgileri göstermektedir. Bu istatistiksel bilgilerden geçen zaman bilgisi, simülasyon başladığından itibaren ne kadar süre geçtiğini gösterir. Seçeneklerden belli bir süre seçilmiş ise 00:00:00'dan başlar tüm gün süreç olarak seçeneği seçilmiş ise başlama saatinden itibaren işlemeye başlar. Sisteme giren toplam kişi sayısı bilgisi binaya giren toplam yolcu sayısını belirtir.

Hizmet gören toplam kişi sayısı ise binaya giren yolculardan kaçının asansöre binip inebildiğini gösterir. Yolcu asansörün içindeyse ve simülasyon sona ermiş ise bu yolcu hizmet gören kişilerden sayılmaz. Kişilerin ortalama bekleme süresi yine bu ekranda bilgi olarak gösterilmektedir. Bir yolcunun bekleme süresi çağrı butonuna basması ile başlar, asansör kabinin içine girmesi ile son bulur. Bir yolcunun transfer süresi ise, asansör kabininin içine girmesi ile başlar, kabinden dışarı çıkması ile son bulur. Anlık ortalama kuyruk uzunluğu bilgisi geçmiş kuyruk uzunlukları bilgisini hesaba katmadan o anki binada bulunan yolcu kuyruklarının ortalamasıdır. Ortalama kuyruk uzunluğu ise geçmiş kuyruk uzunlukları bilgilerini de hesaba katar. Dakikada taşınan kişi sayısı hizmet gören kişilerin geçen toplam zamana bölünmesi ile bulunur. Dolayısıyla belli saat dilimlerinde hiç yolcu yoksa ya da az sayıda yolcu varsa dakikada taşınan kişi sayısı azalacaktır. Simülasyon ekranındaki istatistiki bilginin sonuncusu olan performans hesabı Denklem 4.1 ve 4.2'den yararlanılıp 4.3'e göre hesaplanmaktadır.

$$\text{Bekleme Süresi Performans} = \frac{\text{Hedeflenen Ort. Bek. Süresi} \times 100}{(\text{Top. Bek. Süresi} / \text{Sisteme Giren Top. Kişi})} \quad (4.1)$$

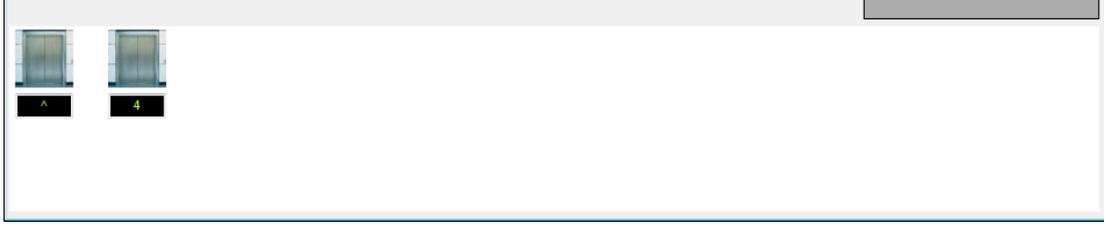
$$\text{Transfer Süresi Performans} = \frac{\text{Hedeflenen Ort. Trans. Süresi} \times 100}{(\text{Top. Trans. Süresi} / \text{Hizmet Gören Top. Kişi})} \quad (4.2)$$

$$\text{Performans} = \text{Bekleme Süresi Perf.} \times 0.5 + \text{Transfer Süresi Perf.} \times 0.5 \quad (4.3)$$

Performans hesabının yüksek çıkması beklenen hizmet kalitesine yaklaşıldığını gösterir. Performans 100'ün üzerinde bir değer çıkarsa tasarlanan sistemin beklenenden daha fazlasını verdiğini gösterir.

Simülasyon ekranında en altta bulunan bölüm asansörlerin durumlarını gösterir.

Asansörlerin 3 farklı durumu dikkate alınmıştır: ya asansörler yukarı çıkmaktadır, ya aşağı inmektedir ya da bir katta durmaktadır. Örneğin Şekil 4.6'da binada 2 asansörün bulunduğu ve 1. asansörün yukarı doğru çıktığı ikinci asansörün ise 4. katta durduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. Simülasyon ekranı asansörlerin durumları

Simülasyon ekranının sağ tarafında bulunan bölümde eğer seçeneklerden seçilmiş ise hangi katta kaç yolcunun beklediği bilgisi görülmektedir. Bu kısım sadece bilgi amaçlı olup değer girilmesine ya da düzeltilmesine müsaade edilmemektedir. Simülasyon, ana ekranda üstteki menüden durdurma ve başlatma butonları kullanılarak simülasyon durdurulup tekrar devam ettirilebilir. Simülasyon çalıştığı sırada seçenekler değiştirilemez. Simülasyon belirtilen kriterlere gelince duracaktır. Simülasyon sonlanmadan da sonuçlar alınabilir. Bunun için yapılması gereken, ana penceredeki üst menüden sonuçlar butonuna basmak olacaktır.

4.2.4. Simülasyon sonuçları ekranı

Bu ekranda, gerçekleştirilmiş simülasyonun çok detaylı sonuçları listelenmektedir. Ekranın en üst ve sağ tarafında sonuçların alındığı tarih ve saat bilgisi yazılmaktadır. Hemen onun altındaki bölümde zaman biriminin ne olduğu, geçen toplam zaman, sisteme giren toplam kişi sayısı, hizmet gören toplam kişi sayısı, ortalama bekleme süresi, ortalama transfer süresi, ortalama kuyruk uzunluğu, dakikada taşınan kişi sayısı ve performans listelenmektedir. Hemen onun altında Şekil 4.7’de görüldüğü gibi veri madenciliğinde kullanılabilecek hizmet gören kişiler ve yapılan çağrılar listelenmektedir.

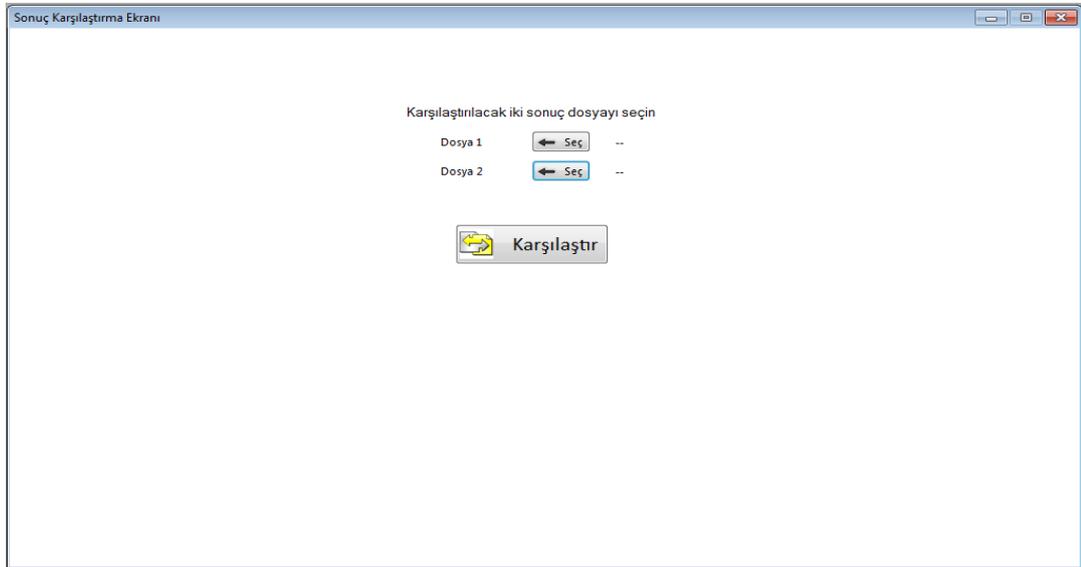
Hizmet Gören Kişiler				Toplam: 275			
Kişi	Bindiği Kat	İndiği Kat	Asansöre Giriş	Kat	Yön	Çağrı Zamanı	
1. Kişi	6	8	00:03:19	6	ASAGI	00:03:01	
2. Kişi	5	8	00:03:14	4	ASAGI	00:03:01	
3. Kişi	1	2	00:04:05	7	ASAGI	00:03:01	
4. Kişi	1	2	00:04:05	1	YUKARI	00:03:01	
5. Kişi	7	3	00:03:39	5	YUKARI	00:03:01	
6. Kişi	4	3	00:04:04	6	YUKARI	00:03:01	
7. Kişi	1	4	00:04:05	2	ASAGI	00:03:01	
8. Kişi	4	5	00:04:18	1	YUKARI	00:03:28	
9. Kişi	7	8	00:04:30	6	ASAGI	00:03:44	
10. Kişi	2	8	00:04:10	4	ASAGI	00:03:57	
11. Kişi	6	2	00:03:48	4	YUKARI	00:04:01	
12. Kişi	3	2	00:04:16	7	YUKARI	00:04:01	

Şekil 4.7. Hizmet gören kişiler ve yapılan çağrılar

Simülasyon sonuçları ekranının grafik kısımlarında ortalama bekleme süresi, ortalama transfer süresi, performans hesaplarının zamana göre dağılımı gösterilmektedir. Enerji sonuçları kısmında ise referans turunun güç ve enerji grafiklerinin zamana göre dağılımları gösterilmektedir. Simülasyon sonuçlarında listelenen verilerin amacı kullanıcının simülasyonunu yaptığı binanın asansörleri hakkında yeterli analizleri yapabileceği ortamı oluşturmaktır. Oluşan bu simülasyon sonuçları daha sonra tekrar açmak veya karşılaştırma yapabilmek için kaydedilme özelliği konulmuştur. Simülatör programı sonuçlar kaydedilmek istendiğinde verileri dosyaya binary olarak kaydetmektedir.

4.2.5. Sonuç karşılaştırma ekranı

Sonuç karşılaştırma ekranında sonuçların karşılaştırılabilmesi için iki farklı simülasyon çalıştırılıp sonuçların kaydedilmiş olması gerekir. Bu çalışmada kaydedilen sonuç dosyalarının uzantıları “.asan” olarak seçilmiştir. Eğer iki simülasyon sonucu kaydedilmiş ise bu iki sonuç karşılaştırılabilir. Bunun için Şekil 4.8’de görüldüğü gibi dosyalar okların bulunduğu butonlar ile seçilip karşılaştır butonuna basılmalıdır.

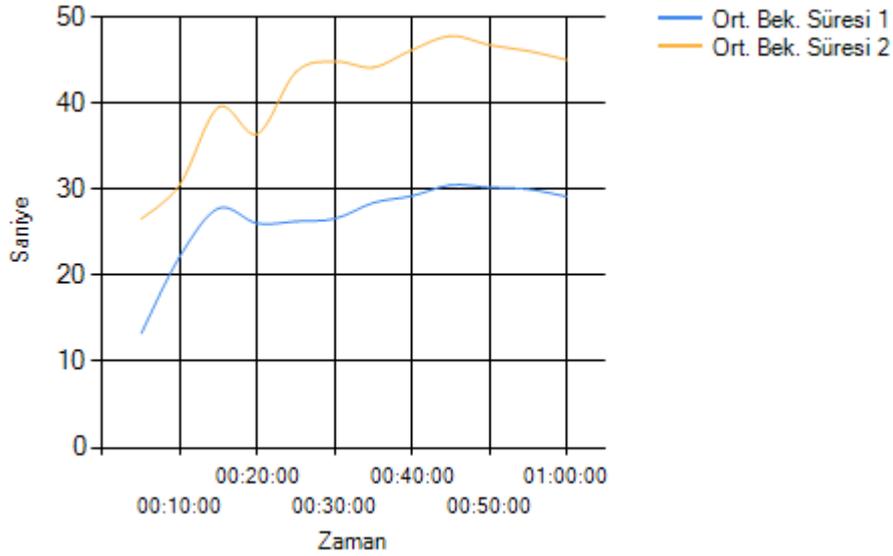


Şekil 4.8. Sonuç karşılaştırma ekranında dosya seçme

Karşılaştırma yapılacak sonuç dosyalarında dikkat edilecek husus İngilizce dili ile oluşturulmuş dosya bir başka İngilizce dili ile oluşturulmuş dosya ile karşılaştırılabilir.

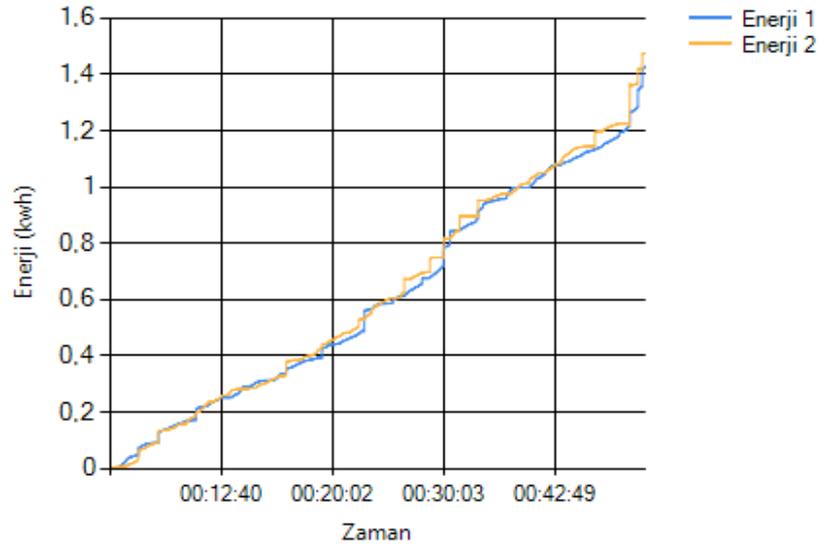
Bunun nedeni ondalık sayılarda İngilizce ve Türkçe dilindeki farklılıklardır. Dikkat edilecek bir diğer husus ise karşılaştırılacak iki senaryo aynı süre çalıştırılmış olmalıdır. Yoksa yapılacak olan karşılaştırma mantıklı olmayacaktır.

Sonuç karşılaştır butonuna basıldıktan sonra iki sonuç farklı renklerde aynı ekranda gösterilecektir. Karşılaştırma görsel grafikler ile desteklenmiş olup yapılacak analizleri kolaylaştırmaktadır. Örnek bir karşılaştırmada ortalama bekleme süresi yönünden iki senaryonun karşılaştırma grafiği Şekil 4.9'da görülmektedir. İki senaryoda tüm parametreler aynı olup tek farklılık birinde asansör sayısı 3 diğerinde asansör sayısı 2 olmasıdır. Binada asansör sayısı bir azaltıldığında ortalama bekleme süresi belirgin bir şekilde arttığı görülmüştür.



Şekil 4.9. Ortalama bekleme süresi yönünden örnek karşılaştırma

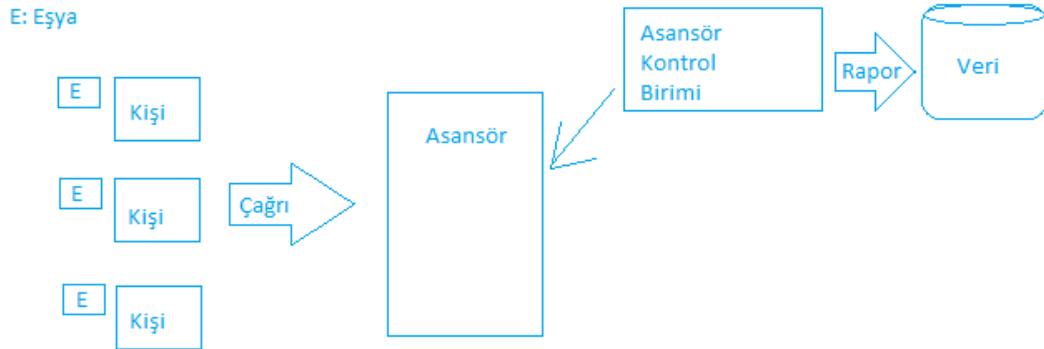
İstatistiklerde enerji verileri de karşılaştırılmaktadır. Aynı örneğin çalışma süresince harcanan enerjileri karşılaştırıldığında Şekil 4.10'daki grafik ortaya çıkmaktadır. Bir asansörün azaltılması enerji harcanmasında çok değişikliğe sebep olmamıştır çünkü geri kalan 2 asansör daha fazla çalışmışlardır.



