

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ACİL DURUM TAHLİYE SİMULASYONLARI VE İŞLETME
FAKÜLTESİ'NDE UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Betül EKİZOĞLU**

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Endüstri Mühendisliği

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. C. Erhan BOZDAĞ

Haziran, 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ACİL DURUM TAHLİYE SİMULASYONLARI VE İŞLETME
FAKÜLTESİ'NDE UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Betül EKİZOĞLU
(507061104)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 01 Haziran 2009

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. C. Erhan BOZDAĞ (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Cengiz GÜNGÖR (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL (YTÜ)**

Haziran, 2009

ÖNSÖZ

Benim için sonsuz öneme sahip bu çalışmayı okuluma doğrudan katkı sağlayacak olmaktan ötürü büyük bir zevkle tamamladım. Böylesine hayati bir konuda ne kadar az çalışma yapıldığını farketmem, girdiğim tüm binalarda acil durum çıkışlarını arıyor ve olası acil durum planlarını inceliyor olmam çalışmamın bana kattığı ilk farkındalıklar. Büyük ölçüde Arena Programı ile şekillenmiş olan simülasyon dağarcığıma bu çalışma ile çok farklı bakış açıları kattım.

Çalışmanın yapılması yönündeki isteğini belirterek bu çalışmaya vesile olan Prof. Dr. Nahit Serarşlan hocama, çalışma süresince desteklerini esirgemeyen ve çalışma için gerekli bilgilerin elde edilmesinde yardımcı olan değerli hocam C. Erhan Bozdağ’a teşekkürlerimi sunarım.

Maddi bir kaygı olmaksızın yüksek lisans eğitimime başlamamda büyük katkısı olan, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)’na henüz lisans eğitimim bitmemişken şahsıma tahsis etmiş olduğu yüksek lisans bursu dolayısıyla teşekkürü borç bilirim.

Çalışmanın olmazsa olmazı AutoCAD çizimlerini çalışma için tedarik eden Yapı ve Teknik Daire Başkanlığı’na ve çizimler konusunda yardımlarını esirgemeyen Osman Gökbayrak Bey’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nerdeyse benimle birlikte simülasyon çalışan İstanbul’daki ailem Betül ve Sümeyye’ye, durduğum anda “devam” diyen İsmail’e tüm destekleri için teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olduklarını hissettiren, sevgileriyle bana her zaman güç, güven ve iyimserlik kaynağı olan anne ve babama, biricik kardeşlerim Yasin ve Burak’a ve neşe kaynağım Ömer’e teşekkür eder, sevgilerimi sunarım.

Mayıs 2009

Betül Ekizoğlu

Endüstri Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Literatür Özeti	2
2. TAHLİYE (Evacuation).....	3
2.1 Toplam Tahliye Süresi	4
2.2 Sosyal Psikolojik Literatürde Tahliye	6
2.2.1 Bir konsept olarak panik	7
2.2.2 Tanıdık insanlar ve yerlerin etkisi	7
2.2.3 Stres altında karar verme	8
2.3 Tahliye Çalışmalarında Kullanılan Teknikler	8
2.3.1 Risk Değerleme	11
2.3.2 Optimizasyon	11
2.3.3 Simülasyon.....	12
3. TAHLİYE ÇALIŞMALARINDA SİMULASYONUN YERİ	15
3.1 Genel Kavramlar	16
3.2 Tahliye Esnasında İnsan Davranışlarının Modellenmesi.....	18
3.3 Toplam Tahliye Süresinin Hesaplanması, Darboğaz Noktaların Belirlenmesi ve Düzeltici Eylemler	18
4. VAR OLAN SİMULASYON PROGRAMLARININ ANALİZİ.....	21
4.1 Programların Sınıflandırılması	21
4.1.1 Programın elde edilebilirliği	21
4.1.2 Modelleme Yöntemi	22
4.1.3 Modelleme Amacı	22
4.1.4 Sistem/Yapı	22
4.1.5 Model/Kişi Perspektifi	23
4.1.6 Davranış	23
4.1.7 Hareket.....	24
4.1.8 Yangın Verisi	25
4.1.9 CAD	26
4.1.10 Görsellik.....	26
4.1.11 Doğrulama.....	26
4.2 Program Seçiminde Kilit Noktalar	29
4.2.1 Programa ulaşılabilirlik ve erişim	29
4.2.2 Programın amacı.....	29
4.2.3 Programın içeriği.....	29

4.2.4 Programın alanı sunuşu	29
4.2.5 Programın kişi/alan perspektifi.....	30
4.2.6 Programda kişilerin hareketi.....	30
4.2.7 Programda kişilerin davranışsal perspektifleri	30
4.2.8 Doğrulama	30
4.2.9 Destek.....	30
5. SIMULEX	31
5.1 Gerekli Ekipman	31
5.2 Simulex’le Model Kurmak	32
5.2.1 Kat planları	32
5.2.2 Çıkış noktaları.....	33
5.2.3 Merdivenler	34
5.2.4 Bağlantıların tanımlanması.....	34
5.2.5 Uzaklık haritalarının hesaplanması.....	34
5.2.6 Kişilerin tanımlanması	35
5.2.6.1 Vücut ölçüleri	37
5.2.6.2 Kişi modelleri	38
5.2.6.3 Kişilerin yürüme hızları	38
5.3 Simulex’in Prensipleri ve Varsayımları	39
5.4 Doğrulama Çalışmaları.....	39
5.5 Simulex’in Ek Özellikleri.....	41
5.6 Kısıtlar	41
6. UYGULAMA: İŞLETME FAKÜLTESİ’NİN SIMULEX İLE ACİL DURUM SİMÜLASYONU	43
6.1 Bina Tarihçesi	43
6.2 İşletme Fakültesi SİMÜLASYON Modelinin Oluşturulması	44
6.2.1 Kat Planlarının Oluşturulması	44
6.2.2 Merdivenler ve Katların Bağlantılarının Sağlanması.....	49
6.2.3 Çıkışların Tanımlanması ve Uzaklık Haritalarının Hesaplanması.....	52
6.2.4 Binadaki Kişilerin Modele Eklenmesi	52
6.3 SİMÜLASYON Senaryoları.....	56
6.3.1 Senaryo 1:.....	58
6.3.2 Senaryo 2:	59
6.3.3 Senaryo 3:	59
6.3.4 Senaryo 4:.....	60
6.3.5 Senaryo 5:	60
6.4 SİMÜLASYON Senaryolarından Elde Edilen Sonuçlar.....	62
6.5 Çıkışlarda SİMÜLASYON Sonuçlarının Değerlendirilmesi	64
6.5.1 Senaryo 1:.....	64
6.5.2 Senaryo 2:	65
6.5.3 Senaryo 3:	67
6.5.4 Senaryo 4:.....	69
6.5.5 Senaryo 5:	71
6.6 Bağlantı Noktalarında SİMÜLASYON Sonuçlarının Değerlendirilmesi	73
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR.....	83
EKLER	87

KISALTMALAR

t+y-1	: Turnikeli Yangın Çıkışı Kapalı Birinci Senaryo
t+y-2	: Turnikeli Yangın Çıkışı Kapalı İkinci Senaryo
t+y+1	: Turnikeli Yangın Çıkışı Açık Birinci Senaryo
t+y+2	: Turnikeli Yangın Çıkışı Açık İkinci Senaryo
t+y+3	: Turnikeli Yangın Çıkışı Açık Üçüncü Senaryo
t-y-1	: Turnikesiz Yangın Çıkışı Kapalı Birinci Senaryo
t-y-2	: Turnikesiz Yangın Çıkışı Kapalı İkinci Senaryo
t-y+1	: Turnikesiz Yangın Çıkışı Açık Üçüncü Senaryo
t-y+2	: Turnikesiz Yangın Çıkışı Açık İkinci Senaryo
t-y+3	: Turnikesiz Yangın Çıkışı Açık Üçüncü Senaryo

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Tahliye çalışmalarında kullanılan modellerin sınıflamasını gösteren diyagram.	10
Çizelge 2.2 : Optimizasyon probleminin özeti.....	11
Çizelge 4.1 : Tahliye modellerinin tüm özellikleri	27
Çizelge 5.1 : Simulex'te vücut tipleri için vücut ölçüleri.....	37
Çizelge 5.2 : Farklı kişi modelleri için vücut tiplerinin dağılımı.	38
Çizelge 5.3 : Simulex modeli için doğrulama çalışmaları sonuçları.....	40
Çizelge 6.1 : Simulex kat planları listesi	47
Çizelge 6.2 : Sınıflardaki sıra sayıları	48
Çizelge 6.3 : Merdiven grupları ve ölçüleri.....	50
Çizelge 6.4 : Çıkışların genişlikleri.....	52
Çizelge 6.5 : Öğrenci, öğretim üyesi ve personel sayıları	53
Çizelge 6.6 : Simulex'e eklenmiş kişi tipleri	54
Çizelge 6.7 : Kişi tiplerinin karakteristik özellikleri	55
Çizelge 6.8 : Simülasyon senaryoları	57
Çizelge 6.9 : Tüm senaryolar için toplam tahliye süreleri.....	62

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Deneysel veri genel olarak kontrollü/kontROLSÜZ ve 5	5
acil/normal durumlara göre sınıflanabilir..... 5	5
Şekil 2.2: İnsan davranışlarının modellenmesinde farklı seviyeler.....12	12
Şekil 3.1: Bir tahliye üzerindeki etkenler16	16
Şekil 3.2: Bir teörinin yorumlanması sonucu simülasyona dönüşebilecek bir model oluşur.....16	16
Şekil 3.3: Farklı teori ve modelleri sınıflandırmak için kullanılabilecek modelleme 17	17
Kriterleri. Tahliye model ve simülasyonları için en önemli seçim, kesikli- sürekli ve stokastik-deterministik seçimidir.....17	17
Şekil 5.1 : Simulex'te Kat Planı Ekran Görüntüsü.....33	33
Şekil 5.2 : Simulex'te Tanımlanmış Bir Merdivenin Ekran Görüntüsü.....34	34
Şekil 5.3 : Simulex'te Hesaplanmış Bir Uzaklık Haritasının Ekran Görüntüsü35	35
Şekil 5.4 : Simulex'te Kişi Karakteristiğinin Belirlendiği Ekran Görüntüsü36	36
Şekil 5.5 : Simulex'te Grup Olarak Kişileri Ekleme Ekran Görüntüsü36	36
Şekil 5.6 : Simulex'te Bir Vücut Tipi Tanımlanması.....37	37
Şekil 5.7 : Simulex'te Yürüme Hızı ve Kişiler Arası Uzaklık Arasındaki İlişki38	38
Şekil 6.1: İşletme fakültesi örnek kat planı.....45	45
Şekil 6.2: A-B blok 2. Kat, C,D,E ve F blok 2.kat, yangın çıkışı 2. Kat ve dekanlık binası zemin kat simulex kat planları ekran görüntüsü.....46	46
Şekil 6.3: Sıralarda dikkat edilen ölçüler.....48	48
Şekil 6.4: Dekanlık binası zemin kat-1.kat arasındaki merdiven Simulex ekran görüntüsü.....50	50
Şekil 6.5: Bağlantıları eklenmiş bir kat planı ekran görüntüsü.....51	51
Şekil 6.6: Simulex'de yeni kişi tipleri ekran görüntüsü54	54
Şekil 6.7: D blok 4. kat öğrenciler ve öğretim üyeleri ekran görüntüsü56	56
Şekil 6.8: a) Turnikelerin olduğu durumda dekanlık zemin kat planı.....61	61
b) Turnikelerin olmadığı durumda dekanlık zemin kat planı.....61	61
Şekil 6.9: a) Yangın çıkışının kapalı olduğu kat planı61	61
b) Yangın çıkışının açık olduğu kat planı61	61
Şekil 6.10: Tüm senaryolar için karşılaştırmalı toplam tahliye süreleri.....63	63
Şekil 6.11: Senaryo bir için öğrenci çıkışındaki kişi sayıları64	64
Şekil 6.12: Senaryo bir için personel çıkışındaki kişi sayıları64	64
Şekil 6.13: Senaryo birin 1.57'nci dakikasında iki çıkıştan alınmış ekran görüntüsü65	65
Şekil 6.14: Senaryo iki için öğrenci çıkışındaki kişi sayıları.....66	66
Şekil 6.15: Senaryo iki için personel çıkışındaki kişi sayıları66	66
Şekil 6.16: Senaryo ikinin 2.13'üncü dakikasında iki çıkıştan alınmış ekran görüntüsü.....67	67
Şekil 6.17: Senaryo üç için öğrenci çıkışındaki kişi sayıları68	68
Şekil 6.18: Senaryo üç için personel çıkışındaki kişi sayıları.....68	68

Şekil 6.19: Senaryo üç için yangın çıkışındaki kişi sayıları.....	68
Şekil 6.20: Senaryo için 1.56'ncı dakikasında üç çıkıştan alınmış ekran görüntüsü.....	69
Şekil 6.21: Senaryo dört için öğrenci çıkışındaki kişi sayıları	70
Şekil 6.22: Senaryo dört için personel çıkışındaki kişi sayıları.....	70
Şekil 6.23: Senaryo dört için yangın çıkışındaki kişi sayıları	70
Şekil 6.24: Senaryo dördün 3.57'nci dakikasında alınmış ekran görüntüleri.....	71
Şekil 6.25: Senaryo beş için öğrenci çıkışındaki kişi sayıları	71
Şekil 6.26: Senaryo beş için personel çıkışındaki kişi sayıları.....	72
Şekil 6.27: Senaryo beş için yangın çıkışındaki kişi sayıları	72
Şekil 6.28: Senaryo beşin 1.58'nci dakikasında üç çıkıştan alınmış ekran görüntüsü	73
Şekil 6.30: Senaryo üç bağlantı 58 kişi sayıları.....	74
Şekil 6.31: Senaryo üç bağlantı 60 kişi sayıları.....	74
Şekil 6.32: Senaryo üç bağlantı 61 kişi sayıları.....	75
Şekil 6.33: Senaryo için 2.28'nci dakikasından ekran görüntüsü	75
Şekil 6.34: Senaryo ikinin 1.48'nci dakikasından ekran görüntüsü.....	76
Şekil 6.35: Senaryo iki bağlantı 14 kişi sayıları	76
Şekil A.1 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Bodrum kat planı görüntüsü ..	88
Şekil A.2 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Zemin kat planı görüntüsü	88
Şekil A.3 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: A-B Blok zemin kat planı	89
Şekil A.4 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Yangın çıkışı zemin kat planı ..	89
Şekil A.5 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: 1. Kat planı.....	90
Şekil A.6 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: A-B blok 1. Kat planı	90
Şekil A.7 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Yangın çıkışı 1.kat	91
Şekil A.8 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: 2. Kat planı.....	91
Şekil A.9 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Yangın çıkışı 2. Kat planı	91
Şekil A.10 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: A-B blok 2. Kat planı	92
Şekil A.11 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: 3. Kat planı.....	92
Şekil A.12 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Yangın çıkışı 3. kat	93
Şekil A.13 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: 4. Kat planı.....	93
Şekil A.14 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Yangın çıkışı 4. kat	93
Şekil A.15 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: 5. Kat planı.....	94
Şekil A.16 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Dekanlık binası zemin kat planı.....	94
Şekil A.17 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Dekanlık binası 1. Kat planı ..	95

ACİL DURUM TAHLİYE SİMULASYONLARI VE İŞLETME FAKÜLTESİ'NDE UYGULANMASI

ÖZET

Her geçen gün binalar daha çok büyümekte ve daha kalabalık insan grupları bir arada bulunur hale gelmektedir. Bu gelişmelere bağlı olarak kişilerin binalardan güvenli çıkışlarının sağlanması da önem kazanmaktadır. Her bina sorumlusu binada yaşayan veya çalışan kişilerin güvenliğini düşünmek durumundadır. Ayrıca bu konuda yasal düzenlemeler de bulunmaktadır.

Kalabalık insan topluluklarının bir arada bulunduğu yapılarda acil durum hazırlıkları, verimli tahliye planları hazırlanması üzerinde yoğunlaşmaktadır. Verimli tahliye planlarının oluşturulması için literatürde farklı tekniklerin kullanıldığı görülmüştür. En genel anlamıyla bu teknikler Risk değerlendirme, optimizasyon ve simülasyon teknikleridir.

Bu çalışmada farklı acil durumlara veya farklı yapılara göre acil durum planlarının hazırlanması ve değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan simülasyon teknikleri incelenmiştir. Acil durumlarda ortaya çıkan stres, panik gibi psikolojik faktörler ile birlikte bulunan kişiler arasındaki sosyolojik ilişkilerin simülasyon modellerine daha iyi yansıtılabilmesi acil durum çalışmalarında büyük öneme sahiptir. Bununla birlikte çevresel faktörlerin modellere yansıtılabilmesi modellerin performansını ve sonuçların güvenilirliğini artıracaktır.

Tez çalışmasının yapılma amacı İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi'nin acil durum tahliye simülasyon modelinin kurulması ve model sonuçlarının elde edilmesidir. Çalışma kapsamında literatür araştırması yapılmış, acil durumlar için farklı simülasyon modelleri incelenmiş, çalışma amacına en uygun model belirlenmiştir. Simülasyon modeli on adet senaryo üzerinde incelenmiş olup, her senaryonun sonuçları elde edilmiştir. Performans kriteri olarak toplam tahliye süresinin alındığı çalışma en düşük toplam tahliye süresinin elde edildiği senaryonun acil durum planı için önerilmesiyle sonuçlanmaktadır.

EMERGENCY EVACUATION SIMULATIONS AND AN APPLICATION IN FACULTY OF MANAGEMENT

SUMMARY

It is of major importance that buildings are able to accommodate safe evacuation. Every manager and owner of a building is concerned about the safety of persons living or working in the building. In addition, government codes and standards require that buildings be ‘safe’.

Disaster response in areas of high population density is centered on efficient evacuation of people and/or goods. It seems that there are several methods to obtain efficient evacuation plans. In the most general manner these techniques are risk assessment, optimization and simulation techniques.

In this study it is searched about evacuation simulation techniques that are commonly used in evacuation planning according to different emergency cases and buildings. It is important to integrate the effects of psychological and sociologic factors such as stress, panic and the relations between people to simulation models. In the other hand, it will give more reliable results from the simulation models to integrate the environmental factors.

The purpose of this thesis is to setup the emergency evacuation simulation models of İstanbul Technical University, Faculty of Management and to obtain the results of model. In the scope of the study it is searched on the literature, it is investigated on different simulation models, determined the most usable model. The simulation model analyzed on ten different scenarios and results of them. The scenario, which gives the shortest total evacuation time, is suggested as the emergency plan where the performance criterion is total evacuation time.

1. GİRİŞ

Tahliye çalışmaları binaların güvenlik derecesini ölçmek için dünya çapında her geçen gün daha fazla yapılmaktadır. Çalışmalar kapsamında elle hesaplamalar yapıldığı gibi bu hesaplamalar daha önceden belirlenmiş standartlara dayalı olarak yapıldığı için araştırmacıları daha gerçekçi incelemeler yapmaları yönünde zorlamaktadır.

Günümüzde binaların güvenlik düzeylerinin değerlendirilmesi için bilgisayar modelleri de yoğun olarak kullanılmaktadır. Simülasyonlar sayesinde binaların acil durum tahliye süreleri ve bina içindeki darboğaz noktaları belirlenebilmektedir.

