

BİR ASANSÖR SİMÜLATÖR YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ

H. Tarık DURU¹, M. Fatih ADAK², Nevcihan DURU³

¹Kocaeli Üniversitesi, ²Sakarya Üniversitesi, ³Kocaeli Üniversitesi
¹tduru@kocaeli.edu.tr, ²fatihadak@sakarya.edu.tr, ³nduru@kocaeli.edu.tr

ÖZET

Enerji kaynaklarının hızla tükendiği dünyamızda enerji tüketiminin kontrolü büyük önem kazanmaktadır. Modern ve yüksek katlı binalarda asansörler (ve yürüyen merdivenler) toplam enerji tüketiminde önemli bir bileşen oluşturmaktadırlar. Bu nedenle asansörlerin enerji tüketimlerinin tahmini, farklı teknoloji, tasarım, kapasite ve trafik yönetim şekillerinin yaratacağı tüketim değişimlerinin incelenmesi de önem kazanmıştır. Asansörler, trafik bakımından rastlantısal ve ayrık olay simülasyonu ile incelenmeye uygun bir yapıda olduğundan, performans tahmini ve hizmet kalitesi açısından özel tasarlanmış simülatörlerin kullanılması literatürde de sık gözlenen bir yöntemdir. Bu amaçla hazırlanmış ve gerçekçi çıktılar üretebilen bir simülatöre uygun eklentiler yapılarak, simülatörün farklı senaryolar için enerji tüketimleri hesaplanması sağlanabilir. Bu çalışmada hem hizmet kalitesini, hem de enerji tüketimini analiz edebilecek sonuçları üreten simülatör tasarlanmıştır. Tasarlanmış olan simülatör ile asansör hizmeti yetersiz gerçek bir sistemin simülasyonu yapılmış ve asansör sayısının artırılması ile hizmet kalitesinin beklenen seviyeye geldiği, tüketilen enerji miktarının ise sanıldığı aksine düştüğü görülmüştür.

1. Giriş

Hızla artan yapılaşma ve binalardaki yoğun insan trafiği asansörlere olan ihtiyacı arttırmıştır. Binalardaki asansör sayısı ve kapasitesi hizmet kalitesi açısından önemli iken gün boyunca asansörlerin harcadıkları enerji, enerji tüketimi ve tasarrufu açısından önemlidir. Yapılmış olan birçok çalışmada daha çok hizmet kalitesi üzerinde durulmuş, asansörlerin tükettikleri enerji dikkate alınmamıştır. Oysa enerji kaynaklarının hızla azaldığı dünyamızda enerjinin olabildiğince verimli kullanılması gerekmektedir. Bir binada gereğinden fazla asansör bulunuyorsa veya asansörlerin kapasitesi gereğinden fazla seçilmiş ise o binada gereksiz enerji tüketiminin olacağından söz etmek mümkündür.

Binalardaki enerji tüketimi ile ilgili olarak yapılan araştırmalarda, asansör ve yürüyen merdivenlerin bina elektrik enerjisi tüketiminin %5 inden %25 ine kadar değişen oranlarda pay olduğu ifade edilmiştir[1,2]. Bu nedenle asansörlerin enerji tüketiminin doğru tahmin edilmesi, yeni kurulacak veya yenileme yapılacak binalarda asansör teknolojisinin, sayısı, kapasite, hız gibi temel tasarım değerlerinin farklı senaryolar için incelenmesi önem kazanmıştır. Kurulu bir tesisteki toplam tüketim ancak ölçüm yolu ile kesin olarak belirlenebilir. Bunun için uzun dönemli ve hassas ölçümler yapabilen yüksek maliyetli cihazlara gereksinim vardır. Ayrıca farklı senaryoların denenmesine olanak yoktur. Son yıllarda enerji tüketiminin tahmini için, kurulu asansörün bir referans seyirde tükettiği enerji beklemede çektiği güç ve yıllık kullanım kategorisi temel alınarak bazı yöntemler önerilmiştir[3]. Enerji tüketiminin tahmini için önerilen bir başka yöntem de daha önceleri servis ve seyir sürelerinin tahmini için kullanılan simülatörlerin enerji tüketimlerini de hesaplayacak şekilde geliştirilmesi ile elde edilen simülasyon yöntemidir [4,5]. Ancak bu yöntem daha çok yüksek maliyetli yazılım paketleri ve uluslararası düzeydeki asansör üreticilerinin geliştirdikleri özel yazılımlar ile uygulanmıştır. Bu çalışmada yukarıdaki örneklere benzer sonuçlar üretebilen bir simülatör tasarımı tanıtılmıştır.