Şekil 4.10. Çalışma süresince harcanan enerji yönünden örnek karşılaştırma

4.3. Simülâtörün Programlanması ve Nesne Yapısı

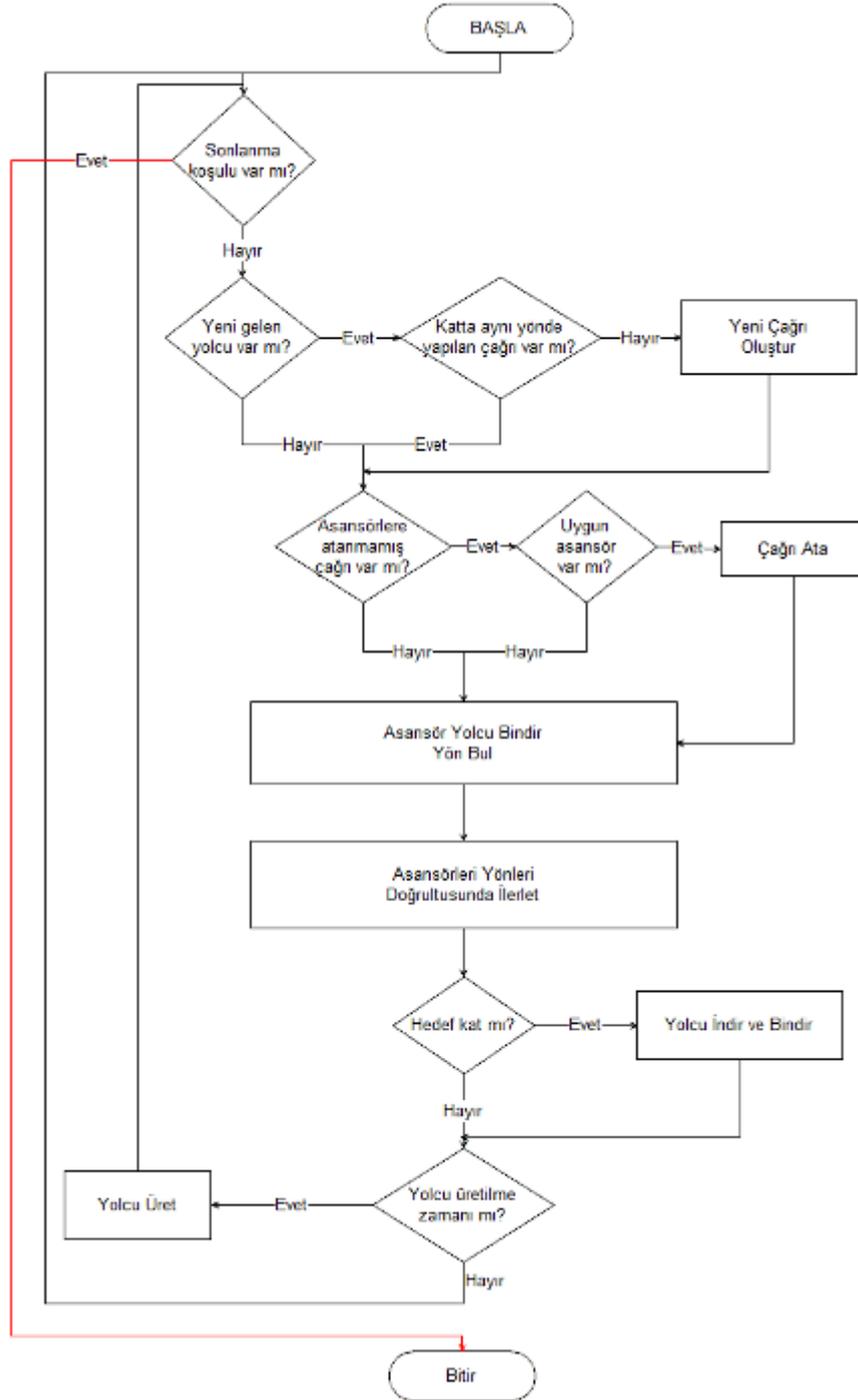
Bu çalışmada geliştirilen simülâtör Microsoft .Net ortamında C# programlama dili kullanılarak yazılmıştır. Nesne yönelimli programlamaya uygun şekilde tasarlanmıştır. Simülâtörde nesne olarak genel işleyişi anlatan yapı Şekil 4.11’de görülmektedir.



Şekil 4.11. Tasarlanan sınıfların birbirleri ile olan ilişkisi

Şekilde görüldüğü üzere her kişi bir eşya nesnesi içermektedir. Bu eşyaların kütlesi sıfır olabileceği gibi belli bir ağırlıkta da olabilmektedir. Kütlenin sıfır olması kişinin eşya taşımadığı anlamına gelmektedir. Kişiler çağrı metodu ile asansör talebinde bulunmaktadır. İki türlü çağrı şekli bulunmaktadır. Eğer kişi aşağı incekse aşağı çağır butonuna yukarı çıkacaksa yukarı çağır butonuna basar.

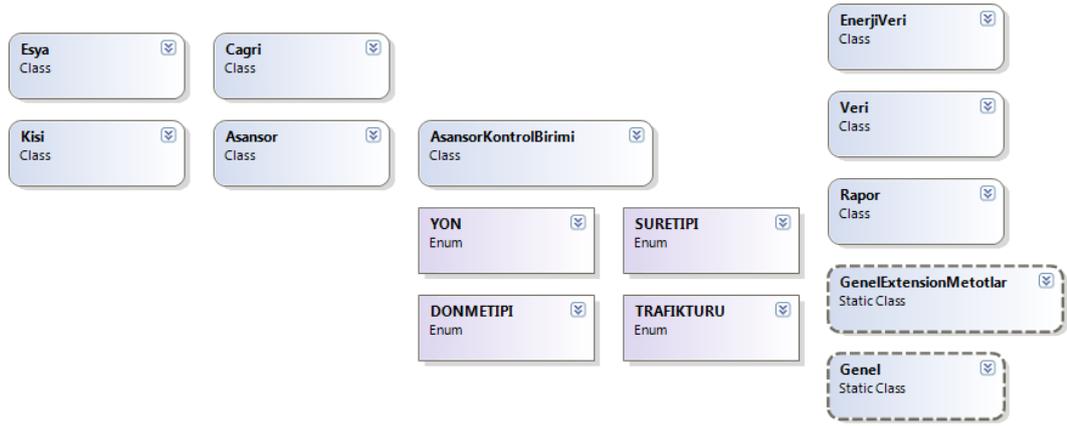
Sistemde çağrı oluştuktan sonra Asansör Kontrol Birimi nesnesi devreye girmektedir. Asansör Kontrol Birimi en yakın ve tam dolu olmayan asansörü çağrıya gönderir. Eğer hiç uygun asansör yok ise çağrı bekletilecektir. Asansör Kontrol Birimi çalıştığı süre boyunca istatistiksel verileri ve enerji verilerini kaydeder. Bu kaydetme işlemlerini rapor metotları ile yapmaktadır.



Şekil 4.12. Genel akış diyagramı

Simülâtörün işleyişinin başlangıcından bitişine kadar gerçekleşen kontroller ve işlemler Şekil 4.12’de verilen akış diyagramında görülmektedir.

Tasarlanan sistemin genel sınıf diyagramı ise Şekil 4.13’te görülmektedir. Bu sınıflar ayrı ayrı incelenecektir.



Şekil 4.13. Genel sınıf diyagramı

4.3.1. Eşya nesnesi

Yolcunun taşıdığı eşyayı temsil eder. Bu çalışmada eşyanın sadece ağırlığı hesaba katılmış olup hacmi göz ardı edilmiştir. Şekil 4.14’te eşya sınıfının içeriği görülmektedir. Şekilde görüldüğü üzere eşyanın ağırlığını tutan bir değişken ve bu ağırlık değerini döndüren bir fonksiyon bulunmaktadır.

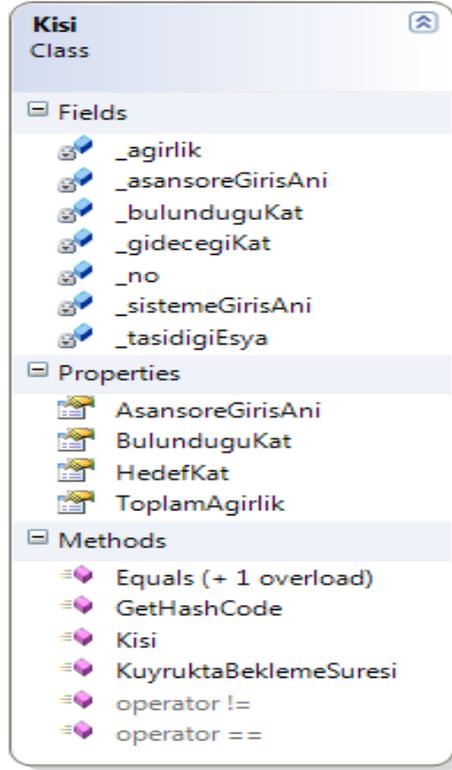


Şekil 4.14. Eşya sınıfının diyagramı

Eşya nesnesi oluşturulduğu an ağırlık değeri ile birlikte oluşturulur ve daha sonra bu değer değiştirilemez.

4.3.2. Kişi nesnesi

Yolcuyu temsil eden nesnedir. Kişi nesnesinin içeriği Şekil 4.15'te görülmektedir. Bir kişinin kilogram cinsinden ağırlığı bulunmaktadır. Toplam ağırlık ise kişinin kendi ağırlığı ve taşıdığı eşyanın ağırlığıdır.



Şekil 4.15. Kişi sınıfının diyagramı

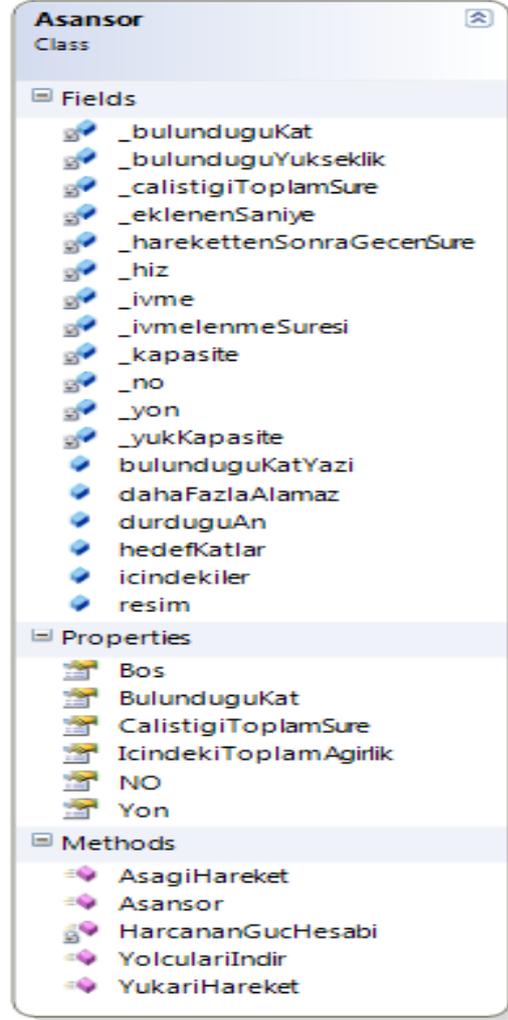
Bir kişiyi diğer bir kişiden ayırabilmek için _no adında bir değişken tanımlanmıştır. Asansör sisteminde bir yolcudan bahsedildiğinde bu yolcunun bulunduğu kat ve gideceği kat bunların yanında binaya giriş zamanı ve asansöre giriş zamanı da transfer süresi ile ortalama bekleme süresini hesaplayabilmek açısından önemlidir. Karşılaştırma operatörlerinin yeniden tanımlanmasının (overloading) sebebi kişilerin bulunduğu listede karşılaştırma yapabilmek içindir. Kişi nesnesinin içerdiği KuyruktaBeklemeSuresi fonksiyonu parametre ile verilen zamana kadar sistemde ne kadar süre beklediğini gösterir. Fonksiyonun içeriği Şekil 4.16'da görülmektedir.

```
public float KuyruktaBeklemeSuresi(TimeSpan simdikiZaman)
{
    return (float)(simdikiZaman - this._sistemeGirisAni).TotalSeconds;
}
```

Şekil 4.16. Kuyrukta bekleme süresinin hesaplandığı fonksiyon

4.3.3. Asansör nesnesi

Binadaki asansörlerin temsil edildiği nesnedir. Sınıf diyagramı ve ne tür alt yordamlar içerdiği Şekil 4.17’de görülmektedir.



Şekil 4.17. Asansör sınıfının diyagramı

Binadaki asansörleri birbirinden ayırt edebilmek için kişi nesnesinde olduğu gibi _no adında bir değişken tanımlanmıştır. _no değişkeni ekranın sol tarafındaki asansörden bir ile başlayarak asansör sayısı kadar bir artarak ilerler. Asansör nesnesinin görevi Asansör Kontrol Birimi tarafından gönderilen yukarı veya aşağı hareket et mesajlarına cevap vermektir. Asansör nesnesinin bu mesajlar karşısında yaptığı iş hızı nispetinde yukarı ya da aşağı hareket etmesidir. Örnek olarak yukarı hareket metodu incelenirse Şekil 4.18’e bakılabilir.

```

public void YukariHareket(float katYuksekligi, int zeminKat, TimeSpan zaman)
{
    if (_harekettenSonraGecenSure < _ivmelenmeSuresi) {
        _bulunduguYukseklilik += (_ivme * _harekettenSonraGecenSure); _harekettenSonraGecenSure +=
        _eklenenSaniye;
    }
    else _bulunduguYukseklilik += (_hiz* _eklenenSaniye)

    if (_bulunduguYukseklilik >= (_bulunduguKat + 1 - zeminKat) * katYuksekligi)
    {
        _bulunduguYukseklilik = (_bulunduguKat + 1 - zeminKat) * katYuksekligi;
        _bulunduguKat++;
        bulunduguKatYazi.Text = _bulunduguKat.ToString();
    }
    else bulunduguKatYazi.Text = "^";

    _calistigiToplamSure += _eklenenSaniye;

    HarcananGucHesabi(YON.YUKARI, zaman);
}

```

Şekil 4.18. Asansörün yukarı hareket etme metodu

Şekil 4.18 incelendiğinde ilk harekette hızlanma ivmesinin dahil edildiği görülmektedir. İvmelenme şu şekilde yapılmaktadır; eğer ivmelenme süresi asansörün hareket ettiği süreden büyük ise asansör halen max hızına ulaşmamış demektir. Dolayısıyla ulaştığı ivmelenme hızı ile hareket edecektir. Bu çalışmada hızlanma ivmesi dahil edilmiş olup yavaşlama ivmesi göz ardı edilmiştir.

Asansörün zeminden yüksekliği, _bulunduguYukseklilik değişkeni ile tutulmaktadır. Yukarı harekette timer kontrolünde eklenen saniye ile o anki asansörün hızının çarpımı kadar bulunduğu yükseklik değeri artar. Aşağı harekette ise eklenen saniye ile o anki asansörün hızının çarpımı kadar bulunduğu yükseklik değeri azalır. Hareket metotlarının kat yüksekliğini parametre olarak almalarının sebebi herhangi bir kata gelip gelmediklerini kontrol edebilmek içindir. Eğer herhangi bir kata gelinmemiş ise yukarı harekette Asansör nesnesinin içerdiği textbox kontrolü “^” karakterini ekranda gösterecektir. Aşağı harekette ise textbox kontrolü “v” karakterini ekranda gösterecektir.