Tahliye modellerinin gerçeğe uygun olarak gerçekleştirilmesi için geliştirilmesi gereken pek çok nokta bulunmaktadır. İnsanların sosyal psikolojik açıdan davranışlarının, yangın veya başka herhangi bir durumda çevresel koşulların tahliyeye olan etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi bu alanda birçok iyileşmeyi beraberinde getirecektir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada acil durum tahliye çalışmaları araştırılmış, tahliye simülasyonları ve farklı tahliye simülasyonu yaklaşımları incelenmiştir. Yapılan literatür araştırmaları sonucu Simulex isimli paket program öğrenci lisansı ile satın alınmış, Simulex'te model geliştirme yöntemi öğrenilmiştir. Çalışmaya yola çıkarken asıl amaçlanan ise İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi'nin acil durum tahliye simülasyonunun yapılmasıdır. Fakülte binası için böyle bir çalışmaya ihtiyaç duyulmuş olması çalışmanın çıkış kaynağıdır.

Çalışma kapsamında İşletme Fakültesi'nin acil durum tahliye simülasyonu yapılmış, on farklı senaryo üzerinden modeller kurulmuş ve sonuçları alınmıştır. Elde edilen sonuçlar içinde en iyi sonuç üreten senaryo gerekçeleri ile birlikte acil durum tahliye planı olarak önerilmiştir.

1.2 Literatür Özeti

Tahliye simülasyonları ile ilgili literatürde pekçok model ve paket program vardır. Programların temelinde çok farklı prensiplere yer verilmiştir. Modellerle ilgili kritiklerin yapıldığı birden fazla makale de bulunmaktadır. Bu inceleme çalışmalarından Gwynne and Galea'ya, Watts'a, Friedman'a ve Kuligowski'ye ait olanlar otuzun üzerinde simülasyon programının kritiğini sunmaktadır [1], [2], [3], [4].

Literatürde rastlanan Türkiye'de acil durum tahliye simülasyonlarıyla ilgili yapılmış tek çalışma 2005 yılında Sabancı İş Merkezi'nde Öven (V.A Öven) ve Çakıcı (N. Çakıcı) tarafından yapılmıştır [5].

İnsanların milli kültürlerinin tahliye anındaki davranışlarına olan etkisini amaçlayan bir Avrupa Birliği Projesi 1 Mayıs 2008'de başlamıştır. Projenin üyesi olan yedi ülkede habersiz tahliye tatbikatları yapılacak, bu tatbikatlardan elde edilen verilerle kişilerin kültürlerinin davranışlarına olan etkisi analiz edilecektir. Proje üyesi yedi ülkeden birinin Türkiye olması ülkemiz adına sevindiricidir [6].

Çevresel faktörlerin simülasyon modellerine daha iyi yansıtılabilmesi yönündeki çalışmalar da devam etmektedir. İngiltere Durham Üniversitesi'ndeki araştırmacılar bilgisayar oyunlarından faydalanarak tahliye modelleri geliştirmişler, böylece çevresel etkenleri çok fazla zorlanmadan modele yansıtıklarını belirtmişlerdir [7].

Yapılan literatür araştırmalarında acil durum tahliye simülasyonları konusuna İngiliz Üniversiteleri'nin ve özellikle 11 Eylül olaylarından sonra Amerikan Üniversite ve araştırma kurumlarının büyük önem verdiği gözlenmiştir.

2. TAHLİYE (Evacuation)

Son dönemde küçük alanlarda kalabalık insan gruplarının birarada bulunduğu, ofislerin, binaların giderek daha büyük ve kompleks yapılar haline geldiği bir gerçektir. Spor, eğlence aktiviteleri, kültürel etkinliklerin gerçekleştirildiği alanlarda çok büyük insan kitleleri bulunmaktadır. Bu durum ise katılımcılar ve organizatörler için herhangi bir acil durumu göz önünde bulundurarak yüksek güvenlik önlemlerini almayı gerekli kılmaktadır. Genellikle bu gibi durumlarda katılımcılar tehlikeli alandan mümkün olduğunca çabuk bir şekilde uzaklaştırılmalıdır. Bu yüzden kalabalık insan gruplarının hareketlerini anlayabilmek çok önemli hale gelmiştir.

Genel anlamda bir alandan, binadan, potansiyel veya gerçek bir tehlikeden kaçış olarak tanımlayabileceğimiz tahliye konusunda bir binanın ömrünün herhangi bir döneminde; tasarım aşamasında, inşa aşamasında veya kullanımda olduğu herhangi bir dönemde çalışmaya ihtiyaç duyulabilir. Ancak elbette bu çalışmaların henüz tasarım aşamasındayken yapılması ve sonuçların tasarıma dahil edilmesi tercih edilmelidir.

Tahliye süreci dinamikleri, kalabalık insan topluluğu ve birbirleriyle etkileşimleri, tehlike oluşturan unsurlar veya karmaşık bina yapıları gibi dış faktörler sebebiyle oldukça kompleks hale gelmektedir. Bu dinamikler en genel anlamda fiziksel, psikolojik, fizyolojik, ve sosyal olmak üzere dört başlık altında tanımlanabilir. Bu sebeptendir ki tahliye sürecinin araştırılmasında birçok bilim dalının entegrasyonu gerekmektedir.

Tahliye problemlerinin karmaşıklığının altında yatan temel sebep, sürecin tam olarak anlaşılamamış birçok küçük parçadan meydana geliyor olmasıdır. Tahliye sistemleri bina, insan topluluğu, kaçış planları ve olası kazalar gibi tahliye sürecinin performansını etkileyecek birçok bileşeni içerir. Kişilerin tavır ve hareketleri birçok dış faktörün etkisi altındadır ve kalabalığı oluşturan insanlar demografik özellikler, orada bulunma amaçları, birey veya grup olarak orada bulunmaları gibi özelliklerine göre farklılıklar gösterebilir [8].

Verimli tahliye diye bir kavramdan bahsedilecek olursa; verimli tahliye, insanları ve eşyaları bir yerden veya alandan kabul edilebilir bir zaman periyodu içinde düzgün bir şekilde çıkarmak olarak tanımlanabilir. Yangın, deprem, terörist saldırılar gibi olaylarla beklenmeyen zamanlarda karşılaşılmaması nedeniyle verimli tahliye planları için farklı durumlarda kullanılabilecek uygulanabilir bir model geliştirmek önemli hale gelmektedir [9].

Bu bölümde öncelikli olarak toplam tahliye süresi bileşenleri üzerinde durulacak, daha sonra sosyal psikolojik açıdan tahliye sürecine değinilecek ve son olarak da tahliye çalışmalarında kullanılan teknikler anlatılacaktır.

2.1 Toplam Tahliye Süresi

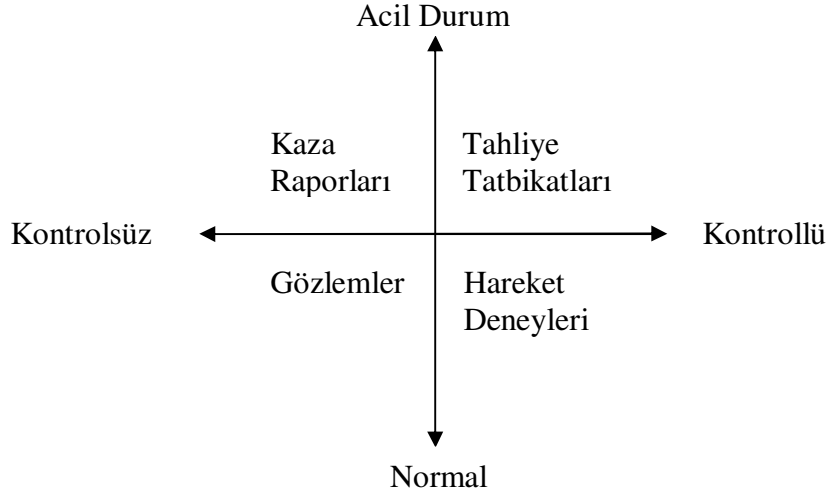
Literatürdeki tahliye ile ilgili çalışmalar incelendiğinde en çok üzerinde durulan ve belirlenmeye çalışılan performans kriterinin tahliye süresi olduğu görülmektedir. Tahliye süresinin belirlenmesi çalışmalarında deneyimlerden ve gözlemlerden faydalanılarak tahliye süreci ortaya çıkarılmış ve buradan da toplam tahliye süresi elde edilmeye çalışılmıştır. Buna göre şimdiye kadar geline nokta genel olarak tahliye süresi beş farklı aşamaya ayrılmıştır:

1. Algılama süresi
2. Farkına varma süresi
3. Karar verme süresi
4. Harekete geçme süresi
5. Hareket süresi

IMO düzenlemelerinde hareket öncesi süre de denenen ilk dört aşama cevap süresi olarak gruplanmıştır [10].

Tahliye süreciyle ilgili daha çok ve daha doğru sonuca ulaşabilmek noktasında veri çok önemli hale gelmektedir. Tahliye süreçleriyle ilgili gerçekçi veriler elde etmek ancak daha önce tahliye deneyimi yaşamış insanlarla görüşerek, kamera kayıtlarını inceleyerek veya tahliye tatbikatlarından elde edilmeye çalışılmaktadır. Ancak gerçekçi tatbikatlar yapmak etik ve pratik açıdan birçok zorluk içermektedir. Literatürde tahliye süreçlerindeki veriyle ilgili sunulan bir sınıflandırma Şekil 2.1’de verilmiştir.

Şekil 2.1’de verilen sınıflandırmada dikkat edilmesi gereken nokta, sadece kontrolsüz veya acil durumlarda elde edilen veri değil, diğer verilerin de tahliye değerlendirmelerinde kullanılabileceğidir.



Şekil 2.1: Deneysel veri genel olarak kontrollü/kontrolsüz ve acil/normal durumlara göre sınıflanabilir.

Bu genel sınıflandırmanın yanı sıra bir bina planı tahliye durumları için incelendiğinde özellikle kapı ve merdivenlerdeki akış oranı ile darboğaz kapasiteleri en önemli veri alanlarını oluşturmaktadır. Genel olarak yapılan çalışmalarda ise elde edilen veya edilebilecek sonuçlar düşünüldüğünde tahliye süreçleri için deneysel verideki amaç üç bölümde incelenmiştir:

1. Parametrelerin belirlenmesi: darboğaz genişlikleri ve kapasiteleri gibi tahliye sürecini etkileyen faktörlerin belirlenmesi.
2. Bu parametrelerin ölçülmesi: bir darboğaz noktasındaki kişi sayısı, darboğaz oluşan alanın ölçüsü ve darboğaz alanını geçiş süresi gibi parametrelerin değerlerinin belirlenmesi. Bu ölçümlerden performans göstergelerinin değerlerinin elde edilmesi.
3. Hesaplama sonuçlarının doğrulanması: bir tahliyede ölçülen toplam tahliye süresi ile hesaplama sonuçlarının karşılaştırılması gibi.

Sonuçların doğrulanması genellikle tahliye çalışması yapılan binanın, uçağın veya geminin tamamının dahil edildiği ve tamamı için tahliye sonuçlarının elde edildiği

Çalışmalarda geçerlidir. Bunlar ise ya tam ölçüde tahliye tatbikatlarından ya da gerçek tahliyelerden elde edilebilir. Tahliye tatbikatları genellikle gözlemlenir ve video kaydına alınır. Gerçek tahliyelerin raporları ise genellikle görgü şahitlerinden veya kaza sonrası yapılan incelemelerden elde edilen verilerle hazırlanır. Dolayısıyla tam bir tahliye ortamı sistematik olarak hazırlanamadığından kalabalığın hareketinde mikroskobik ölçülerde veri elde etmenin çok zor olduğu bilinmektedir. Bu yüzden tahliye tatbikatlarında parametre değerlerinin ölçülmesi esas amaç olmamış; tüm tahliye süreci ve insanların davranışları hakkında bilgi edinmek, performans göstergelerine dair sonuçlar elde edebilmek ile bu sonuçların doğrulanabilmesi üzerinde durulmuştur.

Uygulanabilirlik, finansal ve etik kısıtlar nedeniyle tam ve gerçekçi olarak yapılamayan tahliye tatbikatları, gerçek bir tahliyedeki olası stresi yansıtamamaktadır. Oldukça maliyetli ve zaman alan çalışmalar olan tahliye tatbikatları, tek başına tahliye analizleri için yeterli görülmemekte, tatbikatlardan elde edilen sonuçların standart bir ölçü olarak kullanılması sağlıklı bulunmamaktadır. Bununla birlikte cinsiyet, yaşı, yürüme hızı gibi toplulukla ilgili parametrelerin doğrudan modele verildiği durumlarda, gerçek tahliyelerdeki artan stresin bu parametrelerle yansıtılabileceği de belirtilmiştir [11].

2.2 Sosyal Psikolojik Literatürde Tahliye

Tahliye süreçleriyle ilgili genel varsayım, yaklaşan tehlike hakkında verilen bilgi ve uyarının insanların ön hazırlık yapmalarını sağladığı şeklindedir. Dyregrov [Dyregrov 1994]'a göre bu varsayım doğru değildir, çünkü uyarılar her zaman ihmal edilmektedir. İnsanlar tehlikenin açık sinyallerini görene kadar dışarı çıkmaya karar vermemektedir.

Tahliye analizlerinin gerçekçi olarak yapılabilmesinde insan davranışlarının anlaşılabilmesi büyük önem taşıtmaktadır. Bu yüzden tahliye sürecinin analiz edildiği çalışmalarda panik, stres ve insanların çevreleriyle etkileşimleri önemli konular olarak gündeme gelmektedir.

2.2.1 Bir konsept olarak panik

Fritz ve Marks [1954]'a göre paniğe sebep olan iki faktör:

1. İnsanların yaklaşan bir yaşamsal tehlike içinde olduklarını düşünmeleri ve
2. Artan tehlikeyle birlikte kaçabilme ihtimallerinin hızlı bir şekilde azalmasıdır.

İstemsiz bir şekilde ortaya çıkan panik davranışı, rasyonel olmayan bir davranış olarak varsayılmıştır.

Bazı araştırmacılar yangın durumlarında paniğin çok ender olarak görüldüğünü belirtmişlerdir [31]. Bu araştırmacılara göre kaçış süreci boyunca verilen olası yanlış kararlar panikten değil eksik bilgiden kaynaklanmaktadır. İnsan davranışları hakkında kantitatif verilerin hedeflendiği çalışmalardan elde edilen sonuçlar da paniğin etkili bir kriter olmadığını göstermektedir. Bu ise karar verme süreçlerinde oyun teorisi ve optimizasyon teorilerinin kullanımını haklı kılmaktadır.

2.2.2 Tanıdık insanlar ve yerlerin etkisi

İnsanların davranışları modellenirken sosyal yönlerinin de dikkate alınması bir zorunluluktur. Özellikle de yaşam tehlikesinin olduğu durumlarda kişilerin zorluklarla baş etmek için grup olarak hareket ettikleri bilinmektedir [32]. Bu yüzden birlikte etkileşimde bulunmayan bireylerden oluşan bir topluluk, birçok acil durum tahliye modeli tarafından yapılan gerçekçi olmayan bir varsayımdır. Bir grubun iki üyesinin hareketlerinin birbirinden bağımsız olduğunu söylemek mümkün değildir. Pan (2006) grup olarak harekete dair aşağıdaki pratiğe yönelik sonuçları belirtmiştir:

1. Grupların bir bütün olarak hareket edebildiği bina yapılarında çıkış akışları daha düzgündür.
2. Birbirinden ayrılmış olan bir grup çıkmadan önce biraraya gelmeye çalışabilir.
3. Hiyerarşik olarak birbirine bağlı gruplar (ebeveyn ve çocuklar gibi), muhtemelen diğer gruplardan farklı davranacaklardır [33].

Dolayısıyla bir model kurulurken yukarıdaki faktörler dikkate alınmalıdır. Çıkışlara gitmeden önce kişiler tanıdıklarıyla biraraya gelmek isteyebilirler. Tanıdık insan grupları içinde birbirine en güçlü bağlarla bağlı olanların aileler olduğu düşünülürse

grup içindeki kişilerin birbirlerine en azından aile ağacı vb. bağlarla bağlanabilmesi sağlanmalıdır.

Ayrıca insanlar genellikle acil çıkış kapılarından değil bildikleri kapıları kullanarak binadan çıkmayı tercih edeceklerdir [33]. Bu yüzden tahliye tasarımı acil çıkış kapılarının kullanımına bağlı olmamalıdır.

2.2.3 Stres altında karar verme

Janis ve Mann [1977] stresli durumlarda karar vermenin normal durumlarda karar vermeye göre iki farkı olduğunu belirtmişlerdir: risk çok fazladır ve zaman kısıtlıdır [34]. Bu farklara Proulx [1993] tarafından üçüncüsü eklenmiştir: karar verilebilmesi için gerekli olan bilgi istisnai bir bilgidir ve tam olarak elde edilemez [35].

Özel [2001] özellikle yangın durumlarında zamanın kısıtlı olmasının stres üzerinde çok etkili olduğunu, çünkü çevrenin tam olarak gözlemlenemeyebileceğini, bu yüzden de mesela bazı çıkış kapılarının görülemeyebileceğini belirtmiştir [36]. Bunun yanı sıra tehlike sırasında harekete yönlendirdiği için bazı durumlarda stres gerekli de görülmüştür.

Stresin tahliye sürecindeki olası etkileri elde olan bilginin çok yönlü analizini kısıtlamasıyla ortaya çıkacaktır. Örneğin yangınlarda kişiler optimal çıkışı veya çıkış işaretlerini farkedemeyebilir. Bu ise kişilerin bildikleri çıkışı kullanma ihtimalini artıracaktır [12].

2.3 Tahliye Çalışmalarında Kullanılan Teknikler

Tahliye süreçlerinin analizi için kurulan modellerde genel olarak üç farklı yaklaşımın benimsendiği görülecektir. Bu yaklaşımlar;

1. Risk değerlendirmesi
2. Optimizasyon ve
3. Simülasyon'dur.

Bu yaklaşımların her birinin altında yatan prensipler, yaklaşımları kullanan modellerin yeteneklerini etkilemektedir.