Düşük maliyetli 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[6]. Modellerin simülasyonunda iki tür simülasyondan 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 simülasyon, değişkenlerin süreç içinde devamlı değiştiği sistemlerde, kullanımı uygundur[7]. Bu çalışmada asansör sisteminin simülasyonu yapıldığı ve asansör sisteminde asansörlerin çalışması gelen yolculara bağlı olduğu için kullanılan simülasyon çeşidi Ayrık Olay Simülasyonudur.

Asansör sisteminin simülasyonunu yapabilmek için simülatöre ihtiyaç vardır. Yapılmış olan simülatörlerde enerji hesabını sisteme dahil etmiş olan az sayıda uygulama bulunmaktadır. Yapılmış olan birçok uygulama daha çok hizmet kalitesi üzerine yoğunlaşmıştır. Örneğin S. Karg'ın yapmış olduğu asansör simülatöründe, yapılan analizde daha çok hizmet kalitesi üzerinde durulmuştur [8]. Bir diğer çalışmada R. D. Peters'in yaptığı simülasyonda hizmet kalitesi çok detaylı incelenmiş fakat enerji üzerindeki analizler yüzeysel kalmıştır [6]. Hastanenin asansör trafiğini analiz etmek için yapılmış asansör simülatöründe ise R. D. Peters'in çalışmasından daha detaylı analizler yapılmış gerçek hastane örnekleri incelenmiş, fakat enerji tüketimi üzerinde durulmamıştır. 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 [9]. [9]'daki çalışmada farklı bina türleri için farklı asansör trafik türleri düşünülmemiş, gelen yolcu yoğunluğunun gün içinde değişkenlik gösterebileceği dikkate alınmamıştır.

Bu çalışmada yapılan 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 verilerini, trafik verilerini, asansör verilerini ve simülasyon verilerini almaktadır. Binanın yolcu trafik verisini elde edebilmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Örneğin [10]'da yapılan çalışmada katlarda bekleyen yolcu sayısı, katlara konulan kamera yardımı ile resim işleme algoritmaları uygulanarak, baş ve omuz belirleme yöntemi ile bulunmuştur. Bunun dışında gözlem yapılarak ta yolcu trafiği hakkında bilgi sahibi olunabilir. Bu yöntem kamera ile yapılan gözleme göre daha az maliyetli ve daha hızlı sonuç alınabilir bir yöntemdir.

Tasarlanmış olan simülatör çıktı olarak ortalama transfer ve bekleme sürelerini, yapılan çağrılar ve detaylarını, hizmet gören kişileri ve detaylarını, çıktıların zamana göre grafiklerini her bir asansör için ayrı bir şekilde güç ve enerji verilerini ve grafiklerini oluşturmaktadır. Yapılmış olan simülatörde sonuçlar kaydedilebilir ve karşılaştırılabilir bir yapıya sahiptir. Karşılaştırmalar grafiksel ekranlar ile desteklenmiş olup kullanıcının anlayabileceği biçimde sunulmuştur.

2. Asansör Simülasyon Yazılımı

Asansör simülatörü, nesne yönelimli programlamaya uygun olacak şekilde tasarlanmıştır. 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. Simülatörün çalışmaya başlayabilmesi için belli başlı parametrelerin girilmesi gerekmektedir.