Her yukarı veya aşağı hareket metodu çağrıldığında asansör hareket edeceği için harcanan enerjinin hesabı yapılmalıdır. Asansör nesnesinin içerdiği HarcananGucHesabi metodu Şekil 4.19’da görülmektedir.

```

private void HarcananGucHesabi(YON yon, TimeSpan zaman)
{
    float myuk = 0;
    if (yon == YON.YUKARI)
    {
        if (IcindekiToplamAgirlik <= _yukKapasite / 2) myuk = 0;
        else myuk = ((IcindekiToplamAgirlik - _yukKapasite / 2) * Genel.g * Genel.kasnakYaricap) /
        (Genel.disliOrani * Genel.disliKutusuVerimi);
    }
    else if (yon == YON.ASAGI)
    {
        if (IcindekiToplamAgirlik >= _yukKapasite / 2) myuk = 0;
        else myuk = ((_yukKapasite / 2 - IcindekiToplamAgirlik) * Genel.g *
        Genel.kasnakYaricap) / (Genel.disliOrani * Genel.disliKutusuVerimi);
    }

    float Pmotor = myuk * Genel.wmotor;
    float asansorEnerjiToplam = 0;
    float enerjiToplam = 0;

    if (Rapor.GecmisEnerjiVeri.Count(asn => asn.AsansorNo == _no) > 0 &&
    Rapor.GecmisEnerjiVeri.Last().AsansorNo != -1) asansorEnerjiToplam =
    Rapor.GecmisEnerjiVeri.Last(asn => asn.AsansorNo == _no).Enerji;

    if (Rapor.GecmisEnerjiVeri.Count() > 0) enerjiToplam =
    Rapor.GecmisEnerjiVeri.Last().ToplamEnerji;
    float anlikEnerji = (Pmotor * _eklenenSaniye) / 3600;
    Rapor.GecmisEnerjiVeri.Add(new EnerjiVeri(Pmotor, anlikEnerji + asansorEnerjiToplam,
    anlikEnerji + enerjiToplam, _no, zaman));
}

```

Şekil 4.19. Asansörün harcadığı gücün ve enerjinin hesaplandığı metot

Şekilde görüldüğü gibi kütle hesabında hareketin yukarı ya da aşağı olması hesabı değiştirdiği için yönün ne tarafa olduğu parametre olarak alınmaktadır. Yukarı harekette asansörün toplam ağırlığı karşıt ağırlıktan küçük veya eşit ise harcanan güç sıfır olarak kabul edilmektedir. Bu kısımdan sonra yapılan hesaplamalar bölüm 3'te bahsedildiği şekliyle yapıp enerji verisi olarak kaydedilmektedir (Bkz. Bölüm 3.2.1).

Asansör nesnesinin içerdiği bir diğer fonksiyon YolculariIndir fonksiyonudur. Bu fonksiyonun Şekil 4.20'de görüldüğü gibi o anki zamanı parametre olarak alıp indirdiği yolcuları hizmet gören kişiler listesine eklenmesi için liste olarak döndürür.

```

public List<Kisi> YolculariIndir(TimeSpan suan)
{
    var kattaInecekKisiler = from kisi in this.icindekiler
                            where kisi.HedefKat == _bulunduguKat
                            select kisi;
    List<Kisi> InenKisiler = kattaInecekKisiler.ToList();
    if (kattaInecekKisiler.Count() > 0) dahaFazlaAlamaz = false;

    Rapor.HizmetGorenToplamKisiSayisi += kattaInecekKisiler.Count();

    foreach (Kisi ks in kattaInecekKisiler)
    {
        Rapor.KisilerinToplamTransferSuresi += (float)(suan - ks.AsansoreGirisAni).TotalSeconds;
    }
    this.icindekiler.RemoveAll(ks => ks.HedefKat == _bulunduguKat);

    var bitenCagrilar = from cagri in Rapor.YapilanCagrilar
                      where cagri.CevapVerenAsansorNo != -1 && InenKisiler.Contains(cagri.CagriYapan)
                      select cagri;

    foreach (Cagri cagri in bitenCagrilar) cagri.CevapVerenAsansorNo = -1;
    return InenKisiler;
}

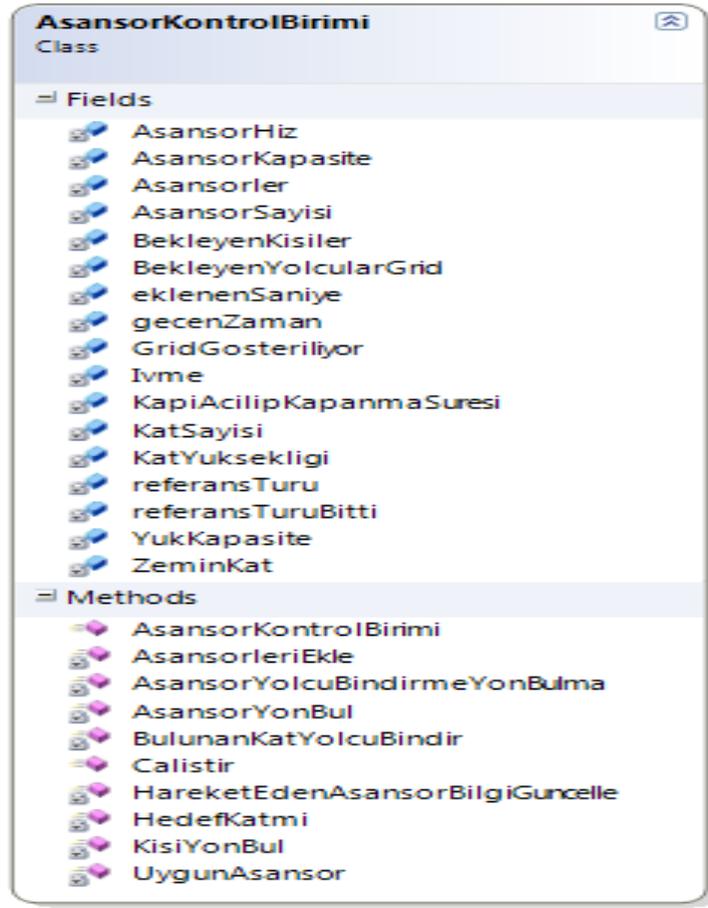
```

Şekil 4.20. Asansörden yolcuları indirmek için kullanılan fonksiyon

Yolcuları indir fonksiyonunda asansörün bulunduğu katta inecek kişiler kişilerin hedef katlarına bakılarak belirlenir. Yani yolcunun hedef katı ile asansörün bulunduğu kat aynı ise yolcu asansörün bulunduğu katta inecek demektir. İnen kişiler asansörün içindekiler listesinden çıkarılırlar bu inen kişilerin transfer sürelerinin toplamı raporlanmak için kişilerin toplam transfer süresi değişkenine eklenir.

4.3.4. Asansör kontrol birimi nesnesi

Bu sınıf, simülatörün beyni olarak tarif edilebilir. Çünkü asansörleri kontrol eden çağrılara asansörleri gönderen bu sınıftır. Asansör Kontrol Biriminin sınıf diyagramı Şekil 4.21’de görülmektedir.



Şekil 4.21. Asansör kontrol birimi sınıfının diyagramı

Asansör simülatörü asansör kontrol birimine sadece çalıştır fonksiyonu ile erişebilir. Çalıştır fonksiyonu her çağrıldığında yeni yapılan çağrı var mı? Kontrol eder. Eğer yeni yapılan bir çağrı var ise uygun asansörü bu çağrıya yönlendirir. Uygun asansör yok ise bu çağrı bekletilecektir. Çalıştır fonksiyonu her çağrıldığında hareket halindeki asansörlerin konumunu günceller. Çalıştır fonksiyonunun detayı Şekil 4.22’de görülmektedir.

```

public bool Calistir(List<Kisi> bekleyenkisiler, TimeSpan gecenzaman)
{
    if (!referansTuru)
    {
        Asansorler[0].hedefKatlar.Add(KatSayisi);
        Asansorler[0].hedefKatlar.Add(ZeminKat);
        Asansorler[0].Yon = YON.YUKARI;
        Asansorler[0].YukariHareket(KatYuksekligi, ZeminKat, gecenzaman);
        referansTuru = true;
    }

    BekleyenKisiler = bekleyenkisiler;
    gecenzaman = gecenzaman;

    List<Kisi> yeniGelenKisiler = (from kisi in BekleyenKisiler
                                where !Rapor.YapilanCagrilar.Contains(new Cagri(kisi,
KisiYonBul(kisi), gecenzaman))
                                select kisi).ToList();

    foreach (Kisi kisi in yeniGelenKisiler)
    {
        Cagri cagri = new Cagri(kisi, KisiYonBul(kisi), gecenzaman);
        if (!Rapor.YapilanCagrilar.Contains(cagri)) Rapor.YapilanCagrilar.Add(cagri);
    }

    List<Cagri> hedefsizCagrilar = (from cg in Rapor.YapilanCagrilar
                                   where cg.CevapVerenAsansorNo == 0
                                   select cg).ToList();

    for (int i = 0; i < hedefsizCagrilar.Count; i++)
    {
        Cagri cagri = hedefsizCagrilar.ElementAt(i);

        Asansor uygunasansor = UygunAsansor(cagri.Kat, cagri.CagriYapan.HedefKat);
        if (uygunasansor != null)
        {
            cagri.CevapVerenAsansorNo = uygunasansor.NO;
            AsansorYolcuBindirmeYonBulma(uygunasansor, cagri.CagriYapan);
        }
    }

    HareketEdenAsansorBilgiGuncelle();

    if (!referansTuruBitti && Asansorler[0].hedefKatlar.Count == 0 && Asansorler[0].BulunduguKat
    == ZeminKat)
    {
        referansTuruBitti = true;
        return true;
    }
    else return false;
}

```

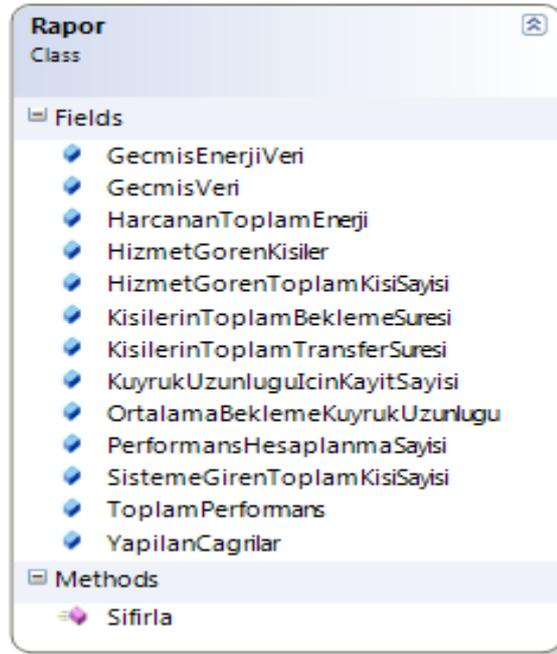
Şekil 4.22. Asansör kontrol biriminin çalıştır fonksiyonu

Asansör Kontrol Birimi uygun asansörü bulmak için Türkiye'deki asansör sistemlerinde sıklıkla kullanılan seçme prensibini örnek alır.

Bu prensip eğer çağrı yapılan kat hedef kattan daha aşağıda ise yani yukarı çağrı butonuna basılmış ise Asansör Kontrol Birimi önce çağrı yapılan katta bekleyen asansör var mı? Ve yönü aynı mı? Ya da boşta bekliyor mu? Böyle bir asansör varsa bu asansörü uygun asansör olarak seçer. Böyle bir asansör yoksa bu durumda en yakın ve yönü yukarı olup çağrı yapılan katı geçmemiş olan veya en yakın boş durumda bekleyen asansörü uygun asansör olarak seçer. Eğer bu kriterlerin hiçbirine uyan asansör yok ise seçilen uygun asansör null değerini alır. Bunun anlamı uygun asansör yoktur ve çağrı bekletilecektir. Çalıştır metodu bool türünde bir dönüş tipine sahiptir. Bunun nedeni referans turunu, asansör sisteminin normal çalışma zamanından ayırt etmek içindir. Referans turu süresince çalıştır metodu false değerini döndürüp çağırana nesneye sistemin halen normal çalışma zamanına geçmediğini bildirir.

4.3.5. Rapor nesnesi

Rapor nesnesinin yaptığı tek şey sistemin çalışma süresince raporlamayı yapmaktır. Ne tür raporlama değişkenlerinin bulunduğu Şekil 4.23'te rapor nesnesi diyagramında görülmektedir.

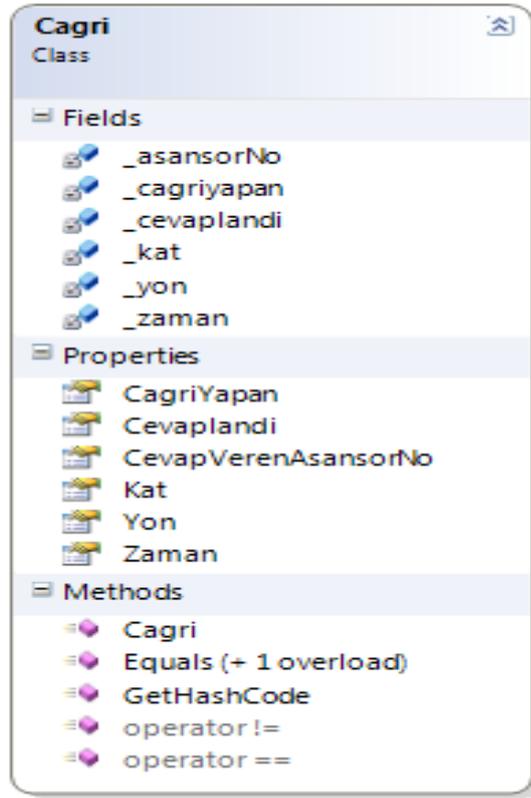


Şekil 4.23. Rapor sınıfının diyagramı

Rapor nesnesinin sıfırla metodu nesnenin içerdiği tüm raporlama değişkenlerine değişkenlerin ilk değerlerini atar. Böylelikle simülasyon baştan başlaması için rapor yönünden ortam hazırlanmış olur.

4.3.6. Çağrı nesnesi

Yapılan her çağrının tutulduğu nesnedir. Burada belirtilmesi gereken bir katta basılmış olan ve halen yanan çağrı butonuna yeni gelen bir yolcu tekrar basarsa önceki çağrı halen aktif olduğu için yeni gelen yolcunun yapmış olduğu çağrı yeni çağrı olarak algılanmayacaktır. Çağrı nesnesinin ne tür alt yordamlar içerdiği Şekil 4.24'teki çağrı nesnesi diyagramında görülmektedir.



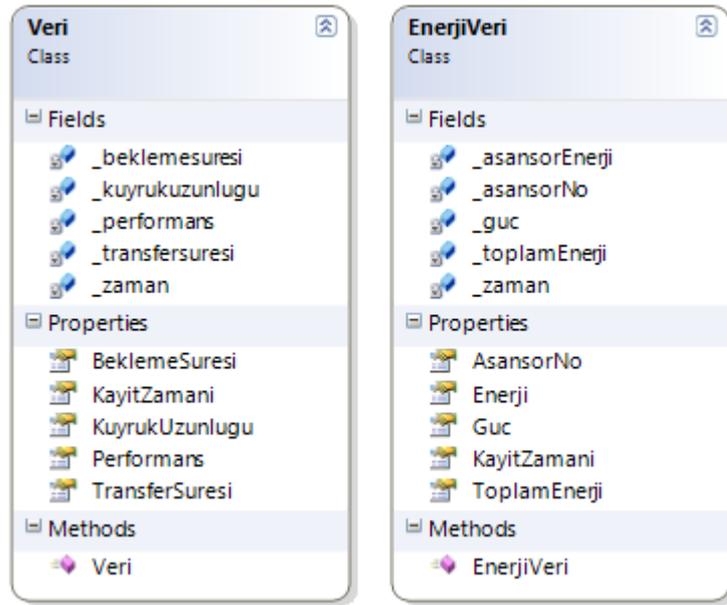
Şekil 4.24. Çağrı sınıfının diyagramı

Bir çağrı nesnesi çağrının hangi katta kimin tarafından ve hangi yöne doğru yapıldığını, hangi asansörün ne zaman cevap verdiğini tutar.

4.3.7. Veri ve enerji veri nesneleri

Veri nesnesi raporlamada kullanılan nesnedir. Nesnenin oluşturulduğu anda bekleme süresinin, transfer süresinin, kuyruk uzunluğunun ve performansın o anki değerlerini kaydeder.

Enerji veri nesnesi ise oluşturulduğu zaman, oluşturan asansörün o ana kadar harcadığı toplam enerji ve o anki enerji ve güç değerleri kaydedilir. Veri ve enerji veri nesnelерinin sınıf diyagramları Şekil 4.25'te görülmektedir.