Bazı modeller kişilerin olabildiğince verimli bir şekilde kaçtıklarını varsayar ve kaçışa dair olmayan çevreye yönelik hareketleri gözardı eder. Bu modellerde izlenen

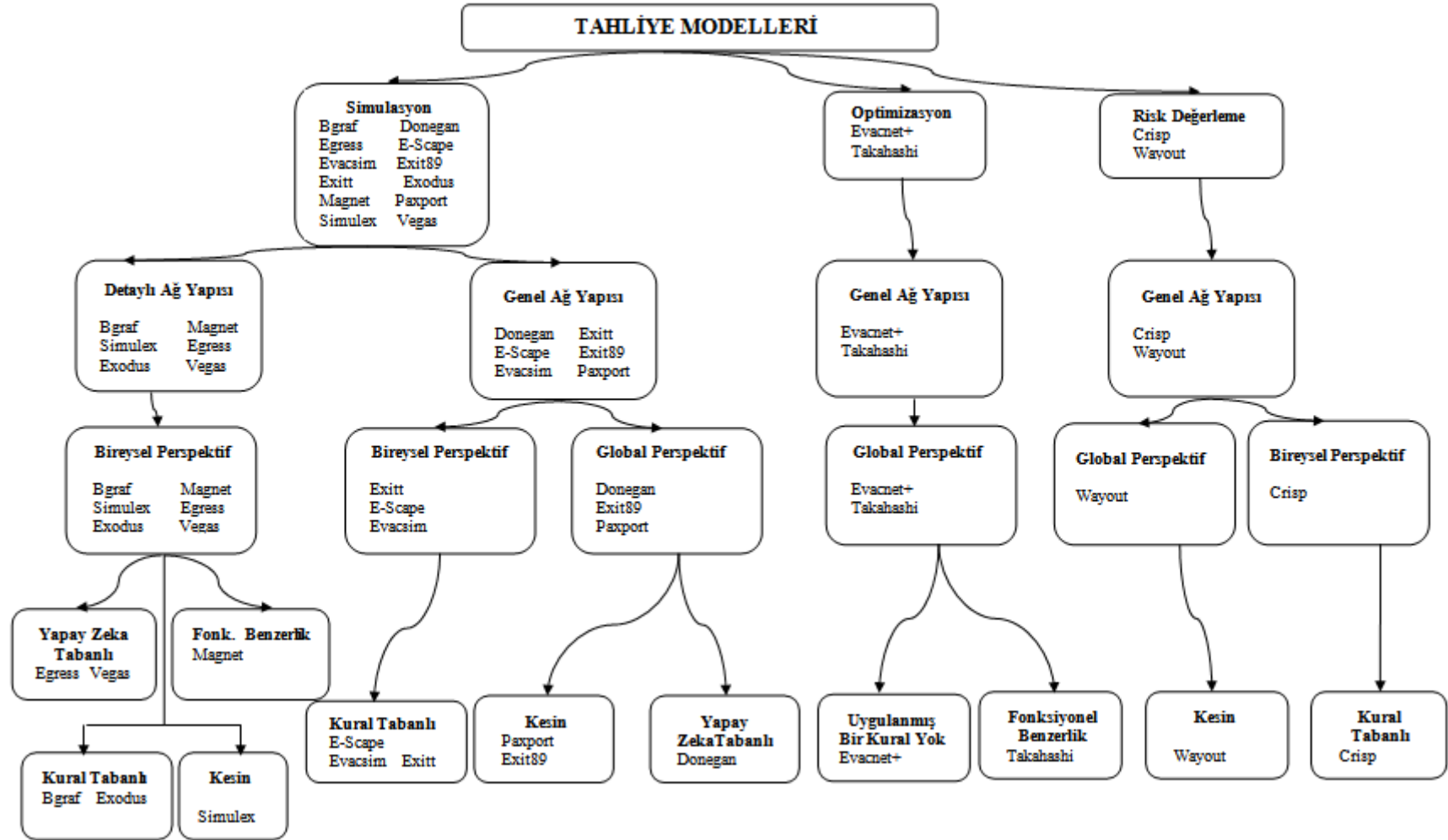
kaçış yolları, insanların ve çıkışların kaçış karakteristikleri optimal kabul edilir. Geniş kitlelerdeki insanları homojen kabul eden bu tip modeller kişisel davranışları dikkate almaz. Bu modellere genel olarak optimizasyon modelleri denmiştir.

Alternatif olarak tasarımcılar tahliyelerde gözlenmiş davranış ve hareketleri sergilemek, sadece sayısal sonuçlar elde etmek değil ayrıca tahliye boyunca alınan kararlar ile kaçış yollarını da göstermek istemişlerdir. Bu ise genel olarak simülasyon modelleri ile sağlanmıştır.

Risk değerlendirme modelleri de tahliyeyle ilgili olarak tehlikeleri ve olası riskleri belirlemeye çalışır. Tekrarlı çalışmalar ile yapılan değişikliklere bağlı olarak istatistiksel olarak anlamlı farkları değerlendirir [2].

S. Gwynne, E.R. Galea'nın bu çerçevede modeller üzerinde yaptıkları sınıflandırma Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : Tahliye çalışmalarında kullanılan modellerin sınıflamasını gösteren diyagram.



2.3.1 Risk Değerleme

Risk değerlendirme çalışmalarının amacı bir dizi vaka ile bu vakaların yol açacağı zarar, maddi kayıp veya ölümler gibi sonuçları listelemek; genellikle bunları bir olay ağacı şeklinde sıralayarak her birinin olasılıklarını belirlemektir. Buradan yola çıkarak sebep olacakları maddi kayıpların beklenen değeri hesaplanır [11].

L.T. Wong'un çalışmasında 44 üniversite öğrencisinin normal ve acil durumlardaki yürüme hızları ve bir çıkış kapısında kişilerin akış oranı deneysel olarak ölçülmüştür. Hong Kong Polytechnic Üniversitesi'nde 134 sınıftaki öğrenci yoğunluğu hesaplanmıştır. Farklı kişi yoğunluklarına bağlı olarak yürüme hızları belirlenmiştir. Sonrasında belirlenmiş olan çıkış ölçüleri, çıkış kapasiteleri, çıkışlardaki akış oranları ve belirsiz kişi yoğunluklarına bağlı olarak kişilerin olası riskleri değerlendirilmiştir [13].

2.3.2 Optimizasyon

Optimizasyonda amaç genel olarak tahliye süresini minimize etmek ve izdiham süresi ile alanını azaltmaktır denebilir [11].

R. Machado Tavares ve E.R. Galea tahliye çalışmalarında kullanılan simülasyon modellerinin faydasından bahsetmiş ancak tasarımcıların karşılaştığı bazı özel sorunlarla mücadele etmek için bu modellerin optimizasyon teknikleri ile entegre edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Aşağıda verilen Çizelge 2.2' de probleme ilişkin benimsenen optimizasyon yaklaşımı özetlenmiştir.

Çizelge 2.2 : Optimizasyon probleminin özeti

Optimizasyon Teorisi Kavramları	Yangın Güvenlik Mühendisliği Kavramları
Sistem	Tahliye süreci
Amaç fonksiyonu	Tahliye süresi
Karar değişkenleri	Çıkışların yerleri, insan sayısı, vb.

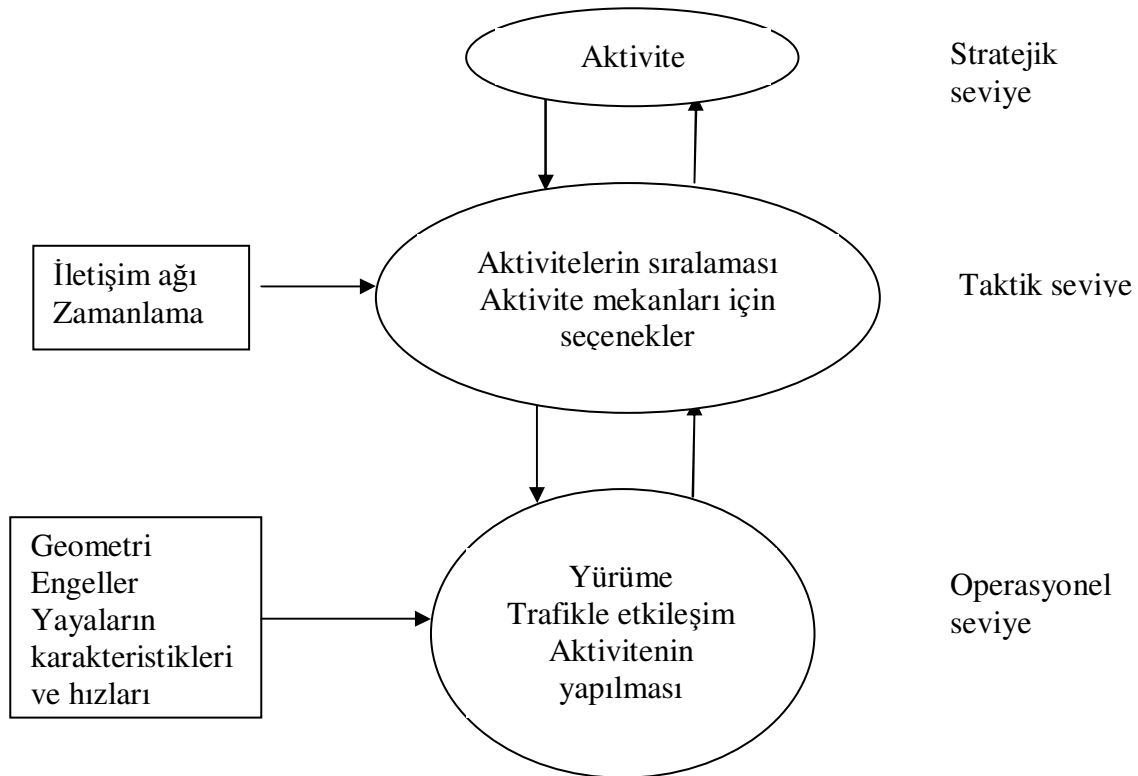
Tahliye süresi amaç fonksiyonu olarak belirlenmiş ve $TS = f(x,y,z,...n)$ olarak ifade edilmiştir. $x,y,z,...n$ karar değişkenleri olmak üzere; çıkışların genişliği, yerleri ve

birbirleri arasındaki uzaklık karar değişkenleri olarak seçilmiştir. Böylece bu karar değişkenlerine bağlı olarak tahliye süresi minimize edilmeye çalışılmıştır [14].

2.3.3 Simülasyon

Simülasyon, tahliye sistemlerini fonksiyonlarına ve davranışlarına göre model üzerinde inceleyerek tanımlanmasını sağlar. Genellikle analitik değildir ve tahliye süresi gibi değerler için kesin eşitlikler sunmaz. Bununla birlikte simülasyon çalışmaları da optimizasyon amaçlı veya optimizasyon ile risk değerlendirme çalışmalarının bir parçası olarak da kullanılabilir. Örneğin risk değerlendirme çalışmalarında olay ağacındaki tüm farklı senaryoların sonuç değerlerinin belirlenmesinde simülasyondan faydalanılabilir.

Değerlendirilen sistemin genel anlamda bir alandaki insan grubundan oluştuğu tahliye çalışmaları için simülasyon modeli dört ana bileşenden (alt modelden) oluşur: 1) geometri, 2) çevre, 3) topluluk, 4) tehlikeler. Herhangi bir tahliye simülasyonunda en azından geometri ve topluluk dikkate alınmalıdır. Topluluk alt modelinde modele dahil olan kişilerin hareketleri incelenirken yürüme dinamiklerinin üç seviyede ele alınması gerektiği belirtilmiştir [11]. Şekil 2.2’de gösterilen bu üç seviye; stratejik, taktik ve operasyonel seviyelerdir.



Şekil 2.2: İnsan davranışlarının modellenmesinde farklı seviyeler

Stratejik seviyede insanlar hangi aktiviteleri yapmak istediklerine ve bunların sırasına karar verirler. Stratejik seviyede yapılan seçimlerle taktik seviyede kısa dönemli kararlar verilir. Son olarak, operasyonel seviye, diğer kişilerle veya nesnelerle çarpışmayı önlemek için gereken anlık kararlar gibi yürüme anındaki davranışları açıklar. Stratejik ve taktik seviyeler genellikle tahliye simülasyon çalışmalarının dışında kalmıştır. Bu noktada sosyoloji, psikoloji gibi diğer disiplinlerden gelecek olan bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Simülasyon çalışmalarında modellenen kısım daha çok operasyonel seviyedeki hareketlerdir.

Yangın, duman gibi tehlikeler de tahliye çalışmalarına dahildir ve toksik gazların ve ısının etkisinin de yansıtıldığı bir alt model simülasyon modeline dahil edilebilir. Çevre alt modeli de çıkış işaretleri, zemin yapısı, bilgilendirme sistemi gibi tahliye sürecine etki eden diğer faktörlerden oluşur.

Tahliyelerin analiz çalışmalarında amaç genel olarak; tasarım çalışmalarının ilk safhalarında tasarım için veri, daha rahat ve dikkatli düzenlemeler için bilgi, acil durum hazırlıklarında iyileşme veya görevlilerin eğitimi gibi amaçlara hizmet edecek geri bildirim ve ipuçları sağlamaktır [11].

3. TAHLİYE ÇALIŞMALARINDA SİMULASYONUN YERİ

Tahliye çalışmalarında birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden elde edilen sonuçlar da tercih edilen yöntemle göre şekillenmekte ve ihtiyaç duyulan sonuçlar da araştırmacıları sürekli olarak yeni arayışlara itmektedir.

Tahliye ile ilgili takip edilen eğilimlerden biri insanların bina içinde hareketlerini etkileyen mühendislik açıdan önemli faktörlere ve fiziksel faktörlere yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalarda çıkış işaretlerinin bulunup bulunmamasına ve konumlarına, çıkışların pozisyonlarına, merdivenlerin genişliklerine ve diğer çevresel faktörlere dikkat çekilir. Ayrıca acil durum eğitimlerinin ve tatbikat hazırlıklarının, bina güvenliğinin sürekli izlenmesinin önemi vurgulanır.

Bu yöntemlerden biri de tahliye simülasyon modelleri ile tahliye sistemlerinin analiz edilmesidir [15].

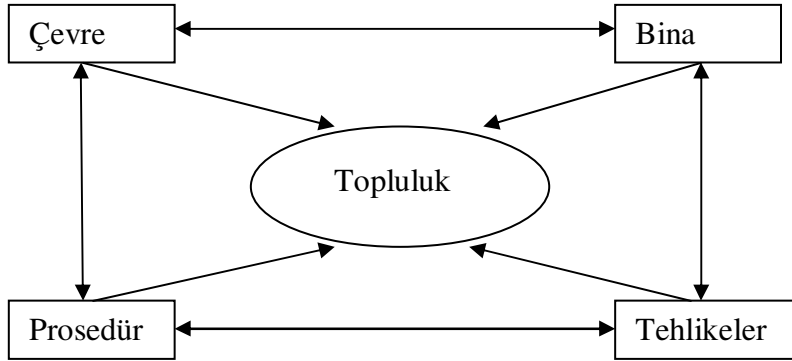
Tahliye simülasyonlarında temel amaç, binadan güvenilir tahliye ile ilgili araştırmacıya geçerli ve tutarlı bilgi verebilmektir. Son otuz yıldır birçok simülasyon modeli geliştirilmiştir [8].

Tahliye süreçleri için kurulan modellere bakıldığında iki temel yöntemle karşılaşılır: Simülasyon ve optimizasyon. Optimizasyon teknikleri minimize edilecek bir fonksiyonun değeri gibi iyi tanımlanmış sayısal değerler sunar, böylece kısıtlar içinde optimal bir değer verir. Simülasyonda ise durum modellenir ve kesin verilerle sonuç hakkında tahminlerde bulunulur.

Optimal sonucun elde edilemeyeceği bu gibi durumlarda iteratif süreçlerle çalışılır ve optimale en yakın sonucun elde edilmesi amaçlanır. Çünkü genellikle optimize edilecek değer için bir fonksiyon elde edilemez. Simülasyonla ilgili bilinmesi gereken, tek başına bir optimizasyon aracı olmadığı ve bileşenleriyle birlikte sistemin tanımlanması olduğudur.

Tahliye simülasyonlarına etki eden faktörler Şekil 3.1’de özetlenmiştir. Çevre ve toplum genellikle değiştirilebilen faktörler değildir ve şartlara bağlıdır. Bu yüzden

tahliye simülasyonlarında en büyük amaç bina planının ve prosedürlerin etkisini belirlemek ve potansiyel iyileştirmeleri incelemektir.

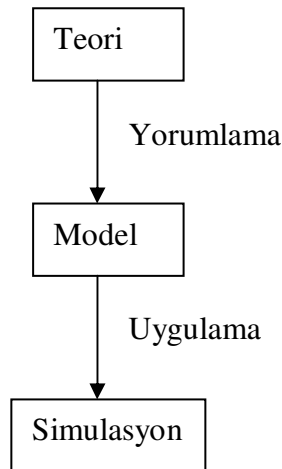


Şekil 3.1: Bir tahliye üzerindeki etkenler

Bina planı ve tahliye prosedürlerinin simülasyon sonuçlarıyla değerlendirilebilmesi ve iyileştirilebilmesi için sonuçlar en azından tahliye süreci, toplam tahliye süresi ve özellikle darboğaz noktaları ile engeller hakkındaki bilgileri içermelidir. Tüm tahliye süreci dikkate alınmalı, örneğin bir binada uyarı verildikten sonra binadaki son kişi de güvenilir bir alana çıkana kadar geçen süre içindeki simülasyon sonuçları değerlendirilmelidir.

3.1 Genel Kavramlar

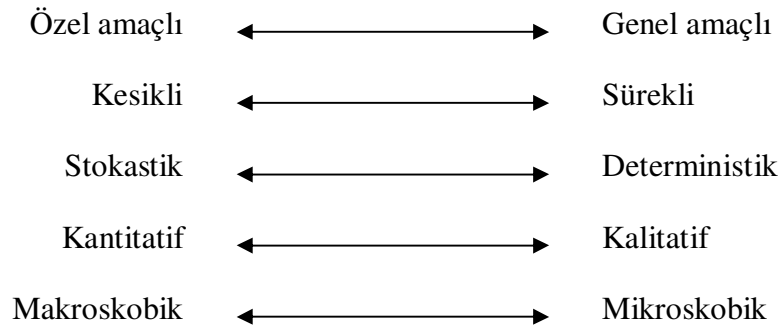
Bir teorinin doğru yorumlanmış şekli ile model oluşturulur. Yorumlamadan kasıt, tutarlılığı kaybetmeden çeşitli alternatifler içinde bir tanesini belirleyerek seçeneklerin veya bağımsızlığın azaltılmasıdır. (Şekil 3.2’de gösterilmiştir.)



Şekil 3.2: Bir teorinin yorumlanması sonucu simülasyona dönüşebilecek bir model oluşur.

Modelde alanın ızgaralar (grid) olarak gösterilmesi veya kişilerin birbirleriyle birebir iletişimlerinin model dışında bırakılması gibi konular bağımsızlıkların azaltılmasına örnek olarak verilebilir. Bu gibi sadeleştirme çalışmalarının altta yatan teorinin kapsamına ve amacına uygun olduğu sürece yapılabileceği belirtilmiştir. Bir modeli pratiğe dökerek onun ve altında yatan teorinin simülasyonu elde edilmiş olur. Toplulukların hareketlerinin incelendiği durumlarda teori, kişilerin çevrelerine verdikleri tepkiler, oryantasyonları ve yön-seçme, fiziksel kısıtlar gibi noktalarda varsayımları içerir.

Genel anlamda modeller ölçeklerine, çözünürlüklerine ve uygunluklarına bağlı olarak incelenebilir. Yüksek uygunluğa sahip bir model yaş, kilo, boy, engelli olma durumu gibi farklı etkileri olan birçok parametreyi dikkate alır. Çözünürlük, alanın gösterimi ile ilgili verilen detay bilgi; ölçek ise süre, alan vb. açılardan problemin büyüklüğünü ifade eder. Yaya hareketlerinin incelendiği simülasyonlarda kişi sayısı, bina planının büyüklüğü gibi faktörler modelin ölçeğini belirleyen faktörlerdir.



Şekil 3.3: Farklı teori ve modelleri sınıflandırmak için kullanılabilecek modelleme Kriterleri. Tahliye model ve simülasyonları için en önemli seçim, kesikli-sürekli ve stokastik-deterministik seçimidir.

Ek olarak birkaç önemli modelleme kriteri daha Şekil 3.3’de sunulmuştur. İnsan davranışları üzerinde etkisi olan tüm faktörler kantitatif olarak ifade edilemediğinden tahliye modellerinin sonuçları genellikle bir parça da olsa kesinlikten uzaktır. Bu ise stokastik modellerle yansıtılır.