Asansörün İlk Girdileri

Bina Verileri

Bina Türü: Apartman
Kot Sayısı: 9
Asansör Sayısı: 2
Zemin Kot: 1
Kot Yüksekliği: 2,8 metre

Trafik Verileri

Trafik Türü: İki Yönlü Trafik
Yolcuların Gelme Oranı: Uniform Dağılım (Dakika)
Min: 2, Max: 5
Yolcuların Gelme Sayısı: 20 kişi

Asansör Verileri

Asansör Kapasitesi: 4 kişi
Asansör Yük Kapasitesi: 320 kg (maks200)
Kapı Açılıp Kapanma Süresi: 8 saniye
Asansörün Hızı: 1 metre/saniye
Asansörün İtme Hızı: 0,7 metre/saniye²

Simülasyon Verileri

Simülasyon Hızı: Çok Hızlı
Simülasyon Süresi (0:Sonsuz): 1 Saat
Hizmet Görecek Toplam Yolcu Sayısı (0:Sonsuz): 0

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 Olusun

Asansörlerin

Motor Türü: Dişli
Dişli Oranı (i): 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 1. Simülasyonun ilk bilgiler ve seçenekler ekranları

Simülasyon için gerekli parametrelerin girildiği ekran Şekil 1.'deki gibidir. Simülasyon başladıktan sonra simülasyon ekranı sayesinde anlık veriler, asansörlerin durumu ve katta bekleyen yolcu sayıları şekil 2'deki gibi görünmektedir.