Şekil 4.25. Veri ve enerji veri sınıflarının diyagramları

4.4. Simülâtörde Zamanlama

Simülâtörde zamanlama Microsoft Visual Studio'nun timer kontrolü ile gerçekleştirilmektedir. Timer kontrolünün zaman aralığı varsayılan olarak 100 milisaniye yani saniyenin onda biridir. Eğer timer kontrolü ile bir fonksiyon çalıştırılıyorsa her zaman aralığı kadar süre geçtikten sonra bu fonksiyon çalıştırılır. Simülâtör gerçeğe uygun olması açısından gerçekteki bir saniye simülâtörde de bir saniye olarak geçmelidir. Fakat bu şekilde simülasyon çalıştırılıp sonuç alınması saatler süreceği için gerçeğe uygunluğunu bozmadan ayrı bir zaman değeri tutulmuş olup timer'da fonksiyon her çalıştığında bu zaman değerine belirli bir saniye eklenmektedir. Bu saniye değeri asansörün hızına ve kat yüksekliğine göre değişmektedir. Hesaplanma şekli Denklem 4.4'te gösterildiği gibidir.

$$\text{Eklenecek Saniye} = \text{Kat Yüksekliği} / \text{Asansörün Hızı} \quad (4.4)$$

Eklenecek saniye değeri ne kadar büyük çıkarsa çıkarsa en fazla bir olabilir. Bunun nedeni yapılan hesaplamalar saniye cinsinden olduğu için hata çıkmaması açısından bu şekilde yapılmıştır. Eklenecek saniyeyi bulmada örnek olarak kat yüksekliği 2,8 metre ve asansör hızı 1 m/s ise timer kontrolünün fonksiyonu her çalıştığında zaman değerine 0,93 saniye değerini ekleyecektir. Timer kontrolünün belirli aralıklarla fonksiyonu çalıştırdığı belirtilmişti. Bu aralıklar, geliştirilen simülasyonda 4 farklı değer ile sınırlandırılmıştır. Bu 4 farklı değer kategorileri ile birlikte Tablo 4.1’de listelenmektedir.

Tablo 4.1. Simülasyonda kullanılan simülasyon hızı türleri

Hız Türü	Timer Aralık Değeri
Yavaş	300 ms
Orta	100 ms
Hızlı	50 ms
Çok Hızlı	25 ms

4.4.1. Timer fonksiyonunun her çalıştığında yapılan işlemler

Timer fonksiyonu her çalıştığında geçen zaman değişkenine en fazla 1 olmak üzere saniye değeri eklenir. Bu şekilde geçen zaman değişkeni ilerlemiş olur. Asansör Kontrol Biriminin çalıştır fonksiyonu her timer kontrolü çalıştığında çalıştırılır. Eğer yolcu gelme süresine erişilmiş ise sistemde yolcu üretilmesi gerekeceği için yolcu üretme metodu çağrılacaktır. Bu metot içerisinde yolcunun bulunduğu katı ve gideceği katı belirleyen metotlar çağrılmaktadır. Bulduğu katı ve gideceği katı belirleyen metotların işlevleri birbirine benzer olup trafik türüne göre nasıl kat belirledikleri Şekil 4.26’da görülmektedir.

```

private int BulunduguKatUret()
{
    int kat = 0;

    switch (TrafikTuru)
    {
        case TRAFIKTURU.DENGELI:
            kat = Rnd.Next(ZeminKat, KatSayisi);
            break;
        case TRAFIKTURU.YUKARIYOGUN:
            if (Rnd.Next(1, 100) <= 20)
                kat = Rnd.Next(ZeminKat + 1, KatSayisi);
            else
                kat = ZeminKat;
            break;
        case TRAFIKTURU.ASAGIYOGUN:
            if (Rnd.Next(1, 100) <= 20)
                kat = Rnd.Next(ZeminKat, KatSayisi - 1);
            else
                kat = Rnd.Next(ZeminKat + 1, KatSayisi);
            break;
        case TRAFIKTURU.IKIYONLU:
            if (Rnd.Next(1, 100) <= 20)
                kat = Rnd.Next(ZeminKat, KatSayisi);
            else if (Rnd.Next(1, 100) <= 60)
                kat = Rnd.Next(ZeminKat, KatSayisi - 1);
            else
                kat = Rnd.Next(ZeminKat + 1, KatSayisi);
            break;
    }
    return kat;
}

```

Şekil 4.26. Sisteme yeni giren yolcunun bulunduğu katı üreten fonksiyon

Bulunduğu katın üretilmesinde bakılan kriter seçilmiş olan trafik türünün ne olduğudur. Dengeli trafik, dengeli katlar arası trafik türünü belirtir dolayısıyla rastgele zemin kat ile en üst kat arasından zemin kat ve en üst katta dahil olmak üzere bir kat seçilmektedir. Yukarı yoğun trafik türünde %20 olasılık ile ara katlardan %80 ise zemin kattan yolcu gelecek şekilde ayarlanmıştır. Aşağı yoğun trafikte yine aynı şekilde %20 olasılık ile zemin kat dahil olmak üzere ara katlardan %80 olasılık ise zemin kat hariç diğer katlardan bir kat seçilmektedir. İki yönlü trafikte ise %20 olasılık ile herhangi bir kattan %40 olasılık ile en üst kat hariç herhangi bir kat %40 olasılık ile zemin kat hariç herhangi bir kat seçilmektedir. Bu olasılıkların oluşturulmasında [30]'daki çalışma etkili olmuştur.

[30]'daki çalışmada yukarı yoğun trafikte %80 ile %90 arasındaki bir oranda yolcular birinci kattan yukarı, aşağı yoğun trafikte ise yine %80 ile %90 arasında bir oran ile yolcuların yukarıdaki katlardan binip, birinci katta indikleri gözlemlenmiştir. Seçme işlemi sınırlar belirlendikten sonra rastgele yapılmaktadır. Gideceği kat üretmek için benzer yöntem kullanıyor olup eğer bulunduğu kat ile gideceği kat aynı çıkarsa trafik türüne göre bulunduğu kat ya da gideceği kat düzeltilmektedir.

Timer fonksiyonu her çalıştırıldığında istatistikler tutulmaktadır. İstatistiklerde;

- Sisteme giren toplam kişi sayısı
- Hizmet gören toplam kişi sayısı
- Ortalama bekleme süresi
- Anlık ortalama bekleme süresi
- Ortalama transfer süresi
- Ortalama kuyruk uzunluğu
- Dakikada taşınan kişi sayısı

bilgileri sürekli hesaplanıyor olup geçmiş veri kaydı ise sadece seçeneklerden seçilmiş olan zaman aralıklarında yapılmaktadır.

5. SİMÜLATÖR ÜZERİNDE YAPILAN ÖRNEKLER VE ANALİZLERİ

5.1. Giriş

Bu bölümde Türkiye'deki bir alışveriş merkezinin ve literatürde yapılmış bir çalışmadaki asansör sistemleri simülatör üzerinde çalıştırılmış sonuçlar elde edilmiş daha sonra bazı parametreler değiştirilerek tekrar simülasyon yapıp oluşan farklı sonuçlar analiz edilmiştir[23,31]. Bu bölümde verilen iki örnek sistemden birinin gerçek bir sistem gözlem yapılarak verilerin elde edilmiş olması geliştirilen simülatörün gerçek sisteme ne kadar benzer çalıştığını ölçmek içindir. Literatürdeki çalışmanın simülasyonunun yapılmasındaki amaç ise oluşan enerji sonucunun ne kadar doğru oluştuğunu ölçmektir. Literatürdeki çalışmadan sadece enerjiyi ilgilendiren parametreler alınabilmiş olup diğerleri olmadığı için uygun değerlerde varsayım yapılmıştır.

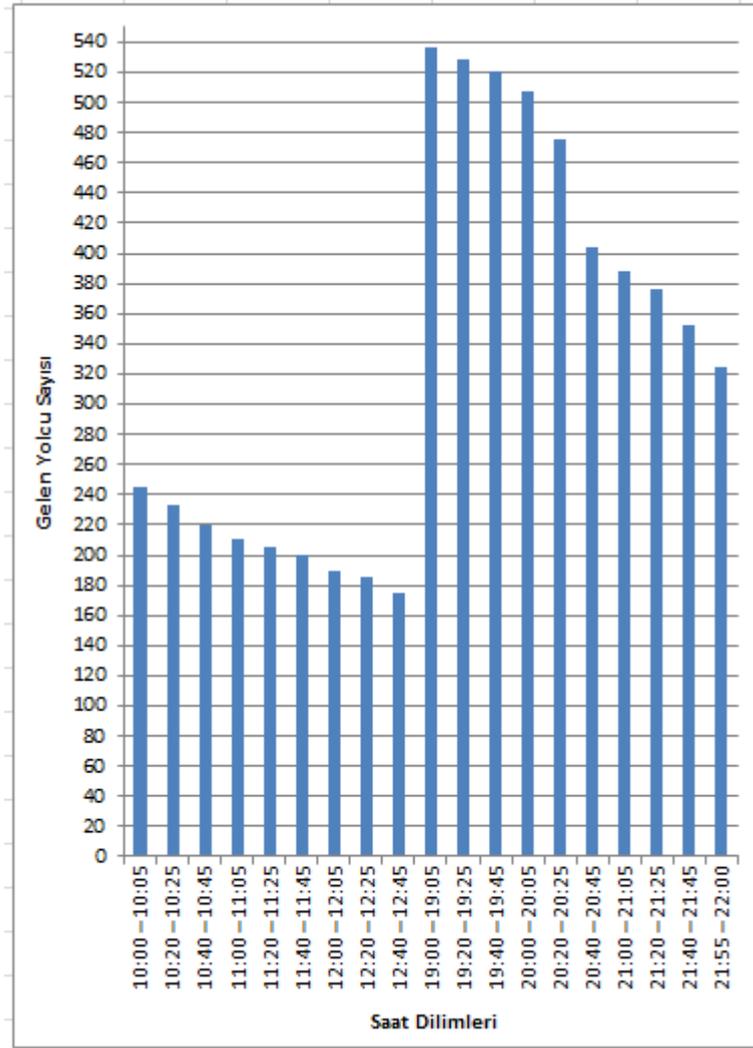
5.2. Gerçek Bir Alışveriş Merkezinin Asansör Sisteminin Simülasyonu

İstanbul'da bulunan Optimum alışveriş merkezinin asansör trafiği Pazar günü incelenmiştir. Pazar gününün seçilmesinin sebebi alışveriş merkezlerinde en yoğun asansör trafiği hafta sonları ve özellikle Pazar günleri olmaktadır. Yapılan gözlemlerde alışveriş merkezinin yoğunluğu sebebiyle katlarda asansörlerin önünde kalabalıklar oluşmaktadır. Veri elde edebilmek için bu alışveriş merkezinin asansör trafiğinin simülasyonu yapılmıştır. Simülasyonda girdi parametrelerini belirlemek için Pazar günü sabah 10:00'dan 13:00'a kadar 3 saat ve akşam 19:00'dan 22:00'a kadar 3 saat asansör trafiği gözlemlenmiştir. Gözlem 5 dakika süre ile ve 15 dakikalık aralıklarla yapılmıştır. Saat dilimlerine göre trafik türü ve dağılımdaki yolcu sayısı Tablo 5.1'de oluşturulmuştur.

Tablo 5.1. Saat dilimlerine göre gözlemden elde edilen trafik türleri ve yolcu sayıları

Saat Dilimi	Trafik Türü	Gelen Yolcu Sayısı
10:00 – 10:05	Yukarı Yoğun	244
10:20 – 10:25	Yukarı Yoğun	243
10:40 – 10:45	Yukarı Yoğun	209
11:00 – 11:05	Yukarı Yoğun	207
11:20 – 11:25	Yukarı Yoğun	205
11:40 – 11:45	Yukarı Yoğun	203
12:00 – 12:05	Yukarı Yoğun	202
12:20 – 12:25	Yukarı Yoğun	201
12:40 – 12:45	Yukarı Yoğun	167
19:00 – 19:05	Aşağı Yoğun	536
19:20 – 19:25	Aşağı Yoğun	528
19:40 – 19:45	Aşağı Yoğun	520
20:00 – 20:05	Aşağı Yoğun	508
20:20 – 20:25	Aşağı Yoğun	476
20:40 – 20:45	Aşağı Yoğun	404
21:00 – 21:05	Aşağı Yoğun	388
21:20 – 21:25	Aşağı Yoğun	376
21:40 – 21:45	Aşağı Yoğun	352
21:55 – 22:00	Aşağı Yoğun	324

Tablo 5.1'in dağılım grafiği oluşturulduğunda Şekil 5.1'deki gibi bir dağılım oluşur. Bu dağılıma bakıldığında sık kullanılan dağılım fonksiyonlarından lognormal dağılıma benzediği görülecektir. Dolayısıyla simülasyonda dağılım çeşidi olarak lognormal dağılım kullanılmış gelen yolcu sayılarına bakılarak logaritmik ortalama 0 logaritmik standart sapma ise 0,5 olarak verilmiştir. Zaman boyutu dakika seçilmiştir. Bu şekilde 5 dakikada gözlemlenen yolcu sayısına ulaşılabilmektedir.



Şekil 5.1. Gelen yolcu verileri ile oluşturulan dağılım

5.2.1. Katalogdan elde edilen parametreler [31]

Alışveriş merkezinin asansörlerini tasarlayan firmadan elde edilen bilgiler şu şekildedir,

Bina Türü: Alışveriş Merkezi

Kat Sayısı: 6

Kat Yüksekliği: 4 metre

Asansör Sayısı: 4

Asansör Kapasitesi (Yük) : 1600 kg

Asansör Kapasitesi (Yolcu): 21

Asansörün Hızı: 1 m/s

Asansörün İvmesi: 1 m/s²

Asansörde Kullanılan Makine Türü: Dişlisiz s

Kapının Açılıp Kapanma Süresi: 10 saniye

Hedeflenen Ortalama Bekleme Süresi: 40 saniye (Bu süre geçtikten sonra genelde kişilerin asansörün önünden ayrıldıkları görülmüştür.)

5.2.2. Bu çalışmada eklenen parametreler

Simülasyonun yapılabilmesi için gözlemlerden ve firmadan elde edilemeyen bilgiler şu şekilde düşünülmüştür,

Alışveriş Merkezi için Max Eşya Ağırlığı: 30 kg

Kişiler Min Kilo Ağırlıkları: 30 kg

Kişiler Max Kilo Ağırlıkları: 100 kg

Hedeflenen Ortalama Transfer Süresi: 20 saniye

Motor Verimi (η): 0,8

Kasnak Yarıçapı (r): 0,27

Yer Çekimi (g): 10

Kapının Açılıp Kapanmasında Harcadığı Güç: 350 W

5.2.3. Alışveriş merkezi asansör simülasyonunun oluşan sonuçları

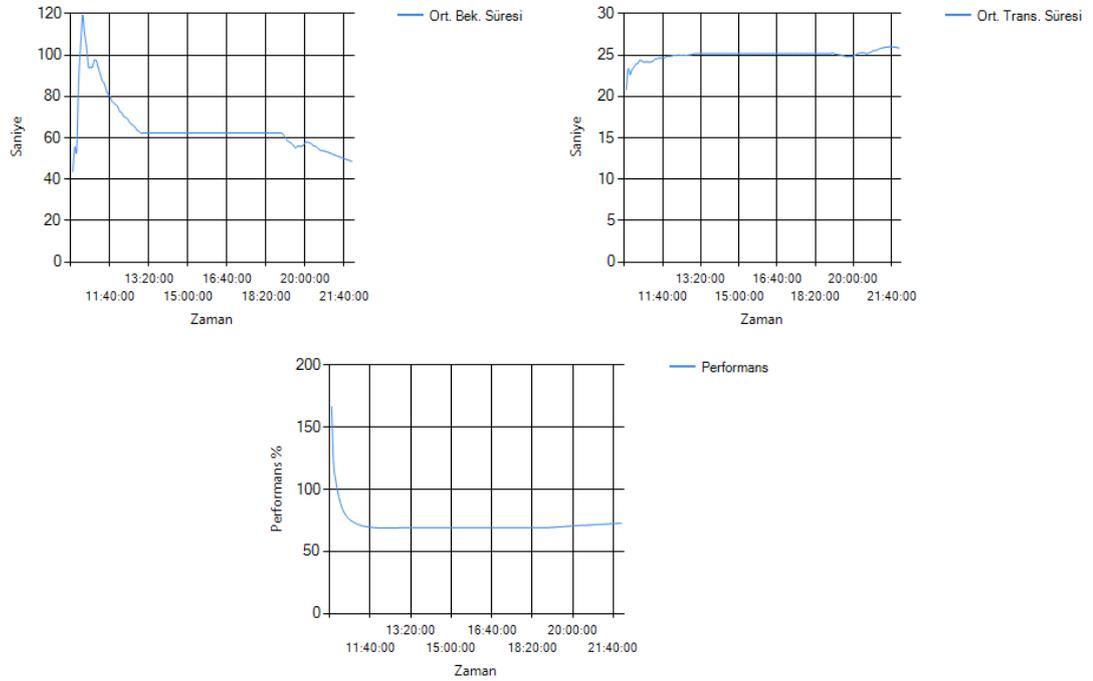
Simülasyon çalıştırdıktan sonra oluşan sonuçlar aşağıda listelenmiştir.