Teorik açıdan bakıldığında kesikli veya sürekli modellerden hangisinin daha uygun olduğu cevabı doğrudan verilemez. Kesikli ve sürekli modellerin farklılıkları gerçek hayat problemleri (bir binanın tamamı gibi) modellendiği zaman büyük önem kazanmaktadır.

Çözünürlük açısından bakıldığında insan hareketlerini modelleyen yaklaşımlar iki major kategoride incelenebilir: makroskobik ve mikroskobik. Makroskobik modeller insan hareketiyle ilgili genel teoriyi yansıtmaktan uzaktır ve özel uygulamalarla sınırlandırılmıştır. Mikroskobik modeller ise aşağıda verilen kriterlere göre sınıflandırılabilir:

- Alanın ayrıntılı gösterimi
- Kişilerin bireysel olarak gösterimi
- Standart bir hareket algoritması ve
- Kişisel yetenekler ve karakteristik özellikler

Üç ve dördüncü kriterler birinci ve ikinci kriterleri takiben gelir. Geometri ve topluluk arasındaki ilişki; makroskobik, hidrodinamik veya regresyon modellerinden farklı olarak tek bir parametre ile değil hareketlerin kurallara (veya eşitliklere) dökülmesiyle yapılır [16].

3.2 Tahliye Esnasında İnsan Davranışlarının Modellenmesi

Büyük kalabalıkların aynı anda kaçışı büyük tehlikelere yol açabilmektedir. Kalabalık bir tıkanıklıkla karşılaştığında yavaşlayacak fakat arkadaki insanlar itmeye devam edecek ve tıkanıklığın ön tarafında yoğun bir baskı oluşturacaktır. Bazı insanlar düşebilecek ve diğerlerinin hareketine de engel olabilecektir. Güzel bir tahliye simülasyon modeli bu gibi durumları belirleyebilmelidir.

Tıkanıklık konusunun gerçekçi olarak simülasyonunun yapılabilmesi için model, kişilerin birbirlerine veya duvarın kişilere uyguladığı gerçek fiziksel güçleri içermelidir. Bu ise modelin sürekli ortamda ve çok bileşenli olmasını gerekli kılmaktadır [12].

3.3 Toplam Tahliye Süresinin Hesaplanması, Darboğaz Noktaların Belirlenmesi ve Düzeltici Eylemler

Tahliye simülasyonlarından elde edilecek sonuçlar beş başlık altında incelenebilir:

- Tahliye sürelerinin dağılımı
- Tahliye eğrisi (zamana bağlı olarak dışarı çıkan kişi sayısı)

- Tahliye süreci (anlık görüntüler, belli zamanlardaki ekran görüntüleri)
- Tıkanıklıkların tanımlanması (yoğunluğa ve zamana bağlı olarak)

Bu sonuçlara bağlı olarak (tahliye süresi ve tıkanık alanları) düzeltici eylemler gerçekleştirilebilir. İlk akla gelen daha dar veya daha geniş kaçış yolları gibi geometride değişiklik yapmak olacaktır (katlarda, kapılarda veya merdivenlerde). Bu değişiklik simülasyona dahil edilip model yeniden çalıştırılabilir, böylece de sonuçlar kontrol edilebilir. İkinci olarak ise uyarı sistemlerinde değişiklik yapılabilir ancak bu değişiklik geometrideki kadar basit olmayacaktır. Çünkü bu değişiklik tahliye sürecini etkilemesi bakımından model karakteristiklerine çok bağlıdır [11].

4. VAR OLAN SİMULASYON PROGRAMLARININ ANALİZİ

Bu bölümde literatürde bulunan tahliye simülasyon programlarının analizi sunulacaktır. Tahliye simülasyonları için otuzun üzerinde program/model olduğu bilinmektedir. Programların analizi için belli başlıklar oluşturulmuştur. Bu bölümde öncelikle kategoriler tanıtılacak, ardından literatürde rastlanan programları kategorilere göre değerlendiren bir çizelge sunulacaktır. Bu analiz çalışmasının ardından ise bir program seçiminde dikkat edilmesi gereken noktalara değinilecektir.

4.1 Programların Sınıflandırılması

Literatürdeki kaynaklar incelendiğinde programlar için farklı sınıflandırma yöntemlerinin olduğu görülecektir. Ancak burada genel olarak tüm kaynaklarda kullanılan yaklaşım ve sınıflandırma başlıkları sunulacaktır. Programların analizi için belirlenmiş başlıklar: programın elde edilebilirliği, modelleme yöntemi, amacı, sistem/yapı, model/kişi perspektifi, davranış, hareket, yangın verisi, CAD, görsellik, doğrulama olmak üzere onbir adettir.

4.1.1 Programın elde edilebilirliği

Programın elde edilebilirliği ana kategori olarak belirlenebilir, çünkü literatürde hakkında birçok kaynak bulunduğu halde henüz kullanımda olmayan programlar bulunmaktadır. Sadece ticari amaçlar için satın alınabilen ve bireysel olarak kişilerin kullanımına ücretsiz veya ücretli açık olan programlar da vardır. Bu kriter için;

- (Y): Bireylerin kullanımına ücret karşılığı veya ücretsiz olarak açık olan programlar
- (N1): Sadece ticari amaçlı müşteriler için olan programlar
- (N2): Henüz yayınlanmamış programlar
- (N3): Kullanımdan kalkmış olan programlar
- (U): Bilinmiyor anlamına gelmektedir.

4.1.2 Modelleme Yöntemi

Literatürde yapılmış olan modelleme yöntemine göre sınıflandırmalarda üç başlık kullanılmıştır. Bu başlıklar;

- (B) Davranışsal modeller: kişilerin çıkışa ulaşmak için yaptıkları hareketler dışında çevresel faktörlerden dolayı yaptıkları hareketleri de modelleyebilen modellerdir. Risk değerlendirme özelliği olanları için (B-RA) kısaltması kullanılacaktır.
- (M) Hareket bazlı modeller: kişileri bir noktadan diğerine (genellikle çıkışa) hareket ettiren modellerdir. Kalabalık, kuyruk oluşan, tıkanık alanları göstermede anahtar rolü olan bu modellerin optimizasyon özellikleri olanları için (M-O) kısaltması kullanılacaktır.
- (PB) Kısmen davranışsal modeller: öncelikle kişilerin hareketlerini hesaplar fakat davranışlarının simülasyonunu yapar. Bu modeller gözlenmiş insan davranışları modellerine bağlı olarak kişilerin hareketlerini ve bütün bir binanın simülasyonunu yapabilecek modellerdir.

4.1.3 Modelleme Amacı

Programın kullanımının uygun olduğu bina tiplerini gösterir. Program hangi bina tiplerinde kullanım hedeflenerek oluşturulmuştur bilgisini karşılar. Amacına göre modeller sınıflandırıldığında aşağıda sıralanan kategoriler belirlenmiştir.

- (1): her tipte binanın simülasyonu için uygun olan programlar
- (2): konutlar için uygun olan programlar
- (3): toplu taşıma istasyonlarında uzmanlaşan programlar
- (4): alçak binaların simülasyonunda kullanılabilecek programlar (22,9 metreden daha az yükseklikte)
- (5): binanın sadece 1 yön/çıkışının simülasyonunu yapabilen programlar

4.1.4 Sistem/Yapı

Kişilerin bina içindeki hareketlerinin modellenme yöntemini tanımlayan bir başlıktır. Buna göre programlar;

- (F): kat planını kişilerin bir hücreden diğerine hareket edeceği küçük hücrelere bölerek ızgaralar şeklinde gösterir.
- (C): kat planını odalara, koridorlara, merdivenlere ayırır. Kişi bir odadan diğerine geçer vs.
- (Co): binanın kat planını sürekli olarak (2D) ele alır. Kişiler binanın içindeki bir noktadan herhangi birine hareket edebilir.
- (F) ve (Co) modelin içine engeller ve bariyerler dahil edip kişinin yön seçme hareketine etki edebilirken, (C) sadece kişileri binanın bir bölümünden diğerine geçirdiği için bu özelliği yoktur.

4.1.5 Model/Kişi Perspektifi

Perspektif alt kategorisi 1) programın kişileri nasıl gördüğünü ve 2) kişilerin binayı nasıl gördüğünü açıklar.

1) programın kişiyi görebileceği iki yol vardır: (G) global ve (I) bireysel. Bireysel perspektif, programın simülasyon boyunca kişilerin hareketini izlemesi ve kişiler hakkında bilgi verebilmesiyle açıklanır. programın kişileri global görmesi ise kişileri çıkışa doğru hareket eden homojen bir grup olarak görmesi ile açıklanır. Bireysel perspektif elbette daha detaylıdır, ancak programın amacına uygun olarak perspektifi seçilmelidir.

2) kişi binayı (G) global veya (I) bireysel olarak görebilir. Kişinin binayı bireysel olarak görmesi binanın çıkış yolları hakkında herşeyi bilmediği ve kararlarını tecrübelerine, bulunduğu kata veya bazı programlarda etrafında bulunan insanlardan aldığı bilgiye göre verdiği durumdur. Global perspektif ise kişinin binanın tamamı ve tüm çıkış yolları hakkında bilgi sahibi olduğunu varsayan programlar da mevcuttur.

4.1.6 Davranış

Tahliye programlarında insan davranışları birçok farklı şekilde gösterilmiştir. Alt başlıklar ise aşağıdaki gibidir:

- (N): sadece hareket düzeyindeki yönün simülasyonunun yapıldığı programlar
- (I): kesin cevap süreleri veya tahliye sürecindeki hareketleri etkileyecek kişi karakterleri atayarak davranışları kesin olarak gösteren programlar

- (C): kurala veya şarta bağlı olarak binadaki veya çevredeki koşullara dayalı kişilere/kişi gruplarına hareket atayan programlar
- (AI): yapay zeka ile tahliye süresince insan zekasının simülasyonunu yapmaya çalışan programlar
- (P): kuralların veya koşulların çoğunun stokastik olduğu, aynı simülasyon modelinin tekrar tekrar çalıştırılmasıyla farklı sonuçlara ulaşmaya izin veren programlar

4.1.7 Hareket

Hareket alt kategorisi programın kişileri nasıl hareket ettirdiğini açıklamaya yöneliktir. Birçok modelde program veya kullanıcı tarafından kişilere düşük yoğunluktaki bir hız atanmaktadır. Programlardaki farklılık ise yoğunluk artıp kişiler arası mesafe azaldığı, kuyruklar ve izdihamlar oluştuğu zaman ortaya çıkmaktadır. Programların kişilerin hareketini modellerken izleyebilecekleri farklı yöntemler aşağıda listelenmiştir:

- Yoğunluk ilişkisi (D): modelde alanın yoğunluğuna göre kişilere veya gruplara hız ve akış tayin edilir. Alanın yoğunluğuna göre hareketlerin hesaplaması yapılırken genel olarak üç kaynak kullanılmıştır; Fruin, Pauls ve Predtechenskii ve Miliskii.
- Kullanıcıya seçtirmek (UC): hız, akış ve yoğunluk değerlerini binanın belli alanları için kullanıcı belirler.
- Kişiler arası uzaklık (ID): her kişinin etrafı 360 derecelik hayali bir kalkanla çevrilmiştir. Böylece kişiler diğer kişilere veya duvarlar, köşeler veya parmaklıklar gibi bina bileşenlerine sadece belli bir minimum uzaklık değerinde yakın olabilirler.
- Potansiyel (P): kişinin hareket edebileceği her hücreye bir değer veya potansiyel verilir. Kişilerin potansiyel haritaları vardır ve her adımlarında potansiyelleri azaltmaya çalışırlar. Yönlerin potansiyeli yerine kişinin dayanıklılığı, çıkışın çekiciliği, kişinin binayla olan tanışıklığı gibi değişkenler kullanılabilir.

- Sonraki hücrenin boş-doluluğu (E): bazı modellerde eğer bir hücrede bir kişi varsa başka bir kişinin o hücreye geçişi engellenmiştir. Dolayısıyla kişi o hücreye geçmek için hücrenin boşalmasını bekler. O hücre için birden fazla bekleyen kişi olması durumuna da model çatışmayı önleyecek şekilde sorunu çözer.
- Koşullu (C): bu modellerde hareket binanın ve çevrenin koşullarına bağlı olarak şekillenir.
- Fonksiyonel benzerlik (FA): kişiler modelin alt yapısındaki hareket eşitliklerine göre hareket eder. Sıvıların hareketi veya manyetizmaya dayanan modeller olduğu gibi alanın yoğunluğu üzerine inşa edilmiş modeller de vardır.
- Başka bir modelle bağlantı (OML): kişilerin hareketi başka bir model tarafından hesaplanır ve tahliye modeline verilir.
- Elde edilen bilgiye göre (Ac K): hareket sadece tahliye boyunca elde edilen bilginin miktarına bağlıdır. Bu modellerde gerçek bir hareket algoritması yoktur çünkü tahliye süresi hesaplanmaz, sadece tıkanık noktalar ve darboğazlar belirlenir.
- Engellenmemiş akış (Un F): bu modellerde sadece kişinin engellenmemiş hareketleri hesaplanır. Gecikme veya düzeltme için geçen süreler hesaplanmış süreye eklenir veya çıkarılır. Böylece nihai tahliye süresi hesaplanır.

4.1.8 Yangın Verisi

Bu kategori, yangının etkileriyle ilgili verilerin, kullanıcı tarafından modele dahil edilmesine izin verip vermemesini açıklar. Bu verinin modele dahil edilmesine izin veren programlar da birçok farklılık göstermektedir. Bir modelin yangın verisini içerebileceği farklı yollar aşağıda sunulmuştur:

- (Y1): Başka bir modelden yangın verisini alma
- (Y2): Tahliye boyunca belli zamanlarda kullanıcıya yangın verisi verme izni
- (Y3): Programın kendisine ait eş zamanlı yangın modeli
- (N): Bazı programlarda ise yangın verisi hiç kullanılmamaktadır.

4.1.9 CAD

Bu kategori programın kullanıcıya bir CAD (bilgisayar destekli tasarım) programındaki dosyaları aktarmasına izin verip vermemesini belirtir. Bu yöntem genelde zamandan tasarruf ve daha doğru veri sağlar.

4.1.10 Görsellik

Görsellik kategorisi programın tahliye çıktısının görselleştirilmesine izin verip vermemesini ifade eder. Böylece darboğazlar, sıkışma noktaları görsel olarak izlenebilecektir. Birçok model en azından iki boyutlu görselliği desteklemektedir.

4.1.11 Doğrulama

Programların kullandıkları modellerin doğrulanma yöntemlerine göre de sınıflandırılabilir. Literatürde bulunan mevcut doğrulama kategorileri aşağıda sunulmuştur:

- (C): Kod gereksinimlerine göre doğrulama
- (FD): Tatbikatlara veya diğer kişilerin deneyimlerine göre doğrulama
- (PE): Geçmişteki tahliyelere dair literatüre göre doğrulama
- (OM): Diğer modellere göre doğrulama
- (3P): Üçüncü parti (third party) doğrulaması
- (N): Bazı modeller içinse herhangi bir doğrulama sonucu verilmemiştir.

Çizelge 4.1’de birçok programın yukarıda tanımlaması yapılmış kategorilere göre sınıflaması sunulmuştur. Çizelgedeki kısaltmalar katgorilerde verilen kısaltmalardır. Aşağıda bireylerin kullanımına açık olarak verilmiş programların genel bir değerlendirmesi de sunulmuştur.

Çizelge 4.1: Tahliye modellerinin tüm özellikleri

Program	Elde Edilebilirlik	Modelleme Yöntemi	Amacı	Sistem/ Yapı	Model/ Kişi Pers.	Davranış	Hareket	Yangın Verisi	CAD	Görsellik	Doğrulama
FPRETool	Y	M	1	N/A	G	N	UC	N	N	N	N
EVACNET4	Y	M-O	1	C	G	N	UC	N	N	N	FD
TIMTEX	Y	M	4	C	G/I	N	D	N	N	N	PE
WAYOUT	Y	M	5	C	G	N	D	N	N	2-D	FD
STEPS	Y	M-PB	1	F	I	N/I	P, E	N	Y	3-D	C
PedGo	Y	M-PB	1	F	I	I	P, E (CA)	N	Y	2-D	FD
PED/PAX	Y/N3	PB	3	C	G	I	D	N	Y	2,3-D	N
Simulex	Y	PB	1	Co	I	I	ID	N	Y	2-D	FD, PE
GridFlow	Y	PB	1	Co	I	I	D	N	Y	2,3-D	FD, PE
ASERI	Y	B-RA	1	Co	I	R/C, P	ID	Y1,2	N, F	2,3-D	FD
BIdeXO	Y	B	1	F	I	R/C, P	P, E	Y1,2	Y	2,3-D	FD
EXITT	Y	B	2	C	I	R/C	C	Y1,2	N	2-D	N
Legion	Y	B	1	Co	I	AI	D, C	Y2	Y	2,3-D	FD, OM
PathFinder	N1	M	1	F	I/G	N	D	N	Y	2-D	N
EESCAPE	N1	M	5	C	G	N	D	N	N	N	FD
Myriad	N1	M	1	N/A	I	N	D	N	Y	2-D	3P
ALLSAFE	N1	PB	5	C	G	I	Un F	Y1,2	N	2-D	OM
CRISP	N1	B-RA	1	F	I	R/C, P	E, D	Y3	Y	2,3-D	FD
EGRESS 2002	N1	B	1	F	I	R/C, P	P, D (CA)	Y2	N	2-D	FD
SGEM	N2	M/PB	1	F	I	N/I	E, D (CA)	N	Y	2-D	FD
Egress Complexity	N2	M/PB	5	C	G/I	N	Ac K, FA	N	N	N	OM
EXIT 89	N2	PB	1	C	I	I/C (smk)	D	Y1	N	N	OM
BGRAF	N2	B	1	F	I	R/C, P	UC?	Y1,2	N, F	2-D?	FD
EvacSim	N2	B	1	F	I	R/C, P	D	Y2	N	N	FD
Takahashi's Fluid	N3	M-O	1	C	G	N	FA-D	N	N	2-D	N
EgressPro	N3	M	5	C	G	N	D	Y2	N	N	FD
BFIRES-2	N3/U	B-RA	4	F	I	R/C, P	UC	Y2	N	N	N
VEgAS	N3/U	B	1	F	I	AI	ID	Y1?	Y	3-D	N
Magnetic Model	U	M	1	F	I	I	FA-D	N	N	2-D	N
E-SCAPE	U	B	1	C	I	R/C, P	OML	Y2	N	2-D	N

?: O kategori bilinmiyor anlamında kullanılmıştır.

Çizelge 4.1’de sunulan verilere göre 13 model bireylerin kullanımına ve 6 model de ticari amaçlı kullanımlara uygundur.

Bireylerin kullanımına açık olan modellerin içinde 6 tanesi hareket bazlı, 4 tanesi davranışsal ve 3 tanesi de kısmen davranışsal modellerdir. Hareket yöntemi modelin simülasyon tekniklerinin kapsamının, modelleme tekniklerinin kompleksliğinin bir ölçüsüdür. Genellikle bir model hareket bazlı deniyorsa o modelde kullanıcı için hiçbir davranışsal seçenek bulunmuyor demektir. Hareket bazlı modellerin çoğu büyük ölçekli hücrelerden oluşur. Global perspektifler içerir, yangın verisini içermez ve CAD çizimleri kullanamaz. Çizelgede verilen STEPS ve PedGo bu açıdan bakıldığında iyi hücre yapıları, bireysel perspektifleri, dolaylı davranışları ve CAD çizimlerini kullanabiliyor olmaları ile istisnai durumdadırlar. Hareket bazlı modeller için söylenebilecek bir diğer nokta da görselliği içermiyor olmalarıdır. Bu durum için de WAYOUT, STEPS ve PedGo istisnadır.