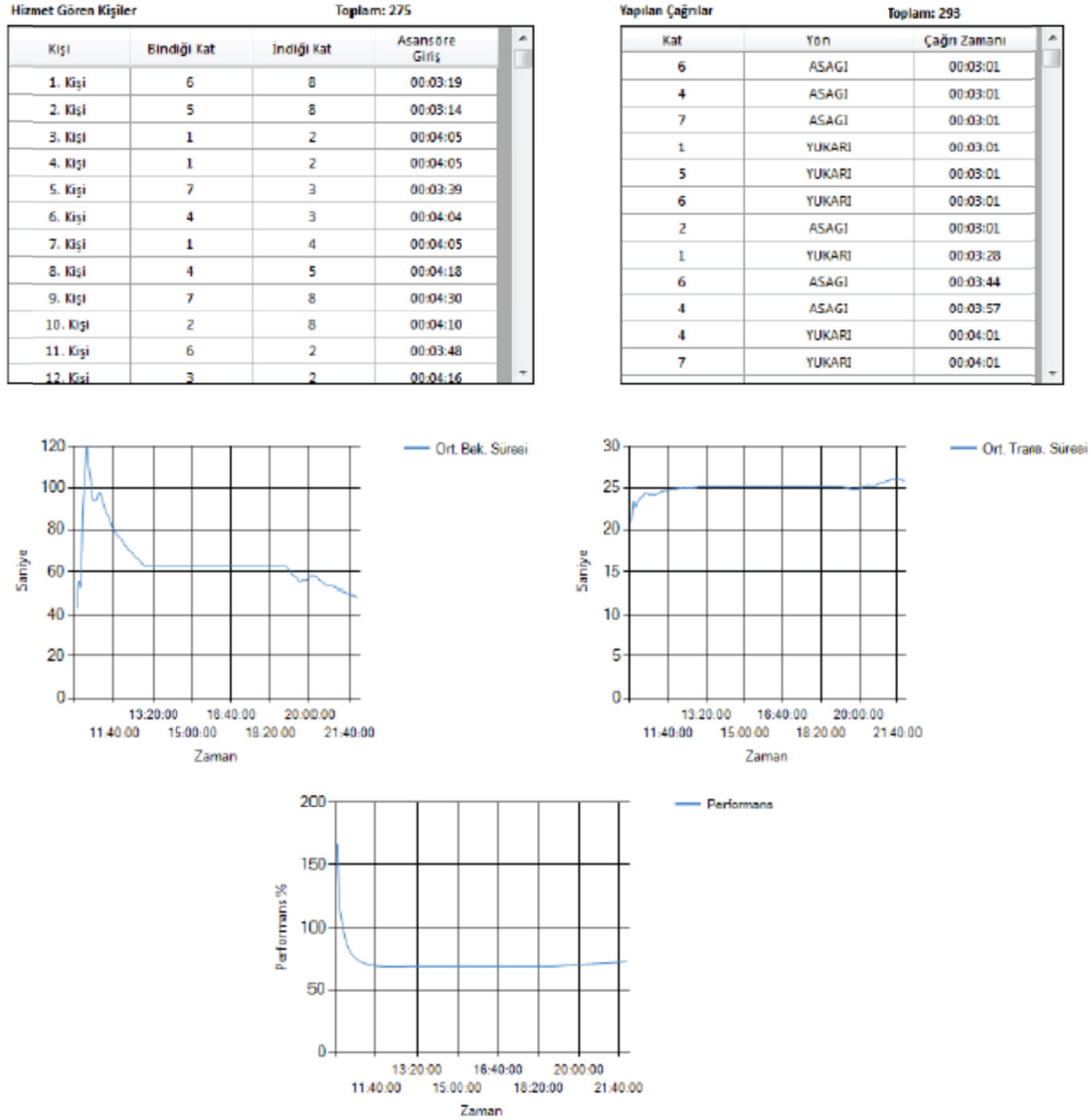
Simülasyon Ekranı

Geçen Zaman: 00:02:27
Sisteme Giren Toplam Kişi: 20
Hizmet Gören Toplam Kişi: 4
Kişilerin Ortalama Bekleme Süresi: 22,2 Saniye
Kişilerin Ortalama Transfer Süresi: 8 Saniye
Anlık Ortalama Kuyruk Uzunluğu: 1,86 Kişi
Ortalama Kuyruk Uzunluğu: 2,09 Kişi/Hesaplanma Sayısı
Dakikada Taşınan Kişi Sayısı: 1,6
Performans: % 425,13

Kat No	Bekleyen
1. Kat	2
2. Kat	2
3. Kat	1
4. Kat	0
5. Kat	4
6. Kat	1
7. Kat	2
8. Kat	1
9. Kat	0

Şekil 2. Simülasyon ekranı

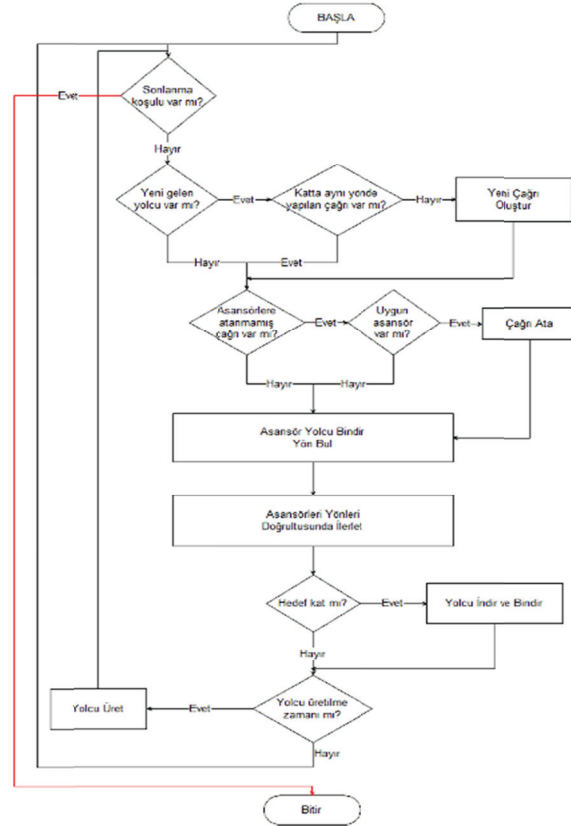
Şekil 3.'te simülasyon sonucunda elde edilen veriler gösterilmiştir. Simulatörün ürettiği en önemli sonuçlar, ortalama bekleme ve seyir süreleri, katlardaki kuyruk uzunlukları ve asansörlerin tükettiği enerjilerdir.



Şekil 3. Simulatörün ürettiği sonuç verileri

2.1. Algoritma ve yazılımın çalışma şekli

Tasarlanan sistemde yolcuların taşıdıkları eşyalar dikkate alınmıştır bunu nedeni alışveriş merkezi gibi binalarda yolcuların taşıdıkları eşyalar hacim ve ağırlık olarak önem arz edebilmektedir. Dolayısıyla her yolcu bir eşya nesnesi içermektedir. Bu eşyaların kütlesi sıfır olabileceği gibi belli bir ağırlıkta da olabilmektedir. Kütleinin sıfır olması kişinin eşya taşımadığı anlamına gelmektedir. Kişiler çağrı metodu ile asansör talebinde bulunmaktadırlar. İki türlü çağrı şekli bulunmaktadır. Eğer kişi aşağı incekse aşağı çağrı butonuna yukarı çıkacaksa yukarı çağrı 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 bekletilenektir. Asansör Kontrol Birimi çalıştığı süre boyunca istatistiksel verileri ve enerji verilerini kaydeder. Bu kaydetme işlemlerini rapor metotları ile yapmaktadır. Anlatılan bu işleyişi özetleyen algoritmanın akış diyagramı şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Simülasyon algoritması