Ortalama Bekleme Süresi: 48,71 saniye

Ortalama Transfer Süresi: 25,86 saniye

Performans: %72,66

Simülasyonun oluşturduğu bekleme süresi, transfer süresi ve performans grafikleri Şekil 5.2’de görülmektedir.



Şekil 5.2. Oluşturulan bekleme, transfer süre ve performans grafikleri

Şekil 5.2’den görüldüğü üzere alışveriş merkezinde sabah trafiğinde yani yukarı yoğun trafikte asansörler yetersiz kalmış ve bekleme süresi beklenenin 3 katı daha fazla olmuştur. Akşam trafiğinde ise yine beklenen değerlere ulaşamamış fakat sabahki bekleme süresinden daha az olmuştur. Transfer süresinde çok sorun gözükmemekte olup beklenen değerlere yakın seyretmiştir. Performansta bunlara bağlı olarak %70 civarlarındadır.

5.2.4. İkinci senaryoya göre oluşan sonuçlar

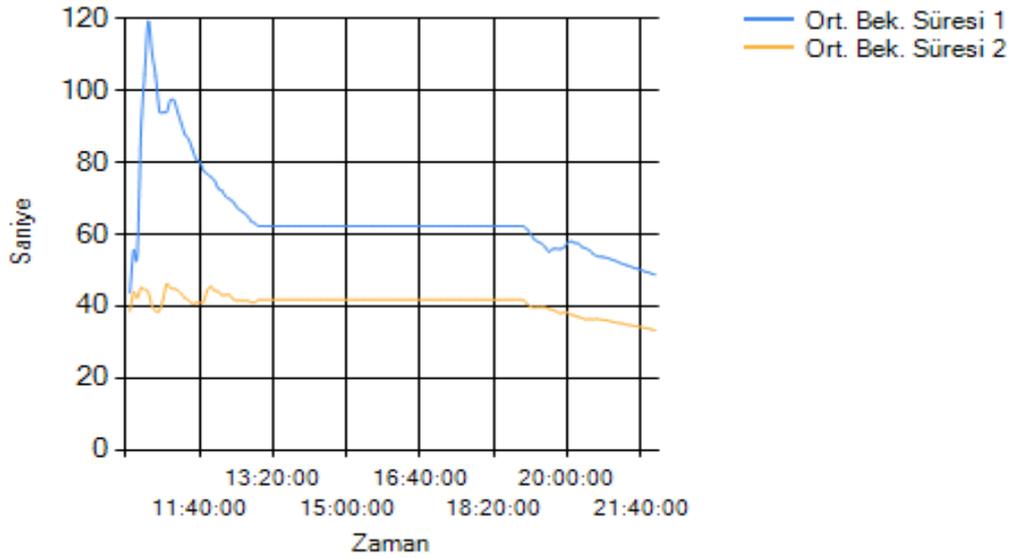
Asansör önünde bekleyen yolcuların beklemekten vazgeçip merdivenlere yönelmelerini engellemek ve istatistiklerdeki değişiklikleri görebilmek için sisteme bir asansör daha eklenip simülasyon tekrarlanmıştır. Asansör sayısının bir artırılması ile oluşan sonuçlar şu şekilde olmaktadır;

Ortalama Bekleme Süresi: 33,21 saniye

Ortalama Transfer Süresi: 25,46 saniye

Performans: %91,07

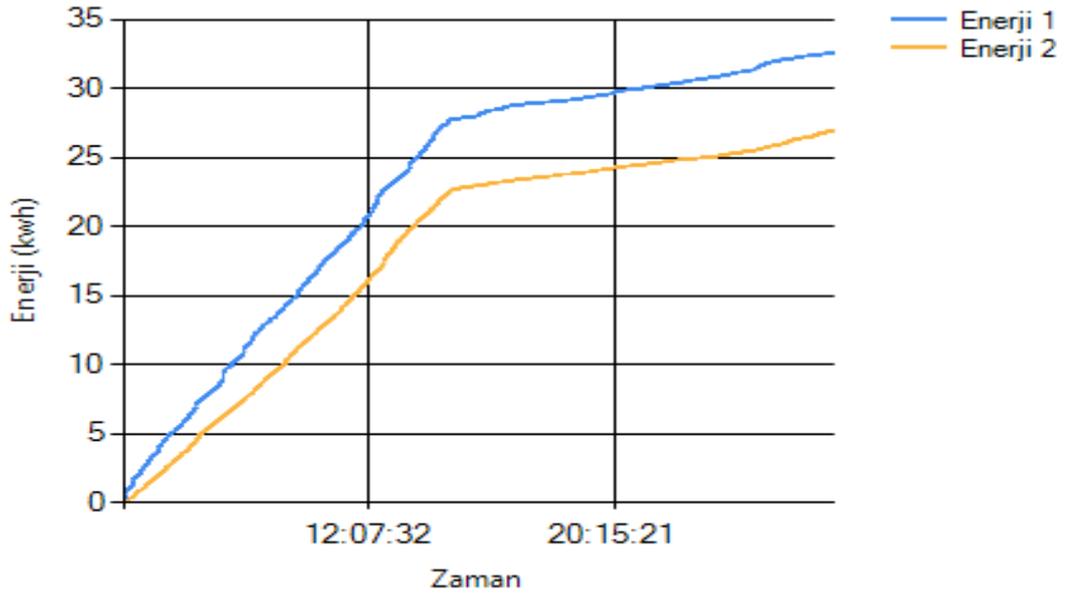
Çok bariz bir şekilde görülmektedir ki performansta %20'lik bir artış söz konusudur. Ortalama bekleme süresi beklenen değerin altına çekilebilmiş ve ortalama transfer süresi beklenen değere yakın seyretmiştir. İki farklı senaryonun ortalama bekleme süresi tasarlanan simülatör yardımı ile karşılaştırıldığında Şekil 5.3'teki gibi bir grafik oluşmaktadır.



Şekil 5.3. İki farklı senaryoda ortalama bekleme sürelerinin karşılaştırılması

Şekil 5.3'ten de görüldüğü gibi ikinci senaryoda ortalama bekleme süresi simülasyon süresi boyunca beklenen değerlerde seyretmiş sonlara doğru beklenen değerin de altına inebilmiştir. Oysa birinci senaryoda sabah asansör trafiği kabul edilebilir düzeyde değildir.

İki farklı senaryonun çalışma süresince harcadıkları enerji karşılaştırıldığında Şekil 5.4'teki gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır. Grafikte de görüldüğü gibi asansör sayısını bir arttırmak her sistemde daha fazla enerji tüketimi anlamına gelmemektedir. Bu durumda hem hizmet kalitesini arttırmış hem de tüketilen enerji miktarı azaltılmıştır. Asansör sayısının artmasına rağmen tüketilen enerjinin azalmasının sebebi sabah saatlerindeki yukarı yoğun trafiktir. Yukarı yoğun trafikte asansörler aşağı boş olarak inmekte ve karşıt ağırlığı çekmektedirler dolayısıyla asansör sayısı azaldıkça aşağı inişler artacaktır. Tüketilen enerjide buna paralel olarak artacaktır.



Şekil 5.4. İki farklı senaryoda çalışma süresince harcanan enerjinin karşılaştırılması

5.3. Literatürde Analiz Edilmiş Bir Asansör Sisteminin Simülasyonu

Lindegger U.'nun "Avrupadaki Çalışmalar ve Enerji Verimliliği Kılavuzu" isimli makalesinde enerji tüketimi yönünden incelenen okul binası ve makalede belirtilen parametreler kullanılarak simülasyon yapılmıştır. Okulun bir lise olduğu ve eğitimin saat sabah 09:00'da başlayıp saat 15:00'da bittiği kabul edilmiştir. Öğlen arası saat 12:00 ile 13:00 arasındadır.

5.3.1. Makalede verilen parametreler [23]

[23]'teki çalışmadan alınan değerler aşağıdaki gibidir,

Bina Türü: Okul

Kat Sayısı: 5

Kat Yüksekliği: 3,15 metre

Asansör Kapasitesi (Yük) : 630 kg

Asansör Kapasitesi (Yolcu): 8

Asansörün Hızı: 1 m/s

Asansörün İvmesi: 1 m/s²

5.3.2. Bu çalışmada eklenen parametreler

[23]'teki çalışmadan elde edilemeyen ve bu çalışmada eklenmiş değerler aşağıdaki gibidir,

Asansör Sayısı: 2

Okul için Max Eşya Ağırlığı: 3 kg

Öğrencilerin Min Kilo Ağırlıkları: 50 kg

Öğrencilerin Max Kilo Ağırlıkları: 90 kg

Okulda Hedeflenen Ortalama Bekleme Süresi: 20 saniye

Okulda Hedeflenen Ortalama Transfer Süresi: 15 saniye

Kapının Açılıp Kapanma Süresi: 8 saniye

Asansörde Kullanılan Makine Türü: Redüktörlü

Motor Verimi (n): 0,8

Kasnak Yarıçapı (r): 0,27

Yer Çekimi (g): 10

Dişli Oranı (ü): 34

Dişli Kutusu Verimi(η): 0,64

Kapının Açılıp Kapanmasında Harcadığı Güç: 350 W

Trafik parametrelerine Tablo 5.2'deki değerler girilmiştir. Seçilen dağılım fonksiyonu Normal dağılım ve dağılımın değerleri;

Ortalama (mean): 3 dakika

Standart Sapma: 1

Tablo 5.2. Saat dilimlerinde eklenen trafik parametreleri

Saat Dilimi	Trafik Türü	Dağılımdaki Yolcu Sayısı
8:00 – 9:00	Yukarı Yoğun	20
9:00 – 10:00	Yukarı Yoğun	1
10:00 – 11:00	Yok	-
11:00 – 12:00	Yok	-
12:00 – 13:00	İki Yönlü Trafik	12
13:00 – 14:00	Yok	-
14:00 – 15:00	Yok	-
15:00 – 16:00	Aşağı Yoğun	20
16:00 – 17:00	Aşağı Yoğun	1

Bu parametreler ile 8:00 – 17:00 saatleri arası toplam 9 saat simülasyon çalıştırılıyor.

5.3.3. Yapılan simülasyonun oluşan sonuçları

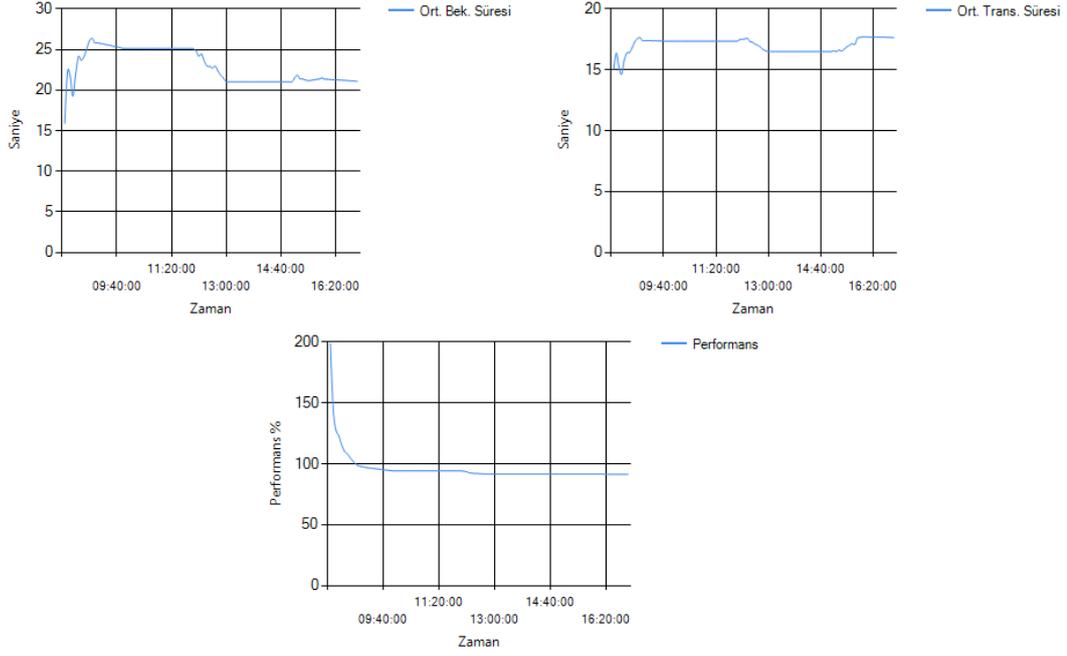
Simülasyon çalıştırılıp elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir,

Ortalama Bekleme Süresi: 21,07 saniye

Ortalama Transfer Süresi: 17,65 saniye

Performans: %91,38

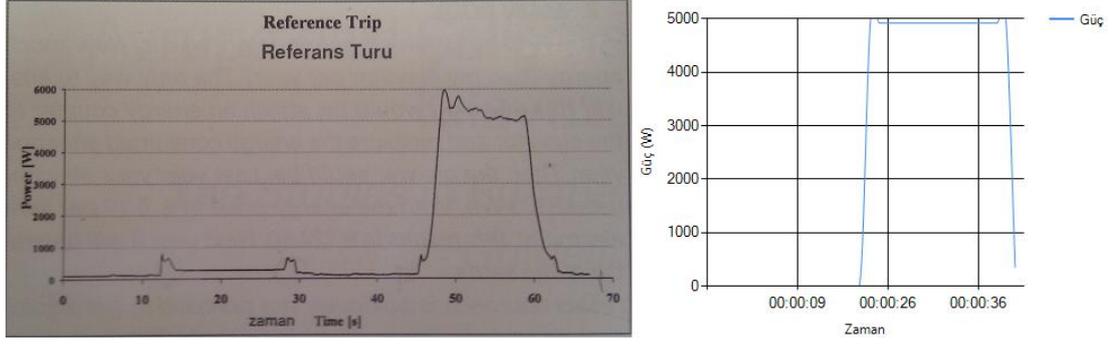
Simülatörün oluşturduğu bekleme süresi, transfer süresi ve performans grafikleri Şekil 5.5'te görülmektedir.



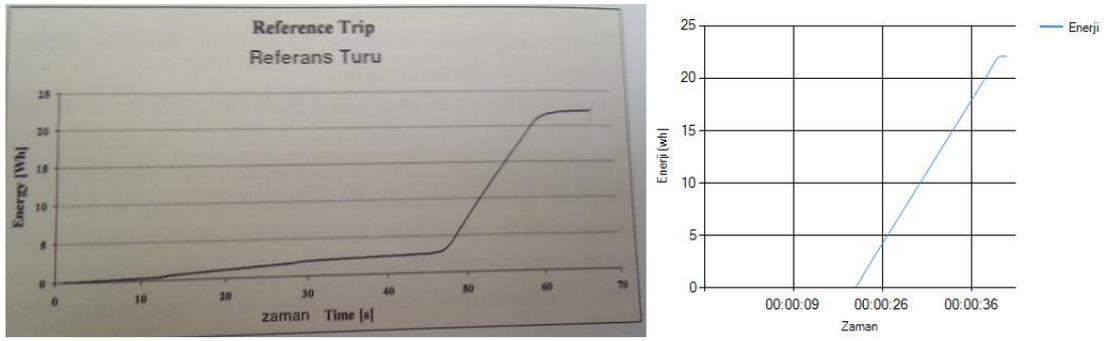
Şekil 5.5. Simülâtörün oluşturduğu bekleme, transfer süre ve performans grafikleri

Şekil 5.5'te görülen grafiklerde trafik olmadığı zamanlar değer sıfıra inmemiştir bunun nedeni trafik olmadığı zamanlar hesaplama yapılmadığı için değerler sürekli aynı kalmıştır. Ortalama bekleme süresi sabah okula gelişlerde beklenenden yüksek çıkmasına rağmen öğlen trafiğinde bu değer azalmış ve akşam trafiğinde neredeyse beklenen değer ile aynı olmuştur. Ortalama transfer süresi gün boyunca çok değişmemiş ve beklenen değerinin biraz üstünde çıkmıştır. Performansta yine aynı şekilde gün boyunca pek değişmemiş ve % 91 seviyelerinde seyretmiştir.