Kısmen davranışsal olan üç modelden ikisi (Simulex ve GridFlow) kişileri bina içinde sürekli ortamda bireysel perspektiflerle hareket ettirirken, PEDROUTE global perspektif ve büyük ölçekli hücrelerle çalışır. Bu modellerin üçü de dolaylı davranışları, CAD çizimlerini, görselliği entegre edebilmekte ancak yangın verisini kullanamamaktadır.

Son olarak çizelgedeki dört adet davranışsal model de bireylerin kullanımına açık olarak sunulmuştur. Bu modellerde farklılık gösteren hücresel yapılar mevcuttur. Ancak dördü de bireysel perspektif içerir, yangın durumlarının simülasyonunu yapabilir ve tahliyeyi görsel olarak sunabilir. CAD çizimlerinin kullanımında ve davranış metodunda farklılıklar olabilmektedir.

Modelleme yöntemlerine bakılmadığında bile bu modeller amaç, hareket metodu ve doğrulama tekniklerine göre büyük farklılıklar göstermektedir. Sadece kullanıcının ihtiyaç duyduğu bir veri tipini destekliyor olması o modelin kullanıcı için uygun olduğunu göstermeyecektir. Modelin doğrulama çalışmaları çok önemlidir ve dikkatle incelenmelidir [1].

4.2 Program Seçiminde Kilit Noktalar

Bu bölümde yukarıda belirtilen sınıflama kriterlerini de kapsayacak şekilde, bir program seçiminde dikkat edilmesi gereken noktalar sunulacaktır. Bu bölüm de kategorilere ayrılmış olarak devam edecektir.

4.2.1 Programa ulaşılabilirlik ve erişim

- Modelin maliyet tutarı nedir? (ücretsiz, ticari ücretli, bir seferlik ücretli, yıllık lisans veya bunların birleşimi gibi)
- Modele nasıl ulaşılabilir? (standart ürün veya üçüncü partilerde satışa hazır)
- Model için gerekli en basit bilgisayar donanım ihtiyacı nedir? (RAM, işlemci,...)
- Model hangi işletim sistemini kullanmaktadır? (Windows, Linux, Mac OS X,...)

4.2.2 Programın amacı

- Araştırma kapsamı için modelin amacı uygun mudur? (bina, gemicilik, havacılık gibi)
- Araştırma çalışması için modelin odak noktası uygun mudur? (konut binaları, çok katlı konutlar, az katlı binalar gibi)
- Modelin kaynağı nedir? (geliştirilme ortamı, modeli geliştiren ekibin uzmanlık alanı)

4.2.3 Programın içeriği

- Modelin genel içeriği nedir: hareket bazlı, optimizasyon-hareket bazlı, hareket ve davranış bazlı veya kısmen davranış bazlı?

4.2.4 Programın alanı sunuşu

- Yapı hangi ölçekte gösterilmektedir? (hücrelere bölünmüş olarak, oda-koridor vs şeklinde veya sürekli geometri ile)
- Yapı ve bağlantılar hakkındaki veri nasıl ve hangi formatta modele verilmektedir? (CAD, GIS, imaj dosyası gibi)

4.2.5 Programın kişi/alan perspektifi

- Model kişiler hakkında global perspektif mi yoksa bireysel perspektif mi sunmaktadır? Perspektif globale/bireyselse topluluğun hangi karakteristikleri nasıl tanımlanmaktadır?
- Kişiler model hakkında global mi yoksa bireysel mi perspektife sahiptir? Perspektif globale/bireyselse kişiler bina hakkında ne bilmektedir ve bu bilgiler nasıl tanımlanmaktadır?

4.2.6 Programda kişilerin hareketi

- Kişilerin yürüme hızı nasıl belirlenmektedir: kullanıcının bu değerleri tanımlamasına izin verilmekte midir yoksa model kendi değerlerini mi kullanmaktadır?
- Yürüme hızı verisine bağlı olarak, bu verinin kaynağı ve güvenilirliği nedir ve çalışmanın amacına hizmet etmekte midir?
- Kişilerin hareket yönlerinin simülasyonu nasıl yapılmaktadır?

4.2.7 Programda kişilerin davranışsal perspektifleri

- Modelde hangi davranışsal yaklaşım hakimdir: kesin kurallar, koşullu (deterministik-stokastik) kurallar, yapay zeka, hiğbiri?
- Modelde kişilerin davranışlarının simülasyonu yapılacaksa hangi davranışsal konular dahil edilebilmektedir? Bunlar kişilerin kararlarını nasıl etkilemektedir?

4.2.8 Doğrulama

- Kalite ve güvenilirlik açısından model hangi boyutlarda referanslara sahiptir?

4.2.9 Destek

- Model üzerinde hala geliştirmelere devam edilmekte midir?
- Geliştiricisi tarafından modele aktif olarak destek verilmekte midir? (eğitim kursları, yardım dokümanları, telefon veya internet üzerinden yardım, hatalar karşısında yardımcı olma gibi) [17].

5. SIMULEX

Simulex, insanların geometrik olarak karmaşık, büyük binalardan kaçışı sırasındaki hareketlerini modelleyen bir bilgisayar programıdır.

Simulex'te bir model geliştirmek için öncelikle bir CAD çizimi elde edilmeli ve bu çizim binanın sınırları ile çıkışlara olan uzaklıkları belirtmek için kullanılmalıdır. CAD çizimi Simulex'e DXF dosyası olarak verilir ve böylece binaya ait iki boyutlu kat planları oluşturulur. Sonraki adımda ise çıkışlar, merdivenler ve bağlantılar tanımlanmalıdır. Bu tanımlamalardan sonra program uzaklık haritalarını oluşturur. Sonrasında temel demografik özellikler, hız parametreleri ve önceden belirlenmiş çıkış noktaları atanarak kişiler karakterize edilir.

Kullanılan algoritmaların gerçek yaşam verilerine dayandığı Simulex'te karşımıza çıkan kısıtlar; bir modelde en fazla 50 çıkış noktası, 100 merdiven ve 100 bağlantı tanımlanabilmesidir. Bu parametrelerin büyüklükleri, yönleri ve yerleri ise kullanıcı tarafından belirlenir [18].

Modelin en büyük avantajlarından biri tahliyeyi görsel olarak kullanıcıya gösterebilmesidir. Bu sayede herhangi bir konumdaki bir bireyin hareketi tahliye boyunca izlenebilmektedir. Böylece kullanıcı kişilerin birbirlerini geçişlerini, yan yana gidişlerini veya bekledikleri noktaları görebilmektedir. Bu özellik hangi alanlarda darboğaz veya hangi bağlantı noktalarında sıkışıklık vs gibi bir sorun oluştuğunu görmek için faydalı olmaktadır [19].

5.1 Gerekli Ekipman

Programın kullanılabilmesi için en düşük 8 Mb'lık bir RAM'i olan Pentium işlemcili bir bilgisayar gerekmektedir. Çok büyük kitlelerin olduğu büyük modeller için 133 MHz'lik ve 32 Mb RAM'lik bilgisayarlar önerilmektedir.

5.2 Simulex’le Model Kurmak

Simulex’te simülasyon boyunca katların ve merdivenlerin tahliyesi ekranda takip edilebilmektedir. Kişiler önceden tanımlanmış çıkışlara doğru hareket eder. Hareketleri sırasındaki hızları bireyseldir ve kişisel karakterleri ile diğer kişilere olan yakınlıklarına bağlı olarak değişmektedir. Simülasyon boyunca program 1.1 metreden 1.4 metreye kadar değişen oranlarda çıkış genişliğine sahip alanlarda saniyelik akış oranları üretmektedir.

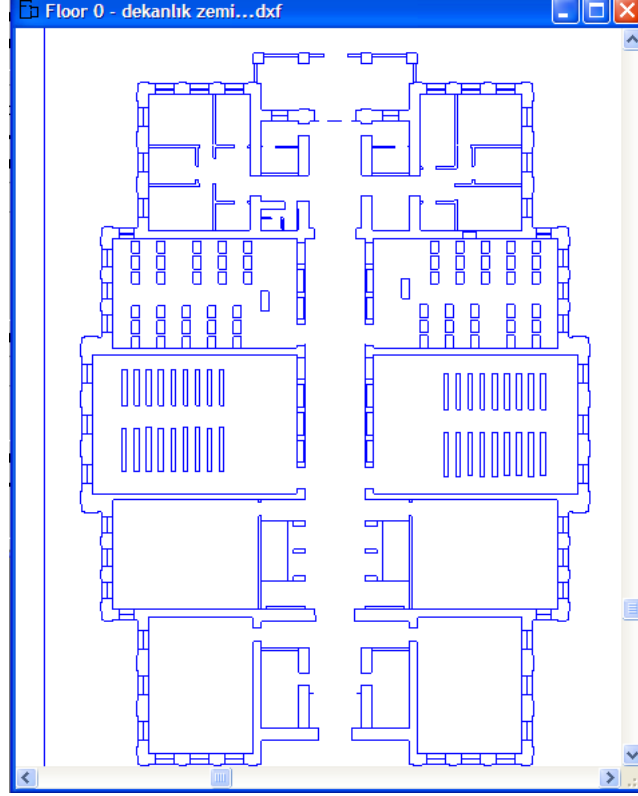
Tüm kişiler binanın dışına çıktığında toplam tahliye süresi ekranda gözükür ve sonuçlar için oluşturulan dosya bilgisayara kaydedilir. Çalıştırılan model de daha sonra yeniden çalıştırmak için bilgisayara kaydedilebilir.

Programda üç farklı windows penceresi mevcuttur. Bu pencereler; kat planı penceresi, merdiven pencereleri ve modelle ilgili genel bilgileri içeren bir bilgi penceresidir. Her kat ve her merdiven ayrı pencerelerde gösterilir.

5.2.1 Kat planları

Modeli oluşturabilmek için ilk olarak binanın kat planlarının oluşturulması gerekmektedir. Simulex için bir bina kat planlarından (CAD dosyalarından DXF formatında programa verilir.) ve merdivenlerden (program içinde tanımlanır.) oluşmaktadır.

Bir kat eklemek için standart bir CAD programı ile oluşturulmuş DXF formatındaki dosya programa verilmelidir. Burada dikkat edilecek bir husus, binanın şekline dair olmayan tüm bilgilerin çizimden çıkarılması gerektiğidir. Çizimde sadece duvarlar kalmalı; kapılar, yazılar veya diğer tüm çizgiler çizimden çıkarılmalıdır. Çizimde yer alan tüm bileşenler hareket ettirilemez veya yeri değiştirilemez olarak algılanacağından bu noktaya dikkat edilmelidir. Her yeni kat yeni bir pencerede gösterilir. Simulex’ten alınmış bir ekran görüntüsünde bir kat planı Şekil 5.1’de gösterilmektedir.



Şekil 5.1 : Simulex’te Kat Planı Ekran Görüntüsü

5.2.2 Çıkış noktaları

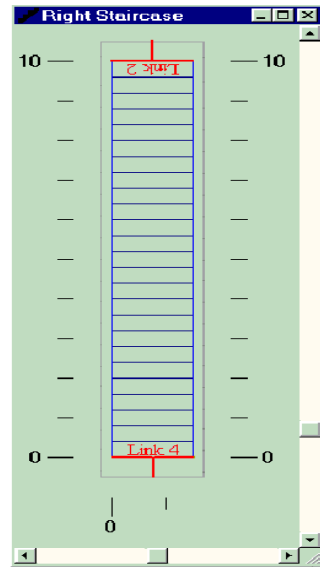
Bir sonraki adımda binanın dışına çıkılabilecek çıkış noktaları tanımlanacaktır. Bir katta birden fazla çıkış noktası olabilir. Program kişilerin kendi pozisyonlarına en yakın çıkış noktasını seçmelerine veya başka bir çıkış noktası kullanmalarına izin vermektedir.

Çıkışların isimleri, hangi katta yer alacakları ve genişlikleri kullanıcı tarafından belirlenir. Programın şu anki versiyonunda en fazla 50 çıkış tanımlanabilmektedir. Kişilerin son çıkış kapısına geldikten sonraki hareketlerinin de simülasyona dahil edilmesi için çıkışların binanın dışında tanımlanması, son kapı ile aralarında en az bir metre boşluk bırakılması önerilmiştir.

5.2.3 Merdivenler

Çok katlı bir binadan tahliye simülasyonu yapılacağı zaman katların birbirlerine merdivenler ile bağlanması gerekmektedir. Merdivenlerin tanımı Simulex içinde yapılır. Bir merdiven tanımı yapılırken merdivenin ismi, uzunluğu ve genişliği kullanıcı tarafından tanımlanmalıdır. Buradaki uzunluk merdiven yokuşunun uzunluğudur. Düz alanı da kapsayan merdivenler için bu uzunluk düz alanın uzunluğu ve merdiven yokuşunun uzunluğu toplamı olarak tanımlanmalıdır.

Sarmal merdivenler de normal merdivenler şeklinde tanımlanacaktır. Ancak merdivenin genişliği bir kişinin diğerini geçebilmesini engelleyecek kadar dar olmalıdır. Böylece kişilerin birbirini geçme yeteneği sarmal merdivenlerde olduğu gibi sıfırlanmalıdır. Şekil 5.2’de Simulex’te tanımlanmış bir merdivenin ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.2 : Simulex’te Tanımlanmış Bir Merdivenin Ekran Görüntüsü

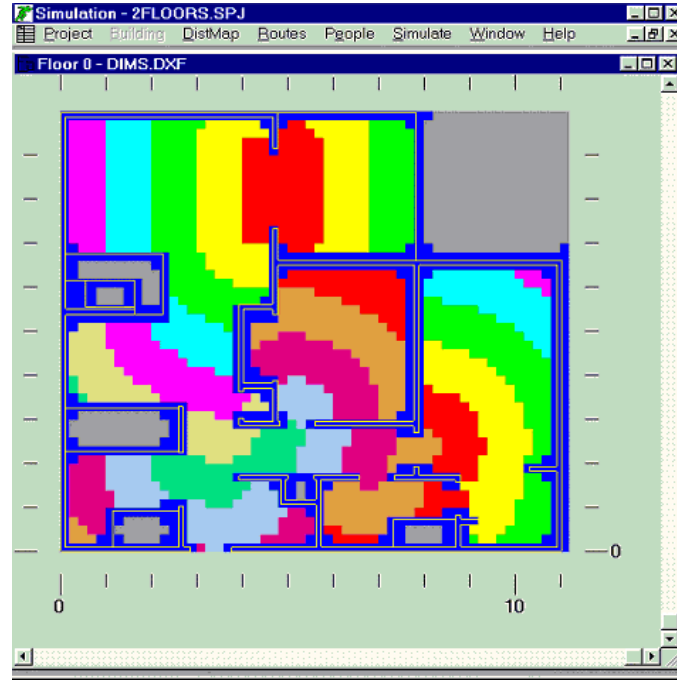
5.2.4 Bağlantıların tanımlanması

Merdivenler tanımlandıktan sonra iki bağlantı noktasından katlarla bağlantılarının yapılması gerekmektedir.

5.2.5 Uzaklık haritalarının hesaplanması

Bir “Uzaklık Haritası” bina alanının 0.2*0.2 metrelik bloklardan meydana gelen gözeneklerden oluşur. Bir bloktan bir çıkış noktasına olan uzaklık o blok için sayısal değer olarak belirlenir. Bir uzaklık haritası hesaplanabilmesi için en azından bir tane çıkış noktası tanımlanmış olmalıdır.

Hesaplanmış uzaklık haritaları program tarafından kişileri en yakın çıkış noktasına yönlendirmek için kullanılır. Dolayısıyla simülasyon başlamadan önce uzaklık haritası hesaplanmış olmalıdır. Farklı kişilerin kullanması için farklı çıkış noktalarının dahil olduğu farklı uzaklık haritaları hesaplanabilmektedir. En fazla on adet uzaklık haritası hesaplanabilmektedir. Böylece kişilerin sadece kendilerin en yakın çıkış noktasına yönlendirilmelerinin önüne geçilebilmektedir. Şekil 5.3’de örnek bir uzaklık haritası gösterilmektedir.



Şekil 5.3 : Simulex’te Hesaplanmış Bir Uzaklık Haritasının Ekran Görüntüsü

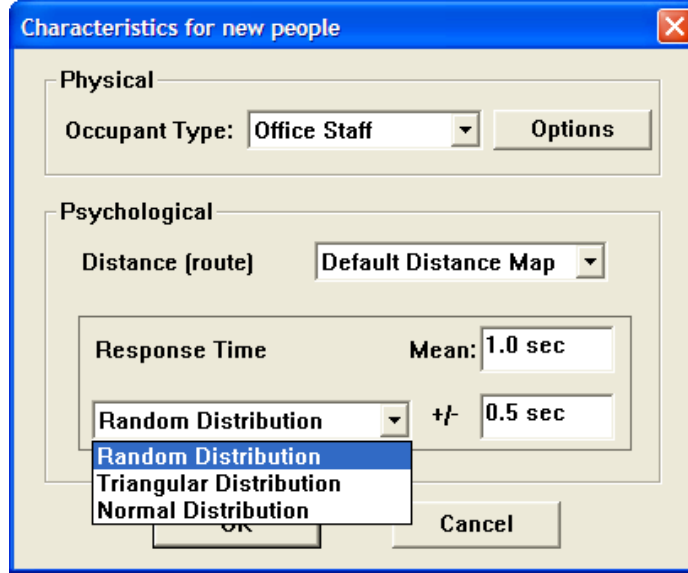
Tüm merdivenler ve çıkış noktaları kesin olarak yerleştirildikten sonra uzaklık haritaları hesaplanabilir. Bir çıkışın, merdivenin, bağlantının veya kat planının konumu değiştirildiğinde tüm uzaklık haritalarının yeniden hesaplanması bir dezavantaj olarak belirtilebilir.

5.2.6 Kişilerin tanımlanması

Uzaklık haritaları hesaplandıktan sonra kişiler binaya eklenebilir. Kişiler tanımlanırken birer birer veya gruplar şeklinde tanımlanabilir.

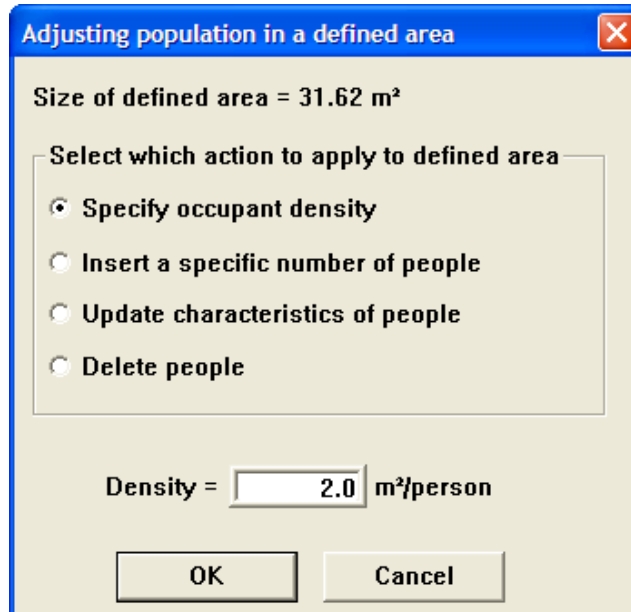
Kişileri tanımlamak için öncelikle kişilerin karakteristikleri tanımlanmalıdır. Karakteristik tanımlarken de öncelikle kişi modeli seçilmelidir. Kişinin modeli ebatlarının, dağılımlarının ve en yüksek hız düzeylerinin belirlenmesi için önemlidir. Ayrıca kişinin hangi uzaklık haritasını kullanacağını bilgisi de burada verilir.