3. Enerji Tüketiminin Modellenmesi

Bir asansörün tükettiği toplam enerji düşünüldüğünde, seyir ve bekleme durumunda tüketilen enerjiler, kabin, kuyu ve makine dairesi aydınlatması, kabin ve makine dairesinin havalandırılması ve iklimlendirilmesi gibi farklı bileşenler sıralanabilir. Bunlar içinde en önemli bileşen olan seyir durumundaki enerji tüketimi, kabindeki yük, kabin hızı ve sistemdeki çeşitli bileşenlerin oluşturduğu kayıplara bağlıdır. Bu çalışmada modern elektrikli asansör sistemlerinde kullanılan iki temel makine tipi incelenmiştir. Bunlar vidalı dişli ve hız denetimli asenkron motor (induction motor) ile tasarlanan redüktörlü asansör makinesi ve hız denetimli senkron motor ile tasarlanan dişlisiz asansör makinesidir. Modern asansörlerde çoğunlukla bir karşıt ağırlık kullanılır. Karşıt ağırlık kabin ağırlığının tamamını ve beyan yükünün bir oranını (genellikle %50) dengeleyecek biçimde seçilir. Bu durumda kasağın bir yanında kabindeki yolcu ve yüklerin oluşturduğu ağırlık ile kabin ağırlığı diğer yanında da karşıt ağırlık olduğundan değeri bu iki ağırlığın farkına eşit olan bir net ağırlık ve bir yönde etki eden bir döndürme momenti oluşturur. Döndürme momentinin seyir yönünde etki etmesi durumunda elektrik motoru fren modunda bir generatör gibi çalışır. Oluşan enerji ısı şeklinde bir fren direncinde harcanır. Bu durumda kaynaktan güç çekilemeyeceğinden tüketilen enerji sıfır olarak alınabilir. Diğer durumlarda,

$$*m_{net} = m_{kabin \text{ ağırlığı}} + m_{yük} - m_{kabin} - \frac{m_{beyan \ yükü}}{2} \quad (1)$$

ve motor miline indirgenmiş döndürme momenti (tork)

$$M_{yük} = \frac{m_{net} \cdot g \cdot r_{kasnak}}{n \cdot \eta_{gear}} \quad (2)$$

olacağından motor mekanik gücü,

$$P_{motor} = M_{yük} (v/r) \cdot n \quad (3)$$

Elektriksel giriş gücü de

$$P_{\text{elektrik}} = \frac{P_{\text{motor}}}{\eta_{\text{motor}}} \quad (4)$$

olarak bulunur.

Dışlısiz makine durumu için $n=1$, $\eta_{\text{gear}}=1$ alınacaktır.

Seyir enerjisini hesaplayabilmek için motorun hesaplanan elektriksel gücü ne kadar sürede uyguladığını bulmak yeterli olacaktır. Denklem 5’te harcanan enerjiyi bulabilmek için elektriksel güç asansörün hareket ettiği süre ile çarpılmış ve bu süre saniye cinsinden olduğu için 3600’e bölünmüştür.

$$\text{Seyirde Tüketilen Enerji} = \frac{P_{\text{elektrik}} * \text{Hareket Süresi}}{3600} \quad (5)$$

Bu hesaplanan enerjiler asansörün çalıştığı gün boyunca toplanırsa asansörün harcadığı günlük enerji bulunabilir. Bu çalışmada hesaplanan bu enerjiye ek olarak bekleme durumunda ve kapının açılıp kapanmasında tüketilen enerji de eklenmektedir. Bu bilgi kullanıcıdan girildiği olarak alınmaktadır.

$$\text{Harcanan Toplam Enerji} = \text{Seyirde Tük. Enerji} + \text{Beklemede Tük. Enerji} \quad (6)$$