Simülâtörün enerji hesabının doğruluğunu kanıtlamak açısından VDI 4707 kılavuzunda referans turunda harcanan güç ve enerji grafikleri ile simülâtörün ürettiği grafikler şekilde görülmektedir. Şekil 5.6'da görüldüğü üzere değerler aynı çıkmış olup yukarı harekette harcanan güç ve enerjinin sıfıra yakın değerleri bu çalışmada sıfır olarak kabul edildiği için grafiklerde çok küçük farklılıklar oluşmuştur.



Şekil 5.6. Simülâtörün ürettiği referans turunda harcanan güç ile makaleden alınan sonucun karşılaştırılması



Şekil 5.7. Simülâtörün ürettiği referans turunda harcanan enerji ile makaleden alınan sonucun karşılaştırılması

5.3.4. İkinci senaryoya göre oluşan sonuçlar

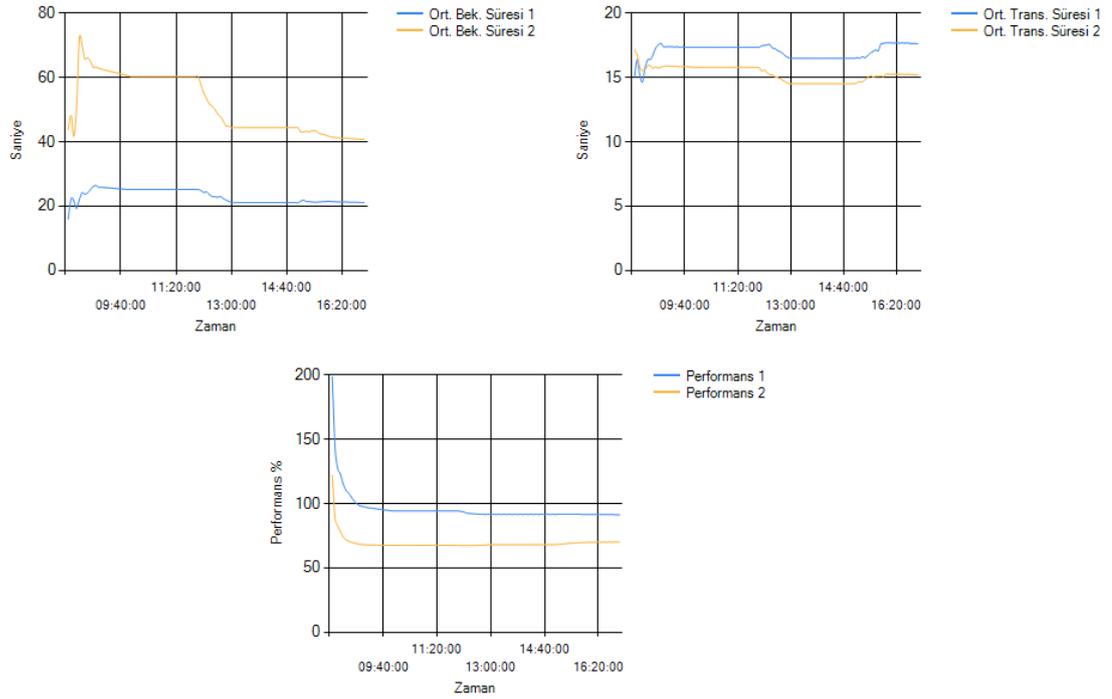
Analizi yapılan okul örneğinde asansörlerin kapasitelerini yarıya düşürüp tekrar simülasyonu yapılırsa yani 4 kişilik ve 320 kg kapasiteli asansörler kullanılırsa oluşan sonuçlar şu şekilde olmaktadır.

Ortalama Bekleme Süresi: 40,73 saniye

Ortalama Transfer Süresi: 15,23 saniye

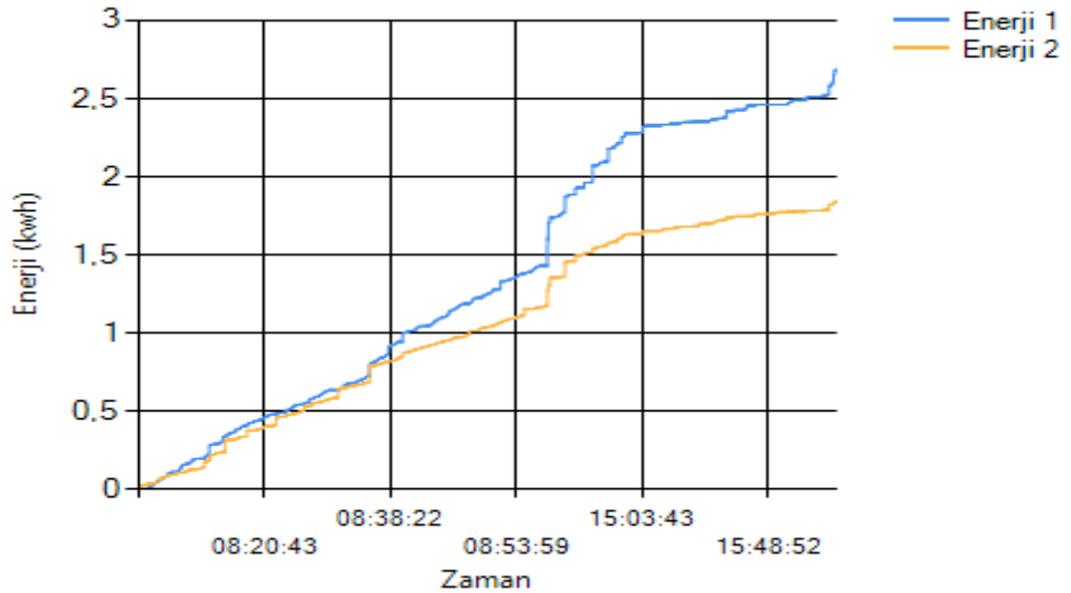
Performans: %70,07

Sonuçlardan görüldüğü üzere bekleme süresi iki katına çıkmış olup performansta %20'lik bir kayıp söz konusudur. Simülâtörü kullanıp yapılan karşılaştırmada bekleme, transfer süreleri ve performans grafikleri Şekil 5.8'de görülmektedir.



Şekil 5.8. Birinci ve ikinci senaryonun simülâtörde karşılaştırılması

Çalışma süresince harcanan enerji yönünden karşılaştırma yapıldığında bariz bir şekilde görülmektedir ki asansör kapasitelerinin yarıya düşürüldüğü senaryoda %30 daha az enerji tüketilmiştir. Simülâtörün yaptığı karşılaştırma Şekil 5.9'da görülmektedir.



Şekil 5.9. Birinci ve ikinci senaryonun enerji yönünden simülâtörde karşılaştırılması

Şekil 5.9 üzerine yapılabilecek bir diğey yorum sabah yukarı yoğun trafik olduğu için ve genelde asansörler aşığı boş durumda indikleri için enerji tüketimi akşam saatlerine göre daha hızlı artmıştır. Akşam saatlerinde aşığı yoğun trafik asansörün genelde yukarı doğru boş olarak çıkmasına dolayısıyla karşıt ağırlığın yer çekimi ile aşığı inmesiyle sifıra yakın enerji tüketimi gerçekleşmiştir.

6. VERİ MADENCİLİĞİ İLE TRAFİK TÜRÜNÜN TAHMİNİ

6.1. Giriş

Bu bölümde simülatörün ürettiği çıktılar üzerine k-means++ kümeleme algoritması uygulanarak binadaki asansör trafiğinin tahmini yapılmıştır. Trafik türünün simülasyon başlamadan parametre olarak seçildiği için üretilen sonuçların doğruluğunu ispat etmek için kullanılmıştır. Fakat geliştirilen yöntem, trafik türünün bilinmediği bir binanın yolcu verileri sisteme girildiğinde trafik türünün tahmin edilebilmesini sağlayacaktır. K-means algoritması yerine k-means++ kullanılmasının sebebi çok daha az hata payı olduğudur [28].

6.2. Veri Madenciliği

Veri madenciliği yapabilmek için önce ortada verinin bulunması gereklidir. Elde bulunan veri üzerinde çeşitli algoritmalar uygulayıp veri hakkında farklı kararlara ulaşılabilir. Veri madenciliği çoğunlukla istatistiksel hesaplamalara dayanır. Sınıflama, kümeleme ve karar ağaçları oluşturma gibi çeşitli yöntemlere sahiptir.

Veri madenciliği gözlemsel veri kümelerinin genelde büyük hacimli olanların analizini yapıp beklenmedik ilişkileri bulmak, yeni yöntemler kullanarak anlaşılabilir ve faydalı bir biçime sokmak olarak tanımlanabilir [29].

Veri madenciliği çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Çok farklı yöntemler ile veri madenciliği uygulanabilir. Bu çalışmada simülatör yardımı ile oluşturulmuş olan asansör verisi üzerinde veri madenciliğinin kümeleme işlemi uygulanmıştır.

6.3. Kümeleme Algoritmaları

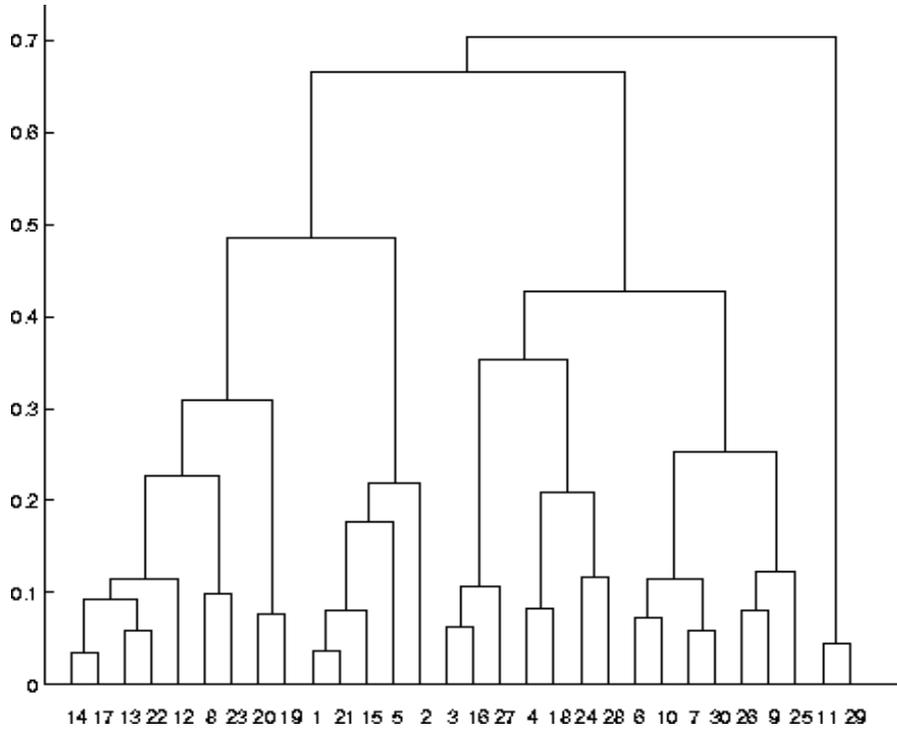
Eldeki verinin çeşitli yöntemler kullanarak belirli kriterlere göre gruplanması ilkesine dayanır. Çeşitli kümeleme algoritmaları vardır. Sıklıkla kullanılanlar mesafe bazlı, hiyerarşik, bölümlenme, olasılıksal olarak 4 grupta incelenebilir [29].

6.3.1. Mesafe bazlı kümeleme

Bu kümeleme tarzında benzerlik kriteri nesnelere olan yakınlıklarıdır. k-means, C-Means gibi kümeleme algoritmaları bu grupta yer alırlar [29].

6.3.2. Hiyerarşik kümeleme

Benzerlik matrisi kullanılarak yapılan kümelemedir. N nesnenin bulunduğu veride NxN boyunda matris oluşur. Matrise bakılarak birbirine yakın değerler aynı küme içine toplanarak her defasında ilk başta bulunan N kümeden bir küme azalacaktır. Bu işlem istenen küme sayısına erişilinceye kadar devam eder. Dentogram bu kümeleme yönteminde kullanılırlar [29].



Şekil 6.1. Veri madenciliği sonucunda oluşturulmuş bir dentogram

6.3.3. Bölümlemeye dayalı kümeleme

Hiyerarşik kümelemenin tersi olarak düşünülebilir. Veri sürekli alt kümelere bölünerek kümeleme işlemi gerçekleştirilir [29].

6.3.4. Olasılıksal kümeleme

Verilerin olasılıksal dağılımın bulunduğu topluluktan veriler seçilip kümeler oluşturulur.

6.4. K-means ve K-means++ Kümeleme Algoritmaları

K-means algoritmasının amacı veri setini k adet kümeye k adet merkezi hesaplayarak ayırmasıdır. Merkezleri bulmak ve kümelere ayırmak için noktalar arası mesafelerden yararlanır. Birbirine yakın noktaların aynı kümede bulunmaları gerektiği prensibine dayanır. K-means kümeleme algoritması küme merkezlerini ilk olarak rastgele atama yaparak belirler. Daha sonra bu merkezlere yakın noktaları seçip oluşan ilk kümelere bulunan noktaların x ve y koordinatlarının ortalamalarını alarak yeni merkezleri oluşturur kümeleme algoritması tüm noktaların kümesi sürekli aynı kalana kadar devam eder. K-means++ algoritması küme merkezlerinin ilk seçilmesi aşamasında farklı bir yöntem uygulayıp geri kalan kısmı k-means algoritması ile aynıdır.

K-means++ algoritmasında merkezlerin ilk seçilmesinde sadece ilk kümenin merkezi rastgele seçilir geri kalan kümelerin merkezleri ilk seçilen merkez referans alınarak ve olasılıktan yararlanılarak seçilir. Geri kalan kümelerin merkezleri seçilirken Denklem 6.1'deki gibi olasılık formülü kullanılır [28].

$$\frac{D(x)^2}{\sum_{x \in X} D(x)^2} \quad (6.1)$$

Denklemdaki D(x) x noktasının seçilen merkeze en yakın uzaklığını ifade eder. X ise noktaları ifade etmektedir. Tablo 6.1'de k-means ile k-means++'ın karşılaştırılması görülmektedir. [28]'deki çalışmadan alınmış olan bu karşılaştırma k-means++ çok daha iyi sonuçlar verebildiğini göstermektedir.

Tablo 6.1. K-means ile k-means++ algoritmasının karşılaştırılması [28]

k	Average ϕ		Minimum ϕ		Average T	
	k-means	k-means++	k-means	k-means++	k-means	k-means++
10	$1.365 \cdot 10^5$	8.47%	$1.174 \cdot 10^5$	0.93%	0.12	46.72%
25	$4.233 \cdot 10^4$	99.96%	$1.914 \cdot 10^4$	99.92%	0.90	87.79%
50	$7.750 \cdot 10^3$	99.81%	$1.474 \cdot 10^1$	0.53%	2.04	-1.62%

Tablodaki yüzdeler k-means algoritmasına göre ne kadar iyileştirmenin yapıldığını göstermektedir. Veri kümesi 10000 elemanlıdır. Tablodaki k değerleri küme sayısını, ϕ değeri, merkezlerin bulunması için yapılan hesap sayısı, T değeri de ne kadar sürede buldukları. K-means++ için yazılan değerler k-means'e göre ne kadar iyi olduğudur. Örneğin 50 kümenin oluşturulmasında %99,81'lik bir iyileştirme söz konusudur. Ve Tablo 6.1'de görüldüğü üzere küme sayısı arttıkça k-means++ algoritması daha iyi sonuçlar verebilmektedir. Bundan dolayı bu çalışmada kümeleme programında kümeleme yapmak için k-means++ algoritması kullanılmıştır.