Karakteristik belirlenirken kişinin harekete geçme süresi (response time) de belirtilir. Bu süre bir ortalama değer ve standart sapma ile belirtilir ve üç dağılımdan birisi seçilir. Bu dağılımlar; uniform (random) dağılım, üçgen dağılım ve normal dağılımdır. Kişilerin karakteristiğinin belirtildiği ekran görüntüsü Şekil 5.4’de verilmiştir.



Şekil 5.4 : Simulex’te Kişi Karakteristiğinin Belirlendiği Ekran Görüntüsü

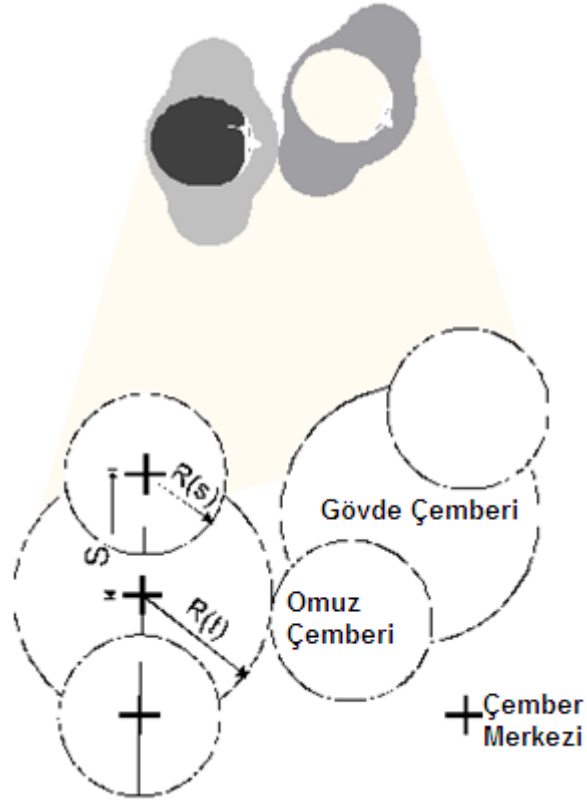
Kişiler grup olarak eklenecekse de kişi karakteristikleri ve grubun içinde bulunacağı alan belirlenir. Bu alanda kaç kişinin bulunacağı bilgisi verilir. Grup olarak kişilerin eklendiği ekran görüntüsü Şekil 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.5 : Simulex’te Grup Olarak Kişileri Ekleme Ekran Görüntüsü

5.2.6.1 Vücut ölçüleri

Modelde her kişinin vücudu matematiksel olarak üç adet çemberden oluşmaktadır. Şekil 5.6’da merkezde “gövde” çemberi $R(t)$ yarıçapı ile ve iki omuz çemberi de $R(s)$ yarıçapı ile gösterilmiştir. Omuz çemberinin merkezi ile gövde çemberinin merkezi arasındaki uzaklık da S olarak gösterilmiştir. Bu ölçüler metre cinsinden belirtilecektir.



Şekil 5.6 : Simulex'te Bir Vücut Tipi Tanımlanması

Programda Çizelge 5.1’de verilen ölçüleri (metre cinsinden) içeren dört farklı vücut tipi mevcuttur.

Çizelge 5.1 : Simulex’te vücut tipleri için vücut ölçüleri

Vücut Tipi	$R(t)$	$R(s)$	S
Ortalama	0.25	0.15	0.10
Erkek	0.27	0.17	0.11
Kadın	0.24	0.14	0.09
Çocuk	0.21	0.12	0.07

5.2.6.2 Kişi modelleri

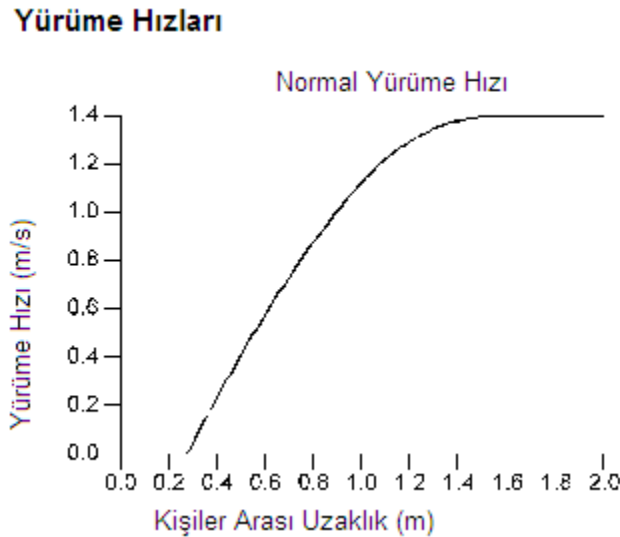
Bir kişi veya bir grup kişi seçtiğimizde o kişiler için belirlediğimiz kişi modeli, kişilerin vücut ölçülerinin dağılımını etkileyecektir. Farklı kişi modelleri için farklı vücut modellerinin yüzdesel dağılımını gösteren Çizelge 5.2 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Farklı kişi modelleri için vücut tiplerinin dağılımı.

Kişi Modeli	%'Ortalama'	%'Erkek'	%'Kadın'	%'Çocuk'
Ofis Personeli	30	40	30	0
Yolcu	30	30	30	10
Müşteri	30	20	30	20
Öğrenci	10	10	10	70
Yaşlı	50	20	30	0
Erkek	0	100	0	0
Kadın	0	0	100	0
Çocuk	0	0	0	100

5.2.6.3 Kişilerin yürüme hızları

Bir kişi için yürüme hızı önündeki kişiye doğrusal uzaklığına bağlıdır. Bir kişinin önünde duran diğer bir kişi, Şekil 5.7’de gösterildiği gibi onun hızını azaltacaktır. Bu durumda kişiler arası uzaklık gövdelerinin merkezleri arasındaki uzaklık olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.7 : Simulex’te Yürüme Hızı ve Kişiler Arası Uzaklık Arasındaki İlişki

Merdivenlerde düz düzlemdekine oranla hızlar düşürülür. Merdivenden aşağıya inerken hız yatay düzlemdekini 0.5 katı, yukarıya çıkarken hız yatay düzlemdekini

0.35 katı olarak hesaplanmıştır. Her kişi için normal engelsiz yürüme hızı ise 0.8-1.7 m/s aralığında rassal olarak seçilmektedir.

5.3 Simulex'in Prensip ve Varsayımları

Simulex'te kaçış geometrisi ve bireylerin hareketleriyle ilgili çeşitli varsayımlar yapılmıştır:

- Her bireye normal, engellenmemiş bir yürüme hızı atanır,
- Bireyler birbirlerine yaklaştıkça yürüme hızları düşürülür,
- Her kişi seçilen uzaklık haritasının sınırlarına paralel olacak şekilde bir çıkışa doğru yönelerek hareket eder,
- Kişilerin birbirini geçmeleri, vücutlarını hareket ettirmeleri, yan yana yürümeleri ve az da olsa geri adım atmaları programa dahil edilmiştir. [20].

5.4 Doğrulama Çalışmaları

Literatürde Simulex'le ilgili birçok doğrulama çalışmasına rastlanmaktadır. Bu çalışmalardan bir tanesi bir süpermarketteki akış oranlarıyla ilgili olarak yapılmış, Simulex'in ürettiği sonuçlarla manuel yapılan hesaplamalar karşılaştırmıştır. 1097 ve 1919 kişinin bulunduğu topluluk için bu çalışmalar yapılmıştır. Buna göre kişi yoğunluğu $7 \text{ m}^2/\text{kişi}$ ve $4 \text{ m}^2/\text{kişi}$ olarak gerçekleştirilmiştir. Simulex sırasıyla $7 \text{ m}^2/\text{kişi}$ yoğunluğu için 58.1s ve $4 \text{ m}^2/\text{kişi}$ yoğunluğu için 105.1s tahliye süresi hesaplamıştır. Manuel hesaplamalarda ise bu değerler 35s ve 51.3s olarak Simulex'in sonuçlarına göre oldukça düşük gerçekleşmiştir. Bu ise modelin doğruluğunu göstermesi açısından kesin bir durum ifade etmemektedir [21].

Bir başka çalışmada üç üniversite binasında tahliye süreleri ve kişi hareketleri sonuçları karşılaştırmak için Simulex'le modellenmiştir. Kişilerin davranış ve hareketleri video kameralarla kaydedilmiş ve toplam tahliye süresi, hareket öncesi süreler ve diğer tahliye davranışları kaydedilmiştir. Bu üç binadan biri Yeni Zelenda'da Canterbury Üniversitesi'nin Christchurch kampüsünde 1 katlı ders binası, ikincisi 8 katlı alışveriş binası (konferans salonları, seminer odaları, bilgisayar laboratuvarları, ofisler vb.den oluşan) ve üçüncüsü de 5 katlı hukuk binasıdır. Gözlemlenen her tahliye en kalabalık olan saatlerde, sabah 10 ve öğleden sonra 2

arasında gerçekleştirilmiştir. Çizelge 5.3’de verilen toplam tahliye süreleri, alarmin başlamasından sonra binalardaki son kişi de binadan çıkıncaya kadar geçen süreyi göstermektedir.

Çizelge 5.3 : Simulex modeli için doğrulama çalışmaları sonuçları

	Gözlemlenmiş Toplam Tahliye Süresi (s)	Tahmin Edilen Hareket Süresi (s)	Tahmin Edilen Toplam Tahliye Süresi (s)
Ders Binası	90	93	131
Hukuk Binası	170	161	188
Alışveriş Binası	220	178	202

Tahmin edilen toplam tahliye süresi, (Simulex hareket öncesi süreyi hesaplamadığı için) tahmin edilen hareket süresine gözlemlenmiş hareket öncesi sürenin eklenmesiyle elde edilmiştir. Üç binanın tahliye Simülasyonu için Simulex’de aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır:

- Simülasyonlarda kullanılan kişi tipi “ofis tipi” olarak seçilmiştir. Bu seçim yürüme hızı ve vücut ölçülerinin %40 erkek, %30 kadın ve %30 ortalama olarak belirlenmesi anlamına gelmektedir.
- Kişilerin en kısa uzaklıktaki çıkışı seçeceğini varsayan standart uzaklık haritası kullanılmıştır.
- Hareket öncesi süreler Simulex tarafından yapılan simülasyona dahil değildir ve sonradan ilave edilmiştir.

Yapılan çalışmada ayrıca Simulex’in kişi yoğunluğu için gözlemlenen yerine Life Safety Code Handbook’da [22]. verilen ve hareket öncesi süre için de gözlemlenen yerine Fire Safety Engineering in Buildings’de [23]. verilen değerleri kullanarak ürettiği Simülasyon çalışmaları da karşılaştırılmıştır [24].

Çalışmanın sonuçları, gözlemlenmiş hareket öncesi süreleri ve kişi yoğunluklarını kullandığında Simulex’de kurulan modelden elde edilen tahliye süresiyle gözlemlenen tahliye süresinin benzer olduğunu göstermiştir. Aşağıdaki çizelgeden de görüleceği gibi Simulex tiyatro binası için ölçülü bir sonuç ürettiği halde, hukuk alışveriş binaları için daha düşük tahliye süreleri hesaplamıştır. Olssen ve Regan Simulex’in binalarda hareket süresini hesaplamak için güvenle kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

5.5 Simulex'in Ek Özellikleri

Çıkışların manuel olarak devre dışı bırakılması: modeli kuran kişi bir birey, grup veya birkaç grup için istediği çıkışları engellediği alternatif uzaklık haritaları oluşturabilir.

Yangın vs durumlarının davranışları etkilemesi: Simulex'i geliştiren ekip tahliye modellerine CFAST'dan elde edilen veriyi entegre etme üzerinde çalışmaktadırlar. Ancak programın şu anki versiyonunda bu özellik henüz kullanılamamaktadır.

Grup olarak kişi ekleme: kişi grupları tanımlanabilir ve gruplar için belli karakteristikler, uzaklık haritaları ve hareket öncesi süreler için belli dağılımlar atanabilir.

Özürlülük/yavaş kişi grupları: modeli kuran kişi bireylere veya gruplara daha düşük hızlar atayabilir.

Gecikmeler/hareket öncesi süreler: modeli kuran kişi her grup kişi için hareket öncesi sürenin belirlenmesinde üçgen, uniform veya normal dağılımı seçebilir. Ortalama ve +/- sapma belirtebilir.

Kişilerin yön seçimi: en kısa yol veya kullanıcı tarafından tanımlanmış rota [1].

5.6 Kısıtlar

Simulex simülasyonun çalıştırılacağı bilgisayarın özellikleriyle büyük ölçüde sınırlandırılmıştır. Bununla birlikte geliştirilmesi gereken bazı noktalar da mevcuttur:

- Simülasyon çalışırken kişiler binadaki bağlantı noktalarına takılıp kalabilmektedir. Bu durumda bağlantının (linkin) yerini bir miktar değiştirmek gerekmektedir. Bu ise tüm uzaklık haritalarının yeniden hesaplanmasını zorunlu kılmaktadır.
- Modele eklenmiş olan kişilerin karakteristikleri ile ilgili bilgiler görüntülenememektedir. Hangi kişi tipinden eklendiği veya o kişiye hangi uzaklık haritasının atandığı bilgisine ulaşılamamaktadır.
- Modele kişi eklerken kişilerin duruş pozisyonları ile ilgili bir parametre yoktur. Kişilerin oturuyor veya ayakta olmaları ve vücutlarının baktığı yöne dair bir bilgi girilememektedir.

- Program uzaklık haritalarını hesaplarken veya yapılan değişiklikleri kaydederken oldukça yavaş çalışmakta, bazı durumlarda değişiklikleri kaydetmeye izin vermeden kapanabilmektedir.
- Kişilerin vücut tipleri, yürüme hızları gibi demografik özellikleri programın içinden değiştirilememektedir. Bunun için programın kullandığı populations.ini dosyasından parametrelerin değiştirilmesi gerekmektedir. Program üzerinde kişilerin karakteristiklerinin belirlendiği penceredeki “options” menüsü bu özellik için yerleştirilmiş olup programın şu anki versiyonunda kullanılamamaktadır.
- Sonuç olarak hangi çıkıştan kaç kişi çıkmış veya hangi bağlantı noktasından kaç kişi geçmiş gibi bir bilgi vermemektedir. Sonuç dosyasında sunulan bilgi 5 saniye aralıklarla her çıkıştaki ve bağlantı noktasındaki kişi sayısı ile ilgilidir.
- Simulex’de de birçok simülasyon modelinde olduğu gibi simülasyon devam ederken kişiler nerden çıkacağına dair kararlarını değiştirememektedirler. Yani Simulex de taktik seviyede hareketlerin modellenmesinde zayıf kalmaktadır.

6. UYGULAMA: İŞLETME FAKÜLTESİ'NİN SIMULEX İLE ACİL DURUM SİMULASYONU

Çalışmada İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi'nin acil durum simülasyonu yapılmıştır. Fakülte binası için acil durum planının oluşturulması gerekliliği, bu konudaki yeterliliklerin ve zayıf olan noktaların belirlenmesi ihtiyacı da dikkate alınarak dekanlık ve öğretim üyelerinin talepleri ile çalışmanın yapılmasına karar verilmiştir. Acil durum simülasyonu için Simulex paket programının bir yıllık öğrenci lisansı satın alınmış ve simülasyonda bu program kullanılmıştır.

Uygulama bölümünde çalışmanın adım adım hangi aşamalardan geçilerek yapıldığı, modelin kurulabilmesi için ihtiyaç duyulan veriler ve elde edilme yöntemleri, kurulan modeller ve sonuçları anlatılacaktır. Modelle ilgili teknik bilgi verilmeden önce tarihi öneme sahip İşletme Fakültesi Binası hakkında kısa bir bilgi verilecektir.

6.1 Bina Tarihçesi

İstanbul Teknik Üniversitesi Maçka Kampüsü'nde yer alan İşletme Fakültesi Binası, Maçka Silahhanesi'nin eklentilerinden olup, silahhanenin yönetim binası (Karakolhane Binası) olarak yapım çalışmaları 1861-1862 yılları arasında Simon ve Sarkis Balyan tarafından tamamlanmıştır. Üç katlı olan silahhane binası, Osmanlı döneminin sonlarında Jandarma Kumandanlığı hizmetine verilmiştir. Cumhuriyetten sonra sırasıyla, Nakliye, Topçu, İstihkam ve Jandarma Okulu olarak kullanılmıştır. 1956'da Eğitim Bakanlığı'na tahsis edilmiş, bir süre Teknik Okul olarak hizmet gördükten sonra İstanbul Teknik Üniversitesi'nin kullanımına bırakılmıştır. Tarihi binayı tamamlayıcı olarak inşa edilen dersane bloklarından oluşan ek bina 1970'li yılların başında hizmete girmiştir [25].

İşletme Fakültesi binasında Endüstri Mühendisliği ve İşletme Mühendisliği bölümleri bulunmakta, bölümlerin lisans ve lisansüstü dersleri yapılmaktadır.

6.2 İşletme Fakültesi Simülasyon Modelinin Oluşturulması

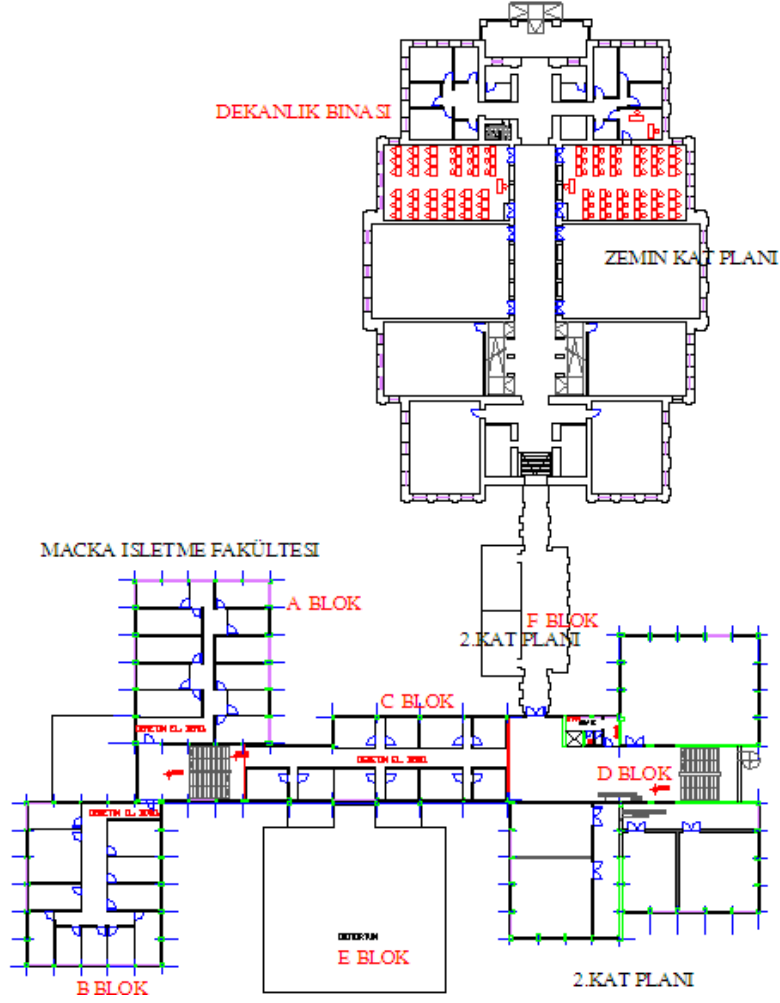
Bu bölümde simülasyon modelinin oluşturulması için yapılan çalışmalar adım adım anlatılacaktır. Sırasıyla kat planlarının nasıl oluşturulduğu, merdivenlerin, bağlantıların ve çıkışların nasıl tanımlandığı ve modeldeki kişilerin nasıl eklendiğiyle ilgili bilgiler verilecektir.