4. Örnek Hesaplama

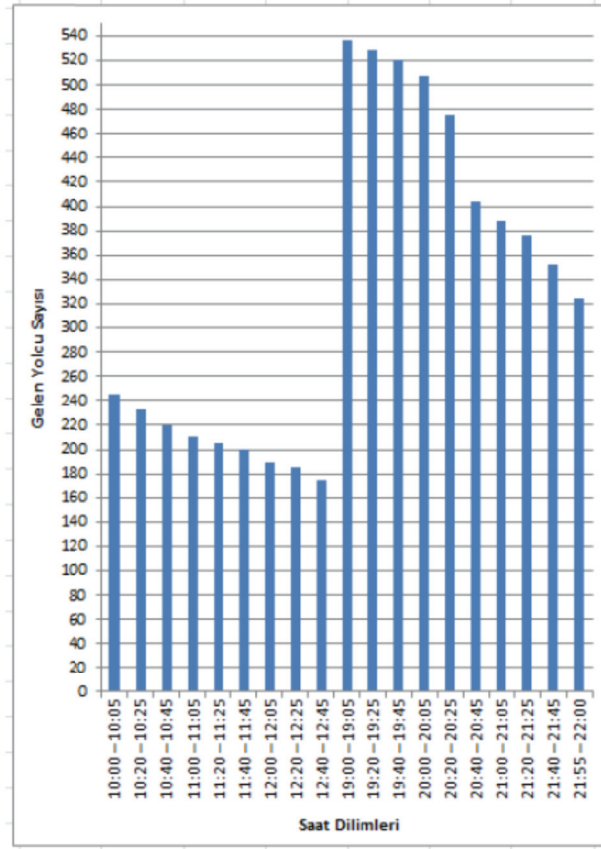
İstanbul’da bulunan bir alışveriş merkezinde asansör trafik akışı gözlemlenmiştir. Gözlem en yoğun gün olan, pazar günü sabah 10:00’dan 13:00’a kadar 3 saat ve akşam 19:00’dan 22:00’a kadar 3 saat yapılmıştır. Yapılan gözlemlerde asansörlere giren yolcular sayılmış ve trafik türünün ne olabileceği belirlenmiştir. Sabah 3 saat için yukarı yoğun, akşam 3 saat için aşağı yoğun trafik türü seçilmiştir. Yapılan gözlemlerde fark edilen, bekleyen yolculardan bir bölümü asansörün gelmesi gecikince beklemekten vazgeçip merdivenlere doğru yönelmişlerdir. Bu durum asansör sayısını yetersiz olduğu göstermektedir. Bu çalışmada yapılmak istenen gerçekte var olan bir sistemi tasarlanmış olan simülasyon üzerinde uygulayıp sonuçlarını analiz etmektir.

Alışveriş merkezinden toplanmış olan yolcu verileri ile asansörün yapımçı firmasından alınan veriler simülasyona parametre olarak girilmiş ve 6 saat simülasyon çalıştırılmıştır. Yapılmış olan gözlemlerden elde edilen yolcu sayıları ve trafik türleri, hangi zaman aralıklarında elde edildikleri Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4. Gözlem yolu ile elde edilen örnek asansör trafiği

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 4'teki veriler kullanılarak yolcuların zamana göre gelme dağılımı oluşturulduğunda, oluşan dağılım şekil 6'daki gibi olmaktadır. Bu dağılım log-normal dağılıma benzediği için simülâtörde yolcuların gelme dağılımında, log-normal dağılım seçilmiştir.



Şekil 5. Gelen yolcu sayısının saatlere göre dağılımı

Bu asansör sistemi için hedeflenen ortalama bekleme süresi 40 saniye olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni ise ortalama bu süre geçtikten sonra yolcuların asansörün önünden ayrıldıkları görülmüştür. Bunun yanında hedeflenen ortalama transfer süresi 20 saniye olarak belirlenmiştir. Bu veriler simülasyon sonuçları ile karşılaştırılarak beklentilerin ne düzeyde karşılanacağı ya da sistemin performansı değerlendirilmiştir.