6.5. Simülörün Ürettiği Veri Üzerine K-means++ Kümeleme Algoritmasının Uygulanması

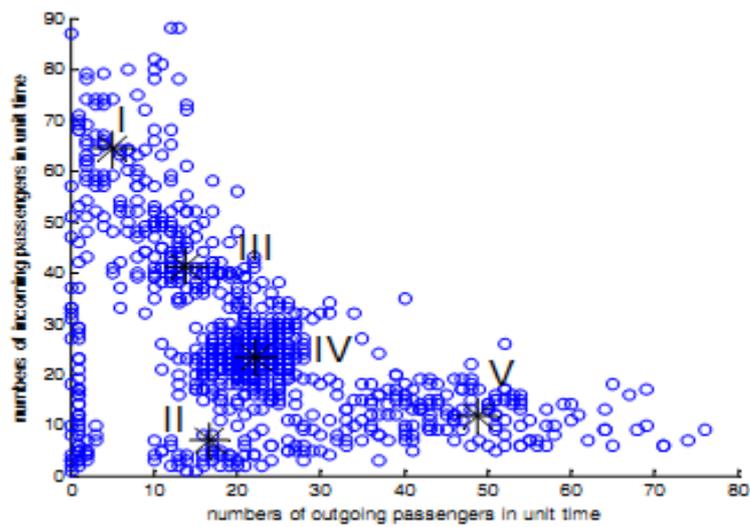
Tasarlanan kümeleme programında k-means++ algoritması hizmet gören kişiler üzerinde uygulanmaktadır. Hizmet görmeyen kişiler asansöre binemedikleri için kümeleme algoritmasının dışında bırakılmışlardır. Simülörün ürettiği örnek hizmet gören kişiler verisi Şekil 6.2'de görülmektedir.

Hizmet Gören Kişiler			Toplam: 26048
Kişi	Bindiği Kat	İndiği Kat	Asansöre Giriş
1. Kişi	2	3	10:00:59
2. Kişi	1	2	10:00:55
3. Kişi	1	2	10:00:55
4. Kişi	1	2	10:00:55
5. Kişi	1	2	10:00:55
6. Kişi	1	2	10:00:55
7. Kişi	1	2	10:00:55
8. Kişi	1	2	10:00:56
9. Kişi	1	2	10:00:56
10. Kişi	1	2	10:00:56
11. Kişi	1	2	10:00:56
12. Kişi	1	2	10:00:56

Şekil 6.2. Simülâtörün ürettiği hizmet gören kişiler verisi

Şekilde kişiler sayılar ile numaralandırılmış ve kişilerin bindikleri ve indikleri katlar ve asansöre giriş zamanları kayıt altına alınmıştır.

Bulanık C-mean kümeleme algoritması ile yapılmış olan bir çalışmada birinci katta asansöre binen ve asansörden inen yolcular 5 dakikalık zaman dilimlerinde sayılmış ve oluşturulan x,y noktalarına kümeleme algoritması uygulanmıştır[14]. Yapılan C-mean kümeleme ile örnek olarak Şekil 6.3'teki gibi bir sonuç elde edilmiştir.

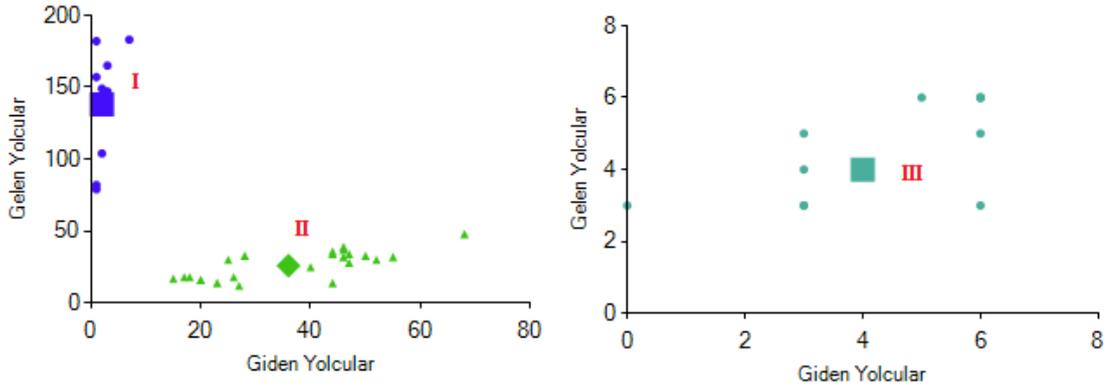


Şekil 6.3. C-mean ile asansör trafiğinin kümelenmesi [14]

Şekil 6.3'te görülen roma rakamları küme merkezlerini ifade etmektedir. Küme merkezlerinde y değeri fazla ise yukarı yoğun x değeri fazla ise aşağı yoğun, x ve y değerleri birbirine yakın ise iki yönlü trafiğin olduğu sonucuna varılmıştır [14].

Bu çalışmada kümeleme yapılacağı zaman C-means ile yapılan kümeleme çalışmasından esinlenilmiş olup k-means++ algoritması kullanılarak kümeleme yapılmıştır. C-means kümeleme yönteminin seçilmemesinin nedeni, bulanık c-means algoritmasında bir nesnenin her kümeye göre bir aitlik oranı vardır. Dolayısıyla bir nesne bir kümeye tamamen aittir demek mümkün olmamaktadır. Fakat k-means ve k-means++ gibi kümeleme algoritmalarında bir nesne bir kümeye ya aittir ya da değildir. Asansör trafiği düşünüldüğünde trafik türü de 5 dakikalık zaman dilimlerinde iki farklı türe yakınlık derecesi pek mümkün gözükmemektedir. Bu çalışmada trafik türünün tahmininin kümeleme algoritması ile yapılmasının sebebi, trafik türlerinde sık rastlanan türler olan yukarı yoğun, aşağı yoğun ve iki yönlü trafik türlerinin özelliklerinde, giriş katındaki asansör veya asansörlerden, giren ve çıkan yolcu sayısından hangisinin fazla olduğu türü belirlemede yardımcı olmaktadır. Giren ve çıkan yolcular koordinat düzleminde düşünüldüğünde y değerinin fazla olması asansöre giren yolcuların fazla olduğunu ve yukarı yoğun bir trafikten söz etmenin doğru olabileceği sonucunu doğurur. Diğer taraftan x değerinin fazla olması asansörden çıkan yolcu sayısının daha fazla olduğunu ve aşağı yoğun bir trafiğin olduğunu söylemek mümkündür. Toplanacak olan verilerin merkezinin x ve y değerlerinin ne olduğunu bilmek, trafik türünün belirlenmesi açısından önemlidir. Trafik türünün belirlenmesi, yapılacak optimizasyon açısından önemlidir. Asansörlerdeki optimizasyon, asansörün sonraki durak katını belirler. Örneğin yukarı yoğun trafik türünün olduğu bilinen bir binada, asansörler yukarı katlarda yolcuları indirip tekrar zemin kata yönlendirileceklerdir. Dolayısıyla trafik türünün bilinmesi önem kazanmaktadır.

Simülasyon süresince 5 dakikalık zaman dilimlerinde birinci katta asansöre giren ve asansörden çıkan yolcular sayılmış ve oluşan noktalara k-means++ kümeleme algoritması uygulanmıştır. Üç farklı sonuçtan biri veya bir kaç çıkması beklenmektedir. Bunlar Şekil 6.4'te gösterilmiştir.

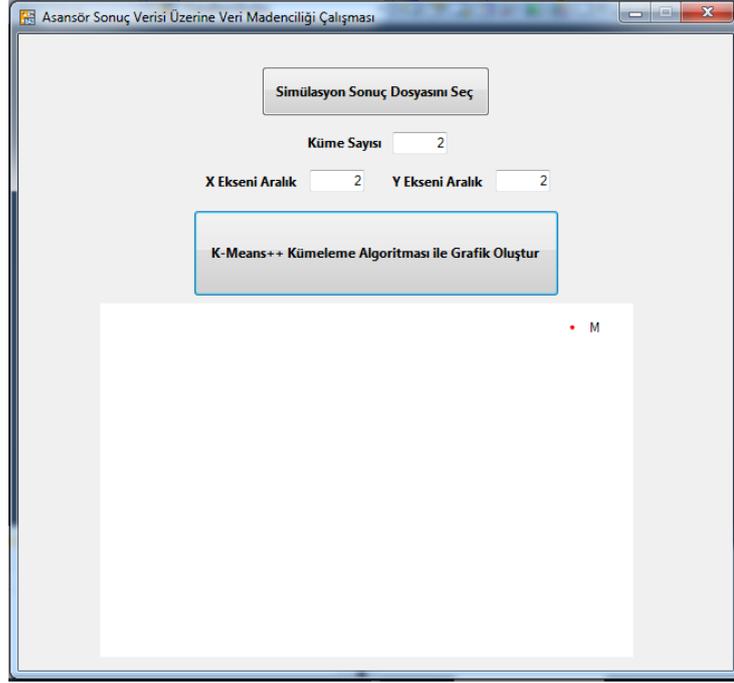


Şekil 6.4. Kümeleme sonucunda oluşabilecek durumlar

Şekil 6.4'te görüldüğü üzere 3 farklı durum oluşabilmektedir. Kümenin merkezi I numaralı yerde oluşması durumunda yukarı yoğun trafik, II numaralı yerde oluşması durumunda aşağı yoğun trafik ve III numaralı yerde oluşması durumunda iki yönlü trafik olduğu söylenebilir.

6.6. Tasarlanan Program

Simülatörden ayrı olarak tasarlanan bu program simülatörün üretmiş olduğu sonucu kullanabilecek şekilde tasarlanmıştır. Simülatörde yapılan simülasyonun sonucu kaydedildikten sonra bu program açılıp kaydedilmiş olan dosya seçilip küme sayısı belirlendikten sonra grafik oluştur butonuna basıldığında program dosyadan okuduğu sisteme girip hizmet görmüş kişi verileri üzerinde k-means++ algoritmasını uygulayıp grafiksel olarak oluşan kümeleri göstermektedir. Tasarlanan programın ana ekranı Şekil 6.5'de görülmektedir.



Şekil 6.5. K-means++ kümeleme programı ana ekranı

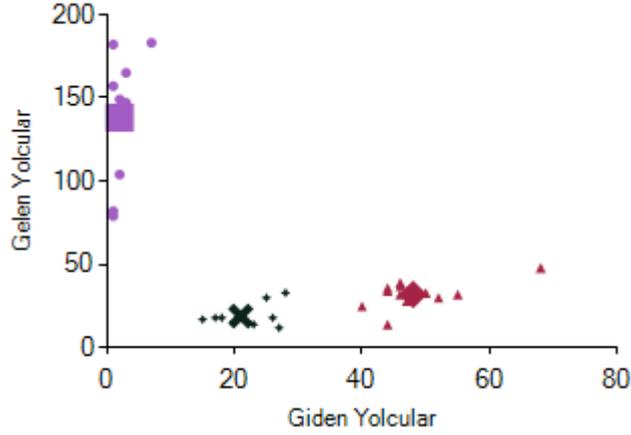
Grafik oluştur butonuna bastıktan sonra beyaz kısımda kümeleme Şekil 6.6'daki gibi işleminin sonucu grafiksel olarak görülmektedir.



Şekil 6.6. K-means++ kümeleme programında oluşan örnek grafik

6.6.1. Belirli bir süre çalıştırılan asansör örneği

Simülâtörde 3 saat çalıştırılan bir bina örneğinde 1 saat yukarı yoğun ve 2 saat iki yönlü bir trafik seçilmiştir. Simülâtörün sonuçlarını doğrulamak için k-means++ kümeleme algoritması ile oluşan veri kümelendiğinde Şekil 6.7'deki gibi grafik oluşmaktadır.



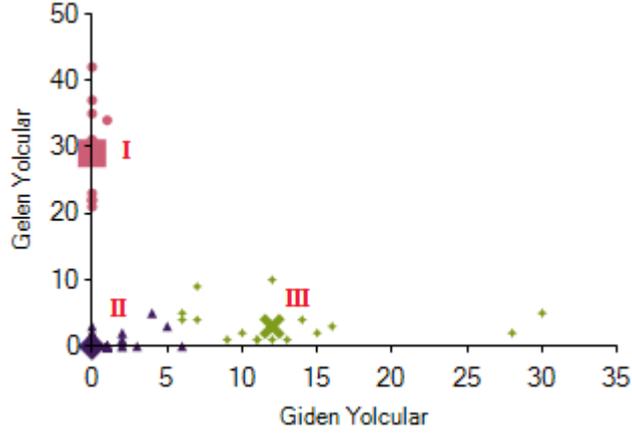
Şekil 6.7. Belirli bir süre çalışan asansör örneği için kümeleme

Şekil 6.7'de görüldüğü üzere üç farklı grup oluşmuştur. En soldaki grup ilk saatteki verileri ifade eder ve yukarı yoğun trafik olduğu görülmektedir. Diğer iki grup ise x ve y değerleri birbirine yakın olduğu için iki yönlü trafiğin olduğu görülmektedir. Son iki saat için iki yönlü trafik seçilmişti bu hem aşağı hem yukarı yoğun trafiğin olabileceği anlamına gelir dolayısıyla x ve y değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Bu örnek ile simülâtörün doğru sonuç ürettiği görülmüştür.

6.6.2. Literatürden alınan okul örneği

Bölüm 5.3'te bahsedilen literatürden alınmış okul örneği için simülasyon sonucu tasarlanan kümeleme uygulamasına okutulduğunda hesaplama sonucu olarak Şekil 6.8'deki gibi kümeleme sonucu üretmektedir. Okul örneğinde öğrenciler sabah okula gelir yani yukarı yoğun I numaralı küme bu trafiği ifade etmektedir. Öğlen arası öğrenciler bir saatlik dilimde girip çıktıkları için iki yönlü bir trafik beklenmektedir. Grafikte de II numaralı küme bu trafiği ifade etmektedir.

Çünkü merkezin x ve y değerleri birbirine yakındır. Akşam öğrenciler okuldan çıkıp evlerine giderler yani aşağı yoğun trafik beklenmekte, III numaralı küme bu trafiği ifade etmektedir.

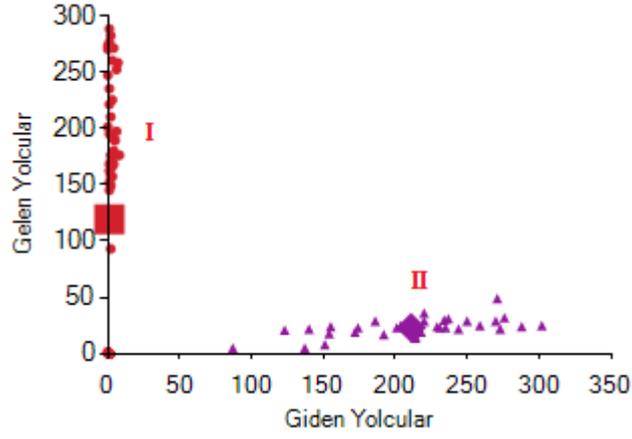


Şekil 6.8. Literatürdeki okul asansör örneği için kümeleme

Şekil 6.8’de görüldüğü gibi açık bir şekilde I numaralı küme ve III numaralı küme daha fazla elemana sahiptir bu durum daha sık giriş çıkışın olduğunu gösterir bunun nedeni okula sabah gelen ve akşam giden öğrenci sayısı öğlen giren çıkan öğrenci sayısından daha fazladır. Simülasyon yapılmadan önce bu trafik türleri seçilmişti dolayısıyla kümeleme sonucunda da aynı trafik türlerinin çıktığı görülmektedir.

6.6.3. Gerçek bir sistem üzerinde uygulama

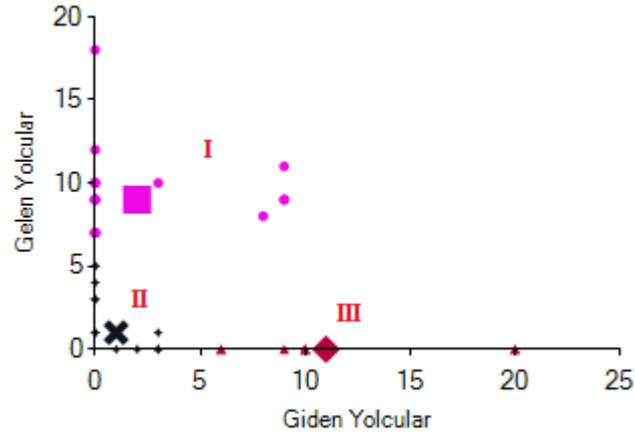
Bölüm 5.2’de bahsedilen optimum alışveriş merkezi için simülasyon sonucu tasarlanan kümeleme uygulamasına okutulduğunda hesaplama sonucu olarak Şekil 6.9’daki gibi sonuç üretilmektedir. Alışveriş merkezinde öğlene kadar yukarı yoğun trafik seçilmiştir şekilde I numaralı küme bu trafiği ifade etmektedir. Alışveriş merkezinde akşamdan kapanış saatine kadar aşağı yoğun trafik seçilmişti şekildeki II numaralı küme bu trafiği ifade etmektedir. Görüldüğü üzere kümeleme programının ürettiği sonuç ile simülatörde girdi olarak verilen parametreler uyushmaktadır.