6.2.1 Kat Planlarının Oluşturulması

Simulex’le model kurmak için ilk olarak binaya ait kat planlarının CAD formatında oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla İşletme Fakültesi Binası’nın AutoCad’de çizilmiş kat planları Yapı ve Teknik Daire Başkanlığı’ndan elde edilmiştir. Elde edilen AutoCad çizimleri Simulex’de model kurulabilecek şekilde düzenlenmiştir.

Fakülte binasının genel yapı itibariyle karmaşık bir mimariye sahip olduğu söylenebilir. Eski binaya eklenmiş yeni bina yapısı karmaşıklştırmış ve modellenmesini zorlaştırmıştır. Bina içerisinde sınıflar, bilgisayar laboratuvarları, konferans salonları, kütüphane, öğretim üyelerinin ve görevli personelin odaları, iki adet kantin ve fotokopi odası bulunmaktadır.

Bina genel olarak ele alındığında bodrum ve zemin katla birlikte toplam yedi kattan oluşuyor gibi görünmektedir. Halbuki bloklar ve ara katlar şeklinde ayrı ayrı incelendiğinde kat sayısı değişmektedir. Fakülte binası A,B,C,D,E ve F Bloklar ile Dekanlık Binasından oluşmaktadır. A ve B bloklar ara katlar şeklinde yerleştirilmiş olup dekanlık binası bir merdivenle ikinci katta F bloğa bağlanmıştır. Binanın tüm bloklarının ve dekanlık binasının da bir arada görülebileceği kat planı görüntüsü Şekil 6.1’de verilmiştir.

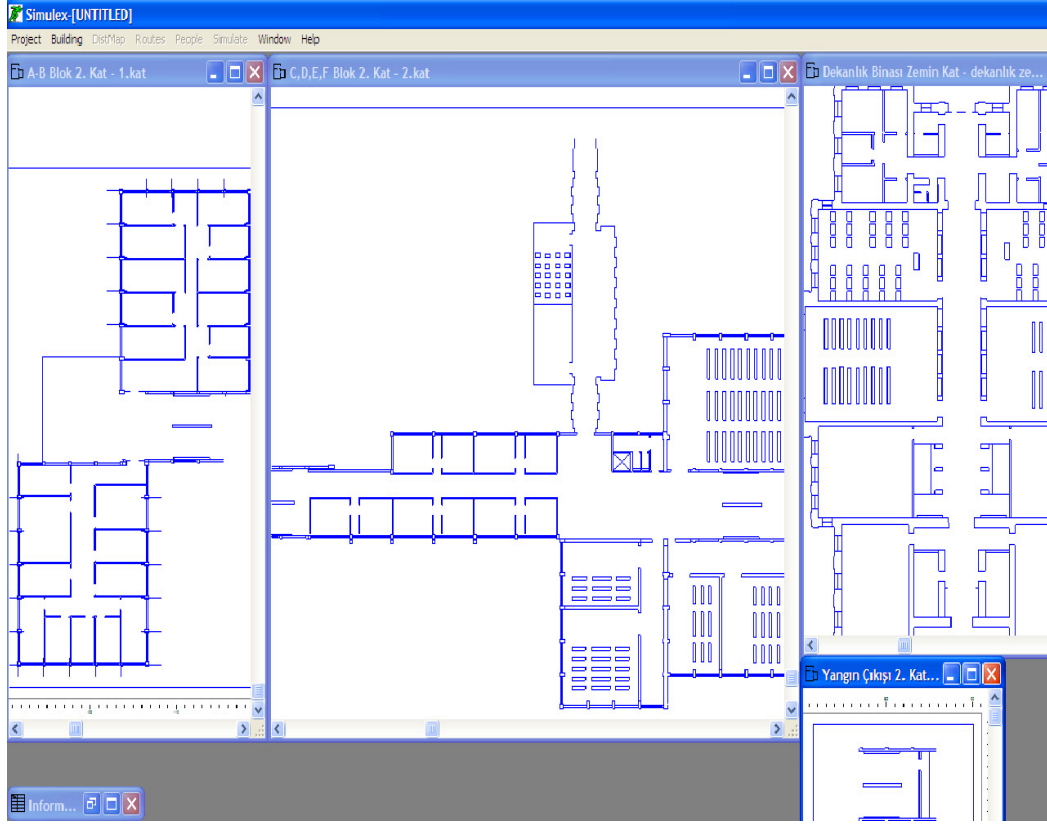


Şekil 6.1: İşletme fakültesi örnek kat planı

Şekil 6.1’de verilen çizim A,B,C,D,E ve F bloklar için ikinci kat, dekanlık binası için zemin katın çizimidir. A ve B blokların birer adet merdivenle ikinci kat C bloğa, dekanlık zemin katın bir adet merdivenle ikinci kat F bloğa ve D bloğun iki adet merdivenle yangın merdivenlerinin olduğu alana bağlandığı görülmektedir. Modelin kurulabilmesi için merdivenle birbirine bağlanmış olan tüm blok ve katlar ayrı birer kat olarak çizilmiştir. Dolayısıyla modelde;

- A ve B bloklar birlikte bir kat olarak,
- C, D, E ve F bloklar birlikte bir kat olarak,
- Dekanlık binası zemin katı ayrı bir kat olarak ve
- Yangın çıkışının olduğu alan da ayrı bir kat olarak çizilmiştir.

Şekil 6.2’de Şekil 6.1’de verilen örnek çizim için oluşturulmuş kat planlarının ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6.2: A-B blok 2. Kat, C,D,E ve F blok 2.kat, yangın çıkışı 2. Kat ve dekanlık binası zemin kat simulex kat planları ekran görüntüsü

Şekilden de görüleceği gibi bir katın modele dahil edilebilmesi için Simulex'te dört ayrı kat planı tanımlanmıştır. Buna göre İşletme Fakültesi binasının Simulex'te modellenebilmesi için toplam on dokuz adet kat planı tanımlaması yapılmıştır. Çizelge 6.1'de kat planlarının isimleri verilmiştir.

Çizelge 6.1 : Simulex kat planları listesi

Numara	Kat Planı İsmi
1	A-B Blok Bodrum Kat
2	Bodrum Kat (C,D ve E bloklar)
3	A-B Blok Zemin Kat
4	Zemin Kat (C,D ve E bloklar)
5	A-B Blok 1. Kat
6	Yangın Çıkışı 1.Kat
7	1.Kat (C,D, ve E bloklar)
8	A-B Blok 2. Kat
9	Yangın Çıkışı 2.Kat
10	2.Kat (C,D,E ve F bloklar)
11	A-B Blok 3. Kat
12	Yangın Çıkışı 3.Kat
13	3.Kat (C ve D bloklar)
14	Yangın Çıkışı 4.Kat
15	4.Kat (C ve D bloklar)
16	Yangın Çıkışı 5.Kat
17	5.Kat (C ve D bloklar)
18	Dekanlık Zemin Kat
19	Dekanlık 1. Kat

Çalışma yapıldığı sırada kapalı bulunan ve bina içindeki kullanım oranının da düşük olması sebebiyle F blok birinci kat modele dahil edilmemiş, kapalı olduğu kabul edilmiştir.

CAD formatındaki çizimler .dxf uzantılı olarak kaydedilmiş ve Simulex'e kat olarak eklenmiştir. Çizimlerle ilgili dikkat edilecek bir nokta simülasyon modeli oluşturulurken çizimde binanın yapısıyla ilgili olmayan herhangi bir çizgi veya yazının .dxf dosyasından kaldırılması gerektiğidir. Çünkü çizimde yer alan her çizgi kişilerin hareketine engel olmaktadır. Bu sebeple çizimlerdeki yazılar, merdivenler, ve kapılar silinmiştir. Merdivenlerin başlangıç ve bitiş noktaları bağlantılarla katlara bağlanmış, kapıların yeri ise kişilerin geçebilmesi için boş bırakılmıştır.

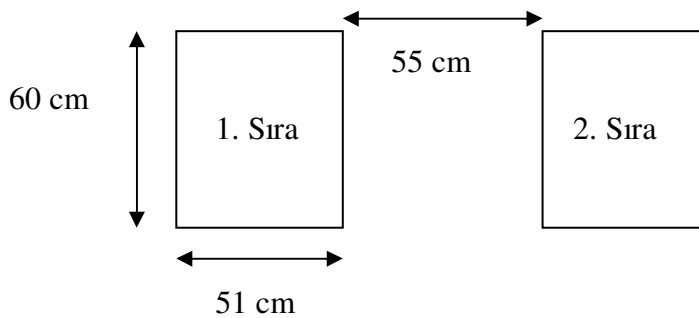
Öğrencilerin hareketlerini engelleyeceği düşüncesiyle gerçekte sınıflarda yer alan sıralar çizimlere eklenmiştir. Bunun için sınıflardaki sıra sayısı hesaplanmış, sıraların ölçüleri alınmış ve çizimlerde sıralar sınıflara yerleştirilmiştir. Hangi sınıfta kaç adet sıra olduğu ve sınıfların bulunduğu kat bilgisi Çizelge 6.2' de sunulmuştur.

Çizelge 6.2 : Sınıflardaki sıra sayıları

Sınıfın Bulunduğu Kat	Sınıf İsmi	Sıra Sayısı
Zemin Kat	D102	$12 \times (5+5+5)^*$
Zemin Kat	D103	$12 \times (5+5+5)$
1.Kat	D201	$9 \times (5+11+5)$
1.Kat	D202	$11 \times (5+5+5)$
1.Kat	D203	$11 \times (5+5+5)$
2.Kat	D301	$10 \times (5+5+5)$
2.Kat	D302	$5 \times (3+4+3)$
2.Kat	D303	$3 \times (3+4+3)$
2.Kat	D304	$5 \times (3+4+3)$
2.Kat	D305	$3 \times (3+4+3)$
2.Kat	E302	5×4
3.Kat	D402	$5 \times (3+4+3)$
3.Kat	D403	$3 \times (3+4+3)$
3.Kat	D404	$5 \times (3+4+3)$
3.Kat	D405	$3 \times (3+4+3)$
4.Kat	D501	$9 \times (3+4+4+3)$
4.Kat	D503	$3 \times (3+4+3)$
4.Kat	D504	$5 \times (3+4+3)$
4.Kat	D505	$3 \times (3+4+3)$
5.Kat	D614	5×4
Dekanlık 1.Kat	F235	$9 \times (5+5)$
Dekanlık Zemin Kat	F133	$9 \times (6+5)$
Dekanlık Zemin Kat	F134	$9 \times (6+5)$
Dekanlık Zemin Kat	F137	$5 \times (3+3)$

** $12 \times (5+5+5)$: Her biri 5 kişilik geriye doğru 12 adet sıra.*

Her sıra için üç doğrultuda ölçü dikkate alınmıştır: sıranın uzunluğu, genişliği ve iki sıra arasındaki mesafe. Buna göre bir kişilik sıra için sıra ölçüleri Şekil 6.3’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi bir kişilik bir sıranın uzunluğu 60 cm, genişliği 51 cm ve iki sıra arasındaki mesafe de 55 cm’dir. Örneğin 5 kişilik bir sıranın uzunluğu $60 \times 5 = 300$ cm olacaktır.



Şekil 6.3: Sıralarda dikkat edilen ölçüler

Simulex'e herhangi bir kat planı eklemek için Simulex içindeki menüde Building→Add Flor seçeneği ile eklenmek istenen dosya bilgisayardan seçilecektir. Burada kat planının ismi belirlendikten sonra .dxf dosyasındaki çizim için ölçü birimi (metre, santimetre, milimetre, inç seçenekleri mevcuttur) seçilmektedir. Bu çalışmada ölçü birimleri tüm katlar için santimetre olarak belirlenmiştir.

6.2.2 Merdivenler ve Katların Bağlantılarının Sağlanması

Katların birbirleriyle bağlantılarının sağlanması için merdivenler tanımlanmıştır. Simulex içinden yapılan merdiven tanımları için merdivenin ismi, uzunluğu ve genişliği bilgileri belirtilmektedir. Merdivenlerin katlarla ve birbirleriyle bağlantılarının sağlanabilmesi için bağlantılar (linkler) kullanılmıştır.

Modelde;

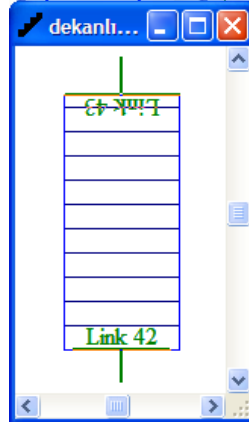
- A ve B blokların C bloklara bağlanabilmesi için her katta ikişer adet,
- D blokların yangın çıkışlarına bağlanabilmesi için her katta ikişer adet,
- Dekanlık binasının F bloğa bağlanabilmesi için F blok ikinci kata bağlı bir adet,
- Dekanlık binası zemin katı dekanlık binası birinci kata bağlayacak üç adet ve
- Yangın çıkışları için zemin kata kadar her katta bir adet merdiven oluşturulmuştur.

Her bir merdiven için basamak yüksekliği ölçülmüş, kaç adet basamak olduğu sayılmıştır. Bu bilgiler ışığında model için gerekli olan merdivenin yüksekliği bilgisine ulaşılmıştır. Ayrıca her merdivenin genişliği ölçülmüş, bu ölçümler hem merdivenlerin hem de bağlantıların genişliklerini oluşturmuştur.

Simulex'de spiral şeklinde merdiven tanımlanamadığı için spiral şeklinde olan yangın merdivenlerinin tanımlanmasında başka bir yöntem kullanılmıştır. Literatürde de bu şekilde uygulandığı görülmüş, bu ihtiyacı karşılamak için yangın merdivenlerinin genişlikleri, herhangi bir sıkışma olmadan sadece bir kişinin geçebileceği, sıkışma olduğunda ise iki kişinin de geçebileceği şekilde belirlenmiştir.

Her bir merdiven için iki adet bağlantı tanımlanmıştır. Her bağlantı iki bileşenden oluşmaktadır. Bunlardan birisi merdiven üzerinde merdivenin başlangıcına biri de kattaki merdiven başlangıç noktasına yerleştirilmiştir.

Bağlantılar tanımlanırken dikkat edilmesi gereken nokta T şeklinde olan bağlantıların katlarda I kısmının merdivene dönük olacak şekilde, merdivenlerde ise I kısmının kata dönük olacak şekilde yerleştirilmesi gerektiğidir. Simulex’de oluşturulmuş bir merdiven ve bağlantılarının görüntüsü Şekil 6.4’de verilmiştir.



Şekil 6.4: Dekanlık binası zemin kat-1.kat arasındaki merdiven

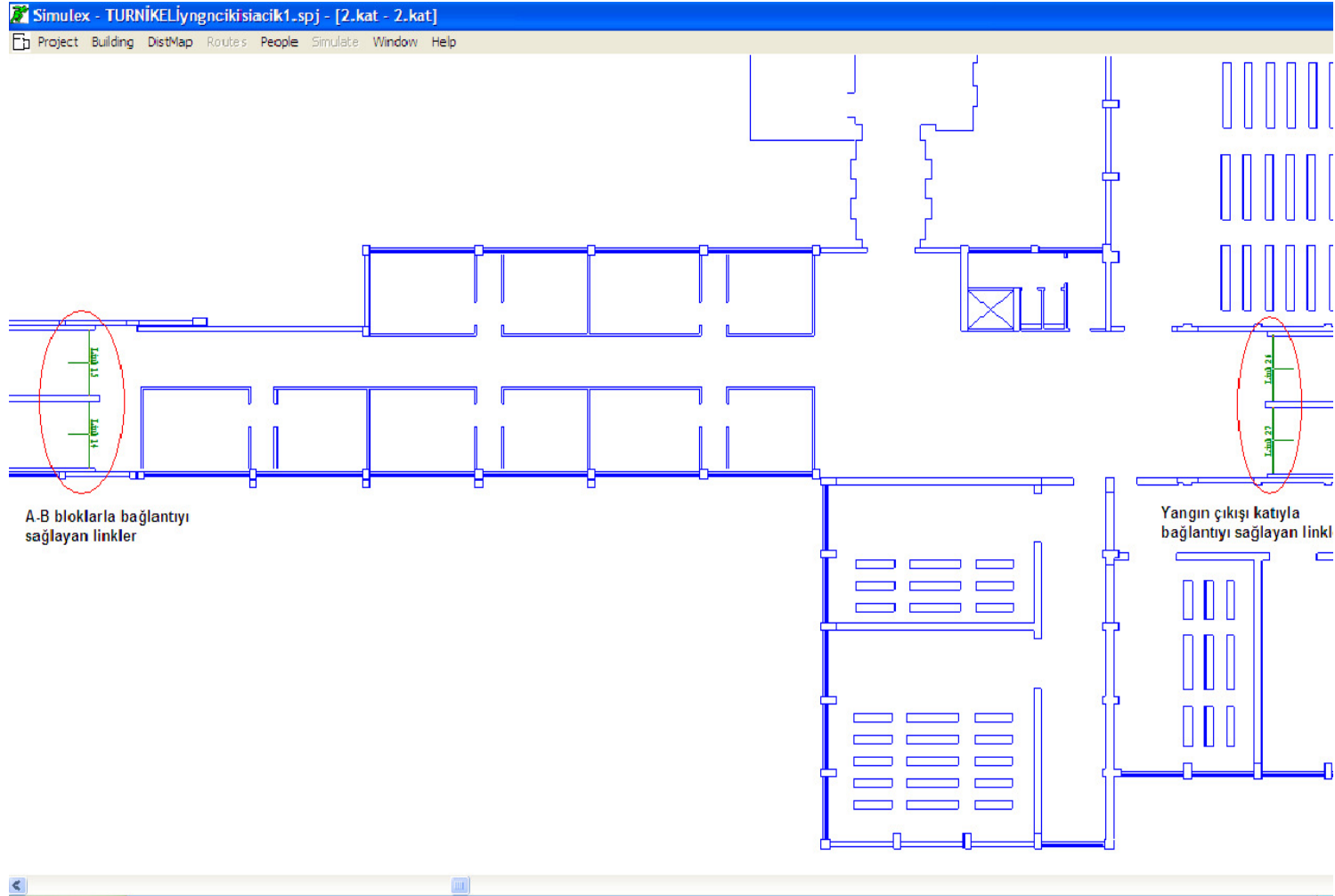
Simulex ekran görüntüsü

Modelin tamamında toplam yirmi yedi adet merdiven ve elli dört adet bağlantı kullanılmıştır. Tanımlanan merdivenler en genel anlamda beş grupta incelenebilir. Bu gruplar ve gruplara ilişkin genişlik ve yükseklik bilgileri Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.3 : Merdiven grupları ve ölçüleri

Merdivenler	Yükseklik (cm)	Genişlik (cm)
A-B Bloktaki Merdivenler	182	270
D Bloktaki Merdivenler	195	270
Dekanlık Binası İle F Blok Arasındaki Merdiven	144	250
Dekanlık Binasında Girişte Soldaki Merdiven	420	191
Dekanlık Binasında Kütüphaneye Çıkan Merdivenler	420	161
Yangın Merdivenleri	400	100

Merdiven tanımları da yapıldıktan sonra bağlantıları (linkleri) eklenmiş bir kat planının ekran görüntüsü Şekil 6.5’de verilmiştir.