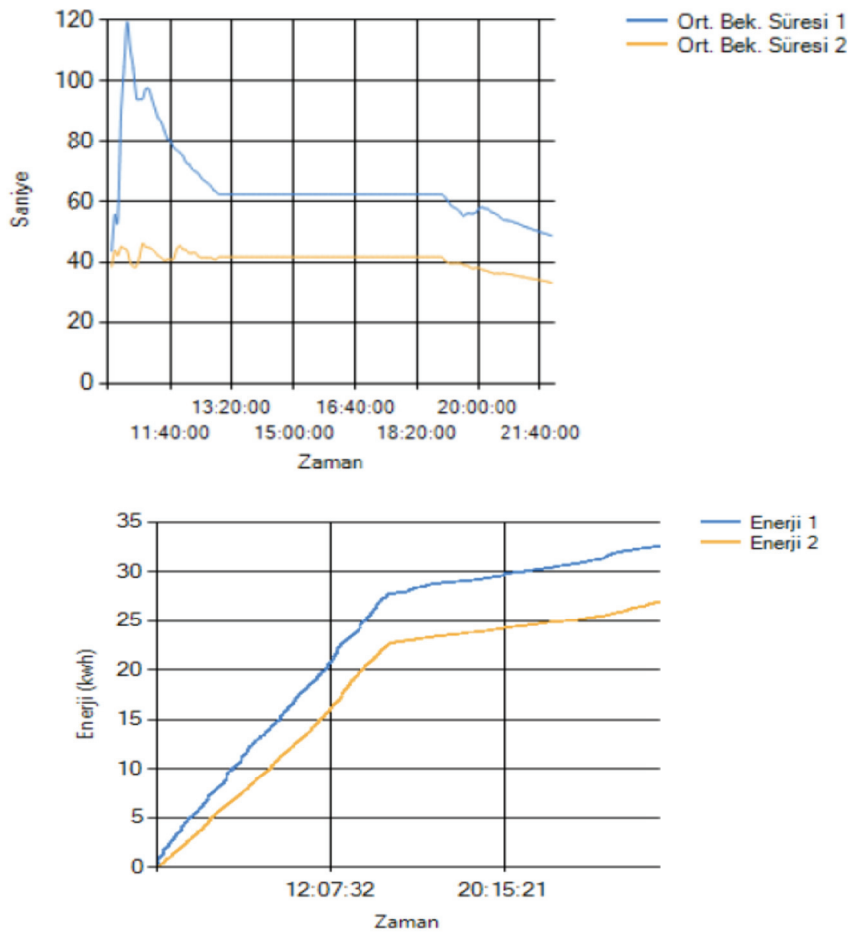
4.1. Birinci senaryo için sonuçlar

Simülasyon aktif olarak 6 saat çalıştırıldıktan sonra (13:00 ile 19:00 arası yolcu trafiği yok sayılmıştır.), simülâtörün oluşturduğu sonuçlar; ortalama bekleme süresi 48,71 saniye ve ortalama transfer süresi 25,86 saniyedir. Görüldüğü gibi beklenen değerlere ulaşamamıştır. Sistem tüketilen enerji yönünden analiz edildiğinde şekil 7'deki gibi enerji tüketim grafiği elde edilmektedir. 6 saat boyunca tüketilen seyir enerjisi 32,64 kWh'dur. Bekleme durumunda tüketilen enerji ise 1,45 kWh'dur. Dolayısıyla tüketilen toplam enerji 34,09 kWh'dur.

Alışveriş merkezindeki asansör sisteminin bekleneni karşılamadığı sonuçlardan görülmektedir. Sistemi iyileştirmek adına yapılacak çeşitli yöntemler olabilir. Bu yöntemlerden biri sisteme aynı özelliklerde 1 asansör eklemek olabilir. Aynı özelliklerde 1 asansör eklenip, simülasyon aktif olarak 6 saat çalıştırıldığında (13:00 ile 19:00 arası yolcu trafiği yok sayılmıştır.), beklenen değerlere yaklaşıldığı görülmektedir.