Şekil 6.9: Alışveriş merkezi örneği için kümeleme

6.6.4. Trafik türü bilinmeyen asansör örneği

Bu bölümde, yolcular simülatöre elle girilmiş böylelikle oluşacak sonuçlarda kümeleme programının sayesinde trafik türü tahmin edilmiştir. Simülasyon 4 saat çalıştırılmış ve sonuçlar oluşmuştur. Asansör örneği 5 katlı ve 2 asansöre sahip bir hastane düşünülerek yapılmıştır. Asansörlerin kapasitesi 8 kişilik ve 630 kg'lıktır. Simülasyon sonucu kümeleme programına okutulup kümeler oluşturulduğunda Şekil 6.10'daki gibi kümeler oluşmaktadır.



Şekil 6.10. Yolcuları elle girilen örnek için kümeleme

Şekil 6.10'a bakıldığında üç kümenin oluşturulabildiği görülmektedir. Bu 4 saatlik hastanenin asansör trafiğinde 3 trafik türü görüldüğü söylenebilir. I numaralı küme yukarı yoğun trafiği, II numaralı küme iki yönlü trafiği III numaralı küme ise aşağı yoğun trafiği simgelemektedir.

Böylelikle görülmektedir ki trafik türünün bilinmediği sonuçlar için programın ürettiği kümeleme grafiğinden trafik türü hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Trafik türünü bilmek asansör optimizasyonunda yani asansörün çağrılara göre nasıl hareket etmesi gerektiğinin programlanmasında çok yardımcı olacaktır. Bundan dolayı trafik türünün bilinmesi binanın asansör tasarımcıları ve hizmet kalitesi açısından büyük önem taşımaktadır [15].

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada geliştirilen simülatör tasarımı ile var olan bir binanın asansör trafik simülasyonu, binanın asansör trafiğinde yapılacak kısa gözlem ve birkaç parametrenin bilinmesi ile kolay bir şekilde yapılabilir hale getirilmiştir.

Asansör trafiği hakkında bilgi sahibi olmak asansör hareket optimizasyonu ve kapasitelerin belirlenmesi açısından önemlidir. Hele ki bina türü hastane, alışveriş merkezi veya havalimanı gibi asansör trafiği yoğun olabilecek binalarda daha da önem kazanmaktadır. Bu durumda asansör trafiğinin simülasyonu asansör trafiği hakkında bilgi sahibi olmak için kolay ve ucuz bir yoldur. Bundan dolayı simülasyonun diğer alanlarda önemli olduğu gibi asansör trafiğinde de önemi büyüktür.

Hizmet kalitesi, tüketilen enerji verisi gibi sonuçlar üretilmiş üzerinde analizler yapılabilecek halde sunulmuştur. Böylelikle asansör trafik simülasyonu yapılan bir binanın beklenen değerlerde sonuç verip vermediği görülebilmektedir. Sonuçlar grafiksel olarak desteklenmiş yorumlanabilir hale sokulmuştur.

Hizmet kalitesinde performans hesabı yapılarak simülasyonu yapılan örneklerle beklenen değerlere günün hangi saatleri yaklaşılmış hangi saatlerinde uzaklaşılmış kolaylıkla görülmüştür.

Trafik türü ve gelen yolcu sayısı her saat diliminde farklı girilmesine olanak sağlanmış böylelikle daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.

Geliştirilen simülatörde simülasyon yapıldıktan sonra oluşan sonuçlar analiz edilip simülatör üzerinde binanın asansör yapısında değişiklik yapıp tekrar simülasyona sokulmuş iki farklı sonuç tasarlanan karşılaştırma ekranı sayesinde karşılaştırılmıştır. Sunulan grafiksel ara yüz ile farklılıkların ve problemlerin nerede olduğu kolaylıkla görülmüştür.

Geliştirilen simülatör sayesinde inşa halindeki bir bina için kaç adet ve ne kadar kapasiteli asansör veya asansörler kullanılmalıdır sorusuna birkaç parametrenin bilinmesi veya öngörülmesi ile yapılacak olan simülasyon sonucu da kolaylıkla cevap verebilir. Bu işlem yetersiz veya fazla tasarımların önüne geçip bina sahibini inşaat bittikten sonra maliyetli değişikliklerden kurtaracaktır.

Geliştirilen simülatör, simülasyon süresince harcanan enerjiyi hesaplayabilmektedir. Bunun faydası bir binaya fazladan asansör konulmuş ise belirleyebilmek ya da inşa halindeki bir bina için fazladan bir tasarım oluşuyor mu sorusuna cevap vermektir.

Bir binada günlük asansör trafik simülasyonu yapıldıktan sonra günlük enerji tüketimini hesaplanıp buradan yıllık enerji tüketiminin hesaplanması, [23]'teki gibi sadece referans turunda harcanan enerjiyi hesaplayıp tahminin kullanım oranının da hesaba katılması ile yıllık enerji hesabının yapılmasından daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilecektir. Çünkü tahmini kullanım oranının belirlenmesi asansör trafiği gibi karmaşık bir sistemde çok zordur.

Belli bir saat dilimindeki asansör trafiğinin yukarı yoğun mu? aşağı yoğun mu? gibi ne tür bir trafik olduğunun bilinmesi, yapılması düşünülen optimizasyonun yani asansörlerin hareketlerinin nasıl ve bir sonraki duraklarının neresi olacağı açısından çok önemlidir. Yapılacak simülasyon öncesinde belli bir saat dilimindeki asansör trafiğinin ne çeşit olduğu tahmin edilemeyebilir bu durumda trafik türünü seçmeden yolcuları elle girerek daha sonra simülasyon sonucunu alıp yine bu çalışmada geliştirilmiş olan kümeleme programı ile sisteme giren kişiler analiz edilip küme grafiği oluşturulur. Kullanıcı bu grafikten hangi trafik türü olduğunu kolaylıkla anlayabilmektedir.

Bu çalışmada tasarlanan kümeleme programı daha az hata olması açısından k-means++ kümeleme algoritması kullanılmış ve trafik türünün belirlenmesi açısından gelen ve giden yolcular başarılı bir şekilde kümelendi.

Bu çalışmanın sağladığı binanın asansörleri hakkında az sayıda parametreyi simülatöre girip hizmet kalitesi, enerji tüketimi hakkında detaylı sonuçlar alabilmek ve kaydedilen bu sonuçları yine bu çalışmada geliştirilen kümeleme programı ile trafik türü tahmin edilebilmektedir.

Bu çalışmada elde edilen bir diğer sonuç trafiği yoğun olan bir binanın asansör sayısını belli oranda arttırmak hizmet kalitesini arttırdığı gibi enerji tüketimini sanıldığına aksine düşürmektedir. Bunun nedeni çalışmada detaylı bir şekilde belirtilmiş olup, asansörün karşıt ağırlığının buna sebep olduğu bilinmektedir.

Üretilen sonuçlarda enerji ve güç grafikleri her bir asansör için ayrı ayrı çizilmiştir. Böylelikle hangi asansörün daha fazla enerji tükettiği görülmektedir.

Tasarlanmış olan simülatörde hızlanma ivmesi hesaba katılmış olup yavaşlama ivmesi göz ardı edilmiştir. İleride yapılacak çalışmada yavaşlama ivmesinin de hesaba katılması doğru sonuca bir adım daha yaklaşma açısından önemlidir.

Asansöre binen yolcuların eşyaları olabileceği için bu çalışmada eşyanın olup olmama durumu eklenmiştir. Fakat eşyanın sadece kütlesi hesaba katılmış olup hacmi göz ardı edilmiştir. Oysa alışveriş merkezi gibi binalarda asansörde yolcular ile birlikte taşınan eşyaların kütlesi kadar hacmi de önemlidir. Bunun için ileride yapılacak çalışmalarda eşyanın hacminin de hesaba katılması alışveriş merkezi gibi binaların asansör trafiğini analiz edebilmek açısından önemlidir.

Tasarlanmış olan simülatörde dağılım fonksiyonu saat dilimleri için ayrı ayrı seçilememektedir. İleride yapılacak çalışmalarda daha doğru sonuçlar üretebilmek adına ayrı ayrı seçilmesi sağlanabilir.

Bina türleri sadece eşya ağırlıklarında etkili olup ileriki çalışmalarda bina türlerinin farklı etkileri de eklenirse hesaplanma hassaslığı daha da arttırılabilir. Bunun yanında simülasyon başlamadan alınan parametreler daha da detaylandırılırsa daha doğru sonuçlar alınabilecektir.

Enerji tüketimlerinin hesaplanmasında asansörlerin boş durumda (standby) beklerken harcadıkları enerji ve ağırlığın yer çekimine doğru olduğu durumlarda harcanan enerji çok küçük değerlerde olduğu için yok sayılmıştır. İleride yapılacak çalışmalarda bu enerjilerinde hesaba katılması detaylı sonuçlar almak açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Sachs H. M., Opportunities for elevator energy efficiency improvements, *American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE)*, Washington, DC, Nisan 2005.
- [2] Liu J., Qiao F., Chang L., The hybrid predictive model of elevator system for energy consumption, *Proceedings of the 2010 International Conference on Modeling, Identification and Control*, Okayama, Japan, 17-19 Temmuz 2010.
- [3] Rashid M. M., Kasemi B., Faruq A., Alam A. Z., Design of fuzzy based controller for modern elevator group with floor priority constraints, *4th International Conference on Mechatronics (ICOM)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 17-19 Mayıs 2011.
- [4] Bennet B. S., *Simulation fundamentals*, 1st ed., Prentice Hall International Series in System and Control Engineering, UK, 1995.
- [5] Lee Y., Kim T. S., Cho H. S., Sung D. K., Choi B. D., Performance analysis of an elevator system during up-peak, *Mathematical and Computer Modelling*, 2009, **49**, 423-431.
- [6] Cortes P., Larraneta J., Onieva L., Genetic algorithm for controllers in elevator groups: analysis and simulation during lunch-peak traffic, *Applied Soft Computing*, 2004, **4**, 159-174.
- [7] Özgün O., Barlas Y., Discrete vs. continuous simulation: When does it matter?, *International Conference of The System Dynamics Society*, Albuquerque, NM, USA, 26-30 Temmuz 2009.
- [8] Shi Y., Huang K., Wang C., Ma B., Study on human-simulated intelligence elevator controller based on SCM, *International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology*, Harbin, Heilongjiang, China, 12-14 Ağustos 2011.
- [9] Karg S., Elevator simulator design, University of Phoenix, Denver Tech Center Campus, POS537, 18-19 Ekim 1996.
- [10] Peters R. D., Vertical transportation planning in buildings, Doktora Tezi, Brunel University, Department of Electrical Engineering and Electronics, London, 1998.
- [11] Chu C. K., Lin C. K. Y., Lam S. S., Hospital lift system simulator: A performance evaluator-predictor, *European Journal of Operational Research*, 2003, **146**, 156-180.

- [12] Yu L., Mabu S., Zhang T., Hirasawa K., A study on energy consumption of elevator group supervisory control systems using genetic network programming, *Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, San Antonio, TX, USA, Ekim 2009.
- [13] Liu H., Qian Y. L., Liu Q., Li J. T., Count passengers based on haar-like feature in elevator application, *7th International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Kuming, 12-15 Temmuz 2008.
- [14] Hai-yan T., Bao D., Wei-gui Q., Research on traffic mode of elevator applied fuzzy c-mean clustering algorithm based on PSO, *International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, Zhangjiajie, Hunan, China, 11-12 Nisan 2009.
- [15] Pan Z., Luo F., Xu Y., Elevator traffic flow model based on dynamic passenger distribution, *International Conference on Control and Automation*, Guangzhou, China, 30 Mayıs - 1 Haziran 2007.
- [16] Khoshnevis B., *Discrete systems simulation*, 1st ed., McGraw-Hill series in industrial engineering and management science, Singapore, 1994.
- [17] Everit B. S., *The Cambridge dictionary of statics*, 3rd ed., Cambridge University Press, Cambridge, 2006.
- [18] Almedia T., Rivet L., Cariani W., Hirzel S., Weglarz A., Energy efficient elevators and escalators, ISR-University of Coimbra, Portugal, E4, 9-100, 2010.
- [19] Examples of simulators and simulations in real world, <http://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>, (Ziyaret Tarihi: 17 Mayıs 2012).
- [20] Kavlak K., Elektrikli asansörler ile hidrolik asansörlerin karşılaştırılması, *Teknik Online Dergi*, 2006, **5-2**.
- [21] İmrak C. E., Gerdemeli İ., *Asansörler ve yürüyen merdivenler*, 1. baskı., Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
- [22] Duru H. T., Asansör sistemlerinde enerji tüketiminin ölçümü ve verimliliğin etiketlenmesi, *Asansör sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 21-23 Mayıs 2010.
- [23] Lindegger U., The studies in europe and the energy efficiency guideline VDI 4707, Elevcon, 2010.
- [24] Maden S., *Olasılığa giriş*, 1. baskı, Seçkin Yayıncılık, Türkiye, 2006.
- [25] Almeida A. D., Hirzel S., Patreo C., Fong J., Dütschke E., Energy-efficient elevators and escalators in europe: An analysis of energy efficiency potentials and policy measures, *Energy and Buildings*, 2012, **47**, 151-158.
- [26] Milli Eğitim Bakanlığı, Elektrik-elktronik teknolojisi, asansör makine dairesi, Türkiye, 523EO0056, 5-55, 2011.

- [27] Ertürk A. S., Asansör karşı ağırlık tasarımı ve gerilme analizi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2008, 2407.
- [28] Arthur D., Vassilvitskii S., K-means++: The advantages of careful seeding, *SODA '07 Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms*, 1027-1035, Philadelphia, PA, USA, 7-9 Ocak 2007.
- [29] Hand D., Mannila H., Smyth P., Principles of data mining, 1st ed., A Bradford Book The MIT Press, London, 2001.
- [30] Wang P., Zhang G., Wang L., Simulation of customers-flow model based-on elevators group control technique, *Proceedings of the First International Multi Symposiums on Computer and Computational Sciences (IMSCCS'06)*, 7695-2581-4/06, Hangzhou, Zhejiang, China, 20-24 Haziran 2006.
- [31] OTIS katalogları, <http://www.otis.com/site/tr/Pages/Gen2Elevator.aspx?menuID=2>, (Ziyaret Tarihi: 30 Mayıs 2012).
- [32] Joel S., How elevator is made, *Encyclopedia*, 1996, **1**, 24-25.
- [33] Duru H. T., Demiröz R., Asansörlerde modern dişlisiz tahrik sistemleri ve enerji verimi, *Asansör sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 21-23 Mayıs 2009.
- [34] Qun Z., Weijia W., Anna S., A multi-mode prediction method for elevator traffic flow based on classification off-line, *Proceedings of the 27th Chinese Control Conference*, Kuming, Yunnan, China, 16-18 Temmuz 2008.
- [35] Zhenshan Y., Yunli Z., A simulation based verification method for elevator traffic planning, *International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM 2010)*, Taiyuan, China, 22-24 Ekim 2010.
- [36] Yang S., Tai J., Shao C., Dynamic partition of elevator group control system with destination floor guidance in up-peak traffic, *Journal of Computers*, 2009, **4**, 45-52.
- [37] Barney G. C., *Elevator traffic handbook : theory and practice*, 1st ed., Taylor & Francis Routledge, London, 2003.
- [38] Nikovski D., Brand M., Exact calculation of expected waiting times for group elevator control, *Journal of Computers*, 2005.
- [39] Tanaka S., Uruguchi Y., Araki M., Dynamic optimization of the operation of single-car elevator systems with destination hall call registration: Part I. Formulation and simulations, *European Journal of Operational Research*, 2005, **167**, 550-573.
- [40] Işık M., Çamurcu A. Y., K-means, k-medoids ve bulanık c-means algoritmalarının uygulamalı olarak performanslarının tespiti, *İstanbul ticaret üniversitesi fen bilimleri dergisi*, 2007, **6**, 31-45.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Adak M. F.**, Durdu P. O., Form elemanlarının form doldurmadaki performansa etkisi, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 2011, **4/2**, 11-18.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Gölbaşı'nda doğdu. İlk ve orta öğrenimini Van'da lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2004 yılında girdiği Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden 2009 yılında Bilgisayar Mühendisi olarak mezun oldu. 2010 yılında Yüksek Lisans eğitimini görmek için Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalına kayıt yaptırdı. 2012 yılının başından itibaren Sakarya Üniversitesi Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmakta olup, evli ve bir çocuk babasıdır.