Şekil 6.5: Bağlantıları eklenmiş bir kat planı ekran görüntüsü

6.2.3 Çıkışların Tanımlanması ve Uzaklık Haritalarının Hesaplanması

İşletme Fakültesi Binası'na girişler için yoğun olarak kullanılan iki adet kapı vardır. Bunlar A-B blok zemin kattaki öğrenci kapısı ile dekanlık zemin kattaki personel kapısıdır. Modelde bu iki kapıya ek olarak bir de yangın çıkışı kapısı eklenmiştir.

C blok birinci kattan bahçeye açılan kapı sadece yaz döneminde açık olduğu için bu çalışmada kapalı olarak kabul edilmiştir. Buna göre modelde toplam üç adet çıkış bulunmaktadır. Bu çıkışların genişlikleri ölçülmüş ve çıkışlar modelde tanımlanmıştır. Çizelge 6.4'de bu çıkışların bulundukları katlar, çıkışların isimleri ve genişlikleri verilmiştir.

Çizelge 6.4 : Çıkışların genişlikleri

Çıkışın İsmi	Çıkışın Bulunduğu Kat	Genişlik (Cm)
Öğrenci Çıkışı	A-B Blok Zemin Kat	200
Personel Çıkışı	Dekanlık Zemin Kat	180
Yangın Çıkışı	Yangın Çıkışı 1. Kat	100

Çıkışların da modele eklenmesiyle birlikte uzaklık haritaları hesaplanabilir hale gelmektedir. Çıkışların modele eklenmesinin ardından “standart uzaklık haritası” oluşmakta ve hesaplanabilmektedir. Çalışmada standart uzaklık haritasına ek olarak üç adet daha uzaklık haritası hesaplanmış ve kullanılmıştır. Bunlar;

- Sadece öğrenci çıkışının ulaşılabilir olduğu,
- Sadece personel çıkışının ulaşılabilir olduğu ve
- Sadece yangın çıkışının ulaşılabilir olduğu uzaklık haritalarıdır.

Bu uzaklık haritaları daha sonra farklı simülasyon senaryolarının oluşturulmasında kullanılmıştır. Senaryolar ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır.

6.2.4 Binadaki Kişilerin Modele Eklenmesi

Modelle ilgili en önemli konulardan biri de modelde kaç kişinin bulunacağı, bu kişilerin binadaki konumları ve karakteristik özellikleridir. Çalışmada fakülte binasının en kalabalık olduğu andaki kişi sayısı dikkate alınmıştır. Bu amaçla 2008-2009 öğretim yılı güz döneminde fakültede yapılan derslerin ve bu derslere kayıtlı öğrencilerin listesi elde edilmiş, her derste ki öğrenci sayılarından her saat dilimindeki toplam öğrenci sayısı bilgisine ulaşılmıştır. Buna göre binanın en

kalabalık olduğu zaman dilimi Salı günü 10.30-11.30 saatleri arası olarak belirlenmiş ve modelde bu saat dilimindeki kişi sayısı dikkate alınmıştır.

Derslere kayıtlı öğrencilere ilave olarak öğretim üyelerinin, personelin ve diğer görevlilerin de sayıları elde edilmiştir. Bu amaçla öğretim üyelerinin ve çalışan personelin listesinden modelde toplam kaç kişinin yer alması gerektiği belirlenmiştir.

Kişilerin sayılarının belirlenmesinin yanısıra hangi kişinin bina içinde hangi konumda bulunacağı bilgisi de kişilerin modele dahil edilmesi sırasında belirlenmiştir. Bu amaçla erkek-bayan ayrımını da dikkate alarak her öğretim üyesinin ve personelin odasının bina içindeki konumu, derste olacak öğretim üyelerinin hangi sınıfta derste olacakları, hangi sınıfta kaç öğrenci bulunacağı ve bu öğrencilerin kız-erkek dağılımı bilgileri toplanmıştır.

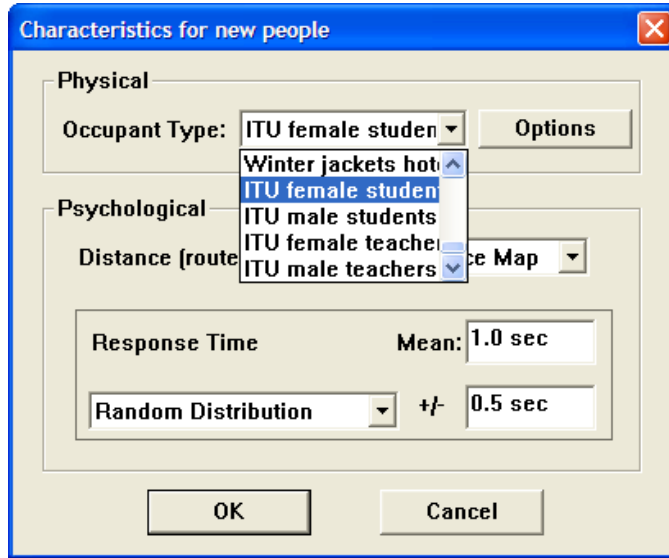
Modelde öğrencilerin eksiksiz olarak derse katıldıkları ve dersin devam ettiği sırada modelin çalıştırıldığı varsayılmıştır. Bu yüzden ilgili öğretim üyesi de dersin olduğu sınıfta olacak şekilde konumlandırılmıştır.

A-B blok zemin kattaki kantin ile dekanlık binası birinci kattaki kantinde ve fotokopide dörder adet erkek personelin görevli olduğu kabul edilmiştir. Her iki kantinde de beş erkek ve beş kız öğrencinin bulunduğu varsayılmıştır. Bu bilgiler sonucu modele toplam 1165 kişi dahil edilmiştir. Bu kişilerin sayısı ve erkek-bayan kişi dağılımı Çizelge 6.5’de verilmiştir.

Çizelge 6.5 : Öğrenci, öğretim üyesi ve personel sayıları

	Öğrenci	Öğretim Üyesi	Personel	Toplam
Bayan	372	49	15	436
Erkek	649	56	24	729
Toplam	1021	105	39	1165

Kişilerin modele eklenmesi sırasında belirtilecek karakteristik özellikleri için programın içinde bulunan kişi tipleri kullanılmamış, yeni kişi tipleri tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar programın kullandığı populations.ini dosyası içinde yapılmıştır. Buna göre program içine bayan-erkek öğrenciler ve bayan-erkek öğretim üyeleri/personel için dört farklı kişi tipi eklenmiştir. Simulex’de kişilerin karakteristiklerinin seçildiği ekranda bu yeni kişi tiplerinin seçim listesine gelmesi sağlanmıştır. Şekil 6.6’da kişi karakteristikleri ekranı görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6.6: Simulex’de yeni kişi tipleri ekran görüntüsü

Bu kişi tipleri farklı vücut tiplerini kullanacak şekilde düzenlemeler yapılmıştır. Aşağıda Çizelge 6.6’da tanımlanmış kişi tipleri ve Çizelge 6.7’de bu kişi tiplerinin kullandığı vücut tipleri verilmiştir.

Çizelge 6.6 : Simulex’e eklenmiş kişi tipleri

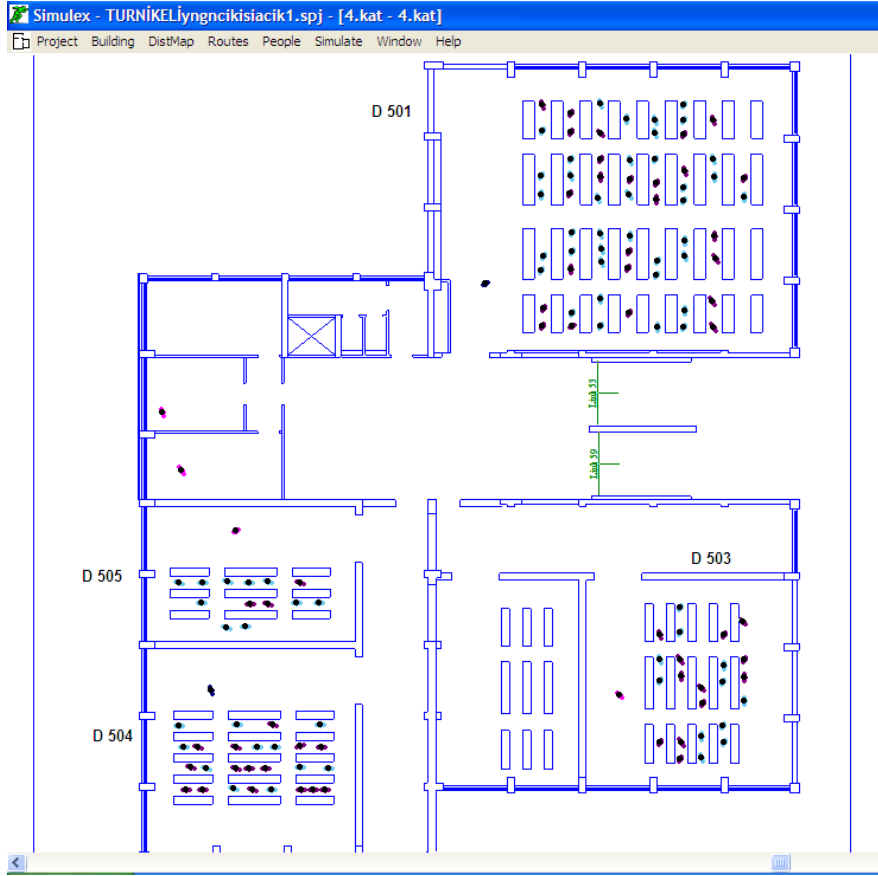
Kişi Tipi	Kişi Tipi İsmi	Vücut Tipi İndeksi
1	İTU erkek öğretim üyeleri	1
2	İTU bayan öğretim üyeleri	2
3	İTU erkek öğrenciler	18
4	İTU bayan öğrenciler	13

Çizelge 6.7 : Kişi tiplerinin karakteristik özellikleri

Vücut Tipi İndeksi	Vücut Tipi İsmi	Vücut Çemberinin Toplam Yarıçapı (m)	Ana Gövde Çemberinin Yarıçapı (m)	Omuz Çemberinin Yarıçapı (m)	Düz Zeminde Engellenmemiş Hız	Düz Zeminde Engellenmemiş Hız İçin (+/-) Sapma	Merdivenlerde Aşağı İnişte Yürüme Hızı Katsayısı	Merdivenlerde Yukarı Çıkışta Yürüme Hızı Katsayısı	Vücut Rengi
1	Yetişkin Erkek	0.27,	0.16,	0.10,	1.35,	0.2,	0.6,	0.5,	Lacivert
2	Yetişkin Bayan	0.24,	0.14,	0.09,	1.15,	0.2,	0.6,	0.5,	Pembe
13	Genç Bayan	0.22,	0.12,	0.08,	1.20,	0.31,	0.60,	0.46,	Mor
18	Genç Erkek	0.25,	0.13,	0.09,	1.43,	0.37,	0.68,	0.41,	Mavi

Vücut ölçüleri belirlenirken Türk insanının antropometrik ölçüleri dikkate alınarak düzenlemeler yapılmış, yürüme hızları ve merdivenlerdeki katsayılar için ise Simulex'in önerdiği değerler kullanılmıştır [26], [27].

Simülasyon devam ederken kişileri daha kolay takip edebilmek amacıyla erkekler ve bayanlar farklı renklerde gösterilmiş, aynı şekilde öğretim üyesi-öğrenci ayrımı da renklerle ifade edilmiştir. Şekil 6.7’de öğrencilerin ve öğretim üyelerinin yerleştirildiği bir kat planı gösterilmektedir.



Şekil 6.7: D blok 4. kat öğrenciler ve öğretim üyeleri
ekran görüntüsü

6.3 Simülasyon Senaryoları

Bu bölüme kadar anlatılan çalışmalarla Simülasyon modeli oluşturulmuş ve artık çalıştırılabilir düzeye gelmiştir. Bu noktada simülasyon sonucunda elde edilmesi beklenen bilgiye uygun olarak farklı simülasyon senaryoları belirlenmiş ve bu senaryolar için modelde gerekli düzenlemeler gerçekleştirilmiştir.

Simülasyon sonucunda İşletme Fakültesi için en uygun acil durum planının ortaya çıkarılması, bina yapısıyla ilgili düzenlemelerin gerekip gerekmediği bilgisine ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla farklı senaryolar belirlenmiştir. Üretilebilecek ve sonuçları değerlendirilebilecek birçok senaryo daha bulunabileceği açıktır. Ancak bu

çalışmada alternatif senaryolar içerisinde en olası olanlar seçilmiş ve değerlendirilmiştir.

Model için toplamda on adet senaryo belirlenmiştir. Bu senaryolar binadaki kişilerin hangi çıkışları kullanacağını yani acil durum planının belirlenmesi, yangın çıkışının kapalı veya açık olması ve öğrenci kapısı ile personel kapısı girişlerinde yer alan turnikelerin olup-olmaması ile ilgilidir. Belirlenmiş olan simülasyon senaryoları Çizelge 6.8’de listelenmiştir.

Çizelge 6.8 : Simülasyon senaryoları

Tüm Simülasyon Senaryoları		
1- Öğrenci ve Personel kapısında turnikelerin olduğu durum	1.1- Yangın çıkışı kapalı ise	1.1.1- 2, 3, 4 ve 5. kattaki kişiler ile dekanlık binasındaki kişiler personel çıkışını, diğer kişiler öğrenci çıkışını kullansın.
		1.1.2- Bütün öğrenciler öğrenci çıkışını diğer kişiler kendilerine en yakın olan çıkışı kullansın.
	1.2- Yangın çıkışı açık ise	1.2.1- Tüm katlarda D bloktaki kişiler yangın çıkışını, diğer kişiler kendilerine en yakın çıkışı kullansın.
		1.2.2- Zemin kat ve 1. kattaki kişiler öğrenci çıkışını, dekanlık binasındaki kişiler personel çıkışını, diğer kişiler yangın çıkışını kullansın.
		1.2.3- Bütün öğrenciler öğrenci çıkışını diğer kişiler kendilerine en yakın olan çıkışı kullansın.
2- Öğrenci ve Personel kapısında turnikelerin olmadığı durum	2.1- Yangın çıkışı kapalı ise	2.1.1- 2, 3, 4 ve 5. kattaki kişiler ile dekanlık binasındaki kişiler personel çıkışını, diğer kişiler öğrenci çıkışını kullansın.
		2.1.2- Bütün öğrenciler öğrenci çıkışını diğer kişiler kendilerine en yakın olan çıkışı kullansın.
	2.2- Yangın çıkışı açık ise	2.2.1- Tüm katlarda D bloktaki kişiler yangın çıkışını, diğer kişiler kendilerine en yakın çıkışı kullansın.
		2.2.2- Zemin kat ve 1. kattaki kişiler öğrenci çıkışını, dekanlık binasındaki kişiler personel çıkışını, diğer kişiler yangın çıkışını kullansın.
		2.2.3- Bütün öğrenciler öğrenci çıkışını diğer kişiler kendilerine en yakın olan çıkışı kullansın.

Çizelgede görüldüğü gibi kişilerin hangi çıkışa yönlendirileceği ile ilgili beş farklı senaryo üretilmiştir. Bu senaryolar yangın çıkışının açık veya kapalı olmasına bağlı olarak şekillendirilmiş ve girişlerde turnikelerin olduğu ve olmadığı durumlar için tekrarlanmıştır. Böylece en uygun çıkış planı, yangın çıkışının tahliye sürecindeki etkisi ve girişlerde yer alan turnikelerin binanın toplam boşaltılma süresini ne kadar etkilediği ölçülmeye çalışılmıştır.

Turnikelerin olduğu ve olmadığı durumlar için beşer adet senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolardan ikisi yangın çıkışının kapalı olduğu durum için, diğer üçü de yangın çıkışının açık olduğu durum için geliştirilmiştir.

Bu bölümde sırasıyla turnikelerin olduğu durum için oluşturulan senaryolar sırasında yapılan çalışmalar anlatılacaktır.

6.3.1 Senaryo 1:

Turnikeli, Yangın Çıkışı Kapalı, 1(t+y-1): 2, 3, 4 ve 5. kattaki kişiler ile dekanlık binasındaki kişiler personel çıkışını, diğer kişiler öğrenci çıkışını kullansın.

Bu senaryoda kişiler binayı terk ederken yoğunluk oluşmasını önleyecek şekilde yönlendirileceği varsayılmış, bu senaryodaki toplam tahliye süresi ve yığılma olan noktalar gözlenmiştir.

Senaryonun oluşturulabilmesi için öncelikle dekanlık zemin katta ve A-B blok zemin katta kapılardan girişten sonra turnikeler eklenmiştir. Bunun için turnikeler genişlikleri ve aralıkları ölçülerek .dxf dosyalarında konumlandırılmıştır.

Yangın merdivenlerinin bağlı olduğu linkler ve yangın çıkışının ulaşılabilirliğini engellemek için yangın çıkışı kapısının önü kapatılmıştır. Turnikelerin eklenmesi ve yangın çıkışının kapatılması CAD çizimleri üzerinde değişiklik yapılarak sağlanmıştır.

İkinci kat ve daha üst katlardaki kişiler ile dekanlık binasındaki kişilerin personel çıkışını kullanarak binayı terk etmesini sağlamak amacıyla sadece personel çıkışının ulaşılabilir olduğu bir uzaklık haritası oluşturulmuş ve hesaplanmıştır. Bu katlardaki kişilerin karakteristikleri, kullandıkları uzaklık haritası personel çıkışı uzaklık haritası olacak şekilde güncellenmiştir.

Bordum, zemin ve birinci kattaki kişilerin A-B blok zemin kattaki öğrenci çıkışını kullanarak binayı terk etmesini sağlamak için sadece öğrenci çıkışının ulaşılabilir olduğu bir uzaklık haritası hesaplanmıştır. Bu katlardaki kişilerin karakteristikleri, kullandıkları uzaklık haritası öğrenci çıkışı uzaklık haritası olacak şekilde güncellenmiştir. Kişilerin karakteristiklerinin güncellenmesi senaryonun oluşturulması için Simulex içerisinde yapılan bir değişikliktir.

6.3.2 Senaryo 2:

Turnikeli, Yangın Çıkışı Kapalı, 2 (t+y-2): Bütün öğrenciler öğrenci çıkışını, diğer kişiler kendilerine en yakın olan çıkışı kullansın.

Bu senaryoda literatürde de önemle üzerinde durulan kişilerin alışkın olduğu