4.2. İkinci senaryo için elde edilen sonuçlar

Simülasyon ikinci senaryoda 6 saat çalıştırdıktan sonra, simülatörün oluşturduğu sonuçlar; ortalama bekleme süresi 33,21 saniye ve ortalama transfer süresi 25,46 saniyedir. Görüldüğü gibi elde edilen değerler kabul edilebilir değerlerdir. İlginç bir şekilde asansör sayısının artırıldığı senaryoda tüketilen enerji miktarı azalmıştır. Tüketilen seyir enerjisi miktarı 27 kWh'dur. Bekleme durumunda tüketilen enerji 2,07 kWh'dur. Dolayısıyla tüketilen toplam enerji 29,07 kWh'dur. Aslında bunun açıklaması basittir, 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. Bu durum alışveriş merkezi gibi trafiği yoğun olan yerler için geçerli olup, belli bir sayıda artıştan sonra durum tersine dönüp tüketilen enerji miktarı da artmaya başlar.



Şekil 7. Ortalama bekleme sürelerinin ve enerji tüketimlerinin karşılaştırılması

5. Sonuçlar

Bu çalışmada tasarlanan simülator sayesinde, binanın asansörleri hakkında az sayıda parametreyi simülatora girip hizmet kalitesi, enerji tüketimi hakkında detaylı sonuçlar alınabilmektedir. Bu çalışmada gerçek bir binanın, asansör trafik analizi yapılmış ve yine simülator sayesinde, çalışma süresince harcanan enerji miktarı hesaplanabilmektedir. Simülasyon farklı senaryolar ile tekrar çalıştırılmış ve yapılacak modifikasyonlar ile hizmet kalitesi artırılıp tüketilen enerji miktarının düşürülebileceği görülmüştür. Yazılımın, özellikle enerji modeli açısından geliştirilmesi ileriye dönük çalışmaların temelini oluşturacaktır.

Kaynaklar

- [1] Sachs H.M., Opportunities for elevator energy efficiency improvements, American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE), Washington, DC, April 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 July 2010.
- [3] Lindegger U., The studies in europe and the energy efficiency guideline VDI 4707, Elevcon, 2010.
- [4] Hakala H., Siikonen M. L., Tyni T., Ylinen J., Energy-efficient elevators for tall buildings, 6th World Congress on Tall Buildings and Urban Habitat, February/March 2001.
- [5] Patrao C., Rivet L., Fong J., Almedia A., Energy efficient elevators and escalators, ECEEE, 2009,803-813.
- [6] Bennet B.S., Simulation fundamentals, 1st ed., Prentice Hall International Series in System and Control Engineering, UK, 1995.
- [7] Lee Y., Kim T. S., Cho H. S., Sung D. K., Choi B. D., Performance analysis of an elevator system during up-peak, 2009,49, 423-431.
- [8] Karg S., Elevator simulator design [online], University of Phoenix, Denver Tech Center Campus, <http://www.angelfire.com/trek/software/elevator.html>.
- [9] 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.
- [10] 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 July 2008.
- [11] Milli Eğitim Bakanlığı, Elektrik-elktronik teknolojisi, asansör makine dairesi, Türkiye, 523EO0056, 5-55, 2011.
- [12] Duru H. T., Demiröz R., Asansörlerde modern dişlisiz tahrik sistemleri ve enerji verimi, Asansör sempozyumu, İzmir, Türkiye, 21-23 Mayıs 2009.
- [13] Peters R.D., Vertical transportation planning in buildings, Ph.D. Brunel University, Department of Electrical Engineering and Electronics, London, 1998.
- [14] OTIS catalog [online], <http://www.otis.com/site/tr/Pages/Gen2Elevator.aspx?menuID=2>
- [15] 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.
- [16] Cortes P., Larraneta J., Onieva L., Genetic algorithm for controllers in elevator groups: analysis and simulation during lunch-peak traffic, 2004,4, 159-174.
- [17] 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.
- [18] Barney G. C., Elevator traffic handbook : theory and practice, 1st ed., Taylor & Francis Routledge, London, 2003.
- [19] Nikovski D., Brand M., Exact calculation of expected waiting times for group elevator control, journal of computers, 2005.
- [20] Nagatani T., Dynamical transitions in peak elevator traffic, Physica A, 2003,333,441-452.
- [21] 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.
- [22] Joel S., How elevator is made, encyclopedia, 1996, 1, 24-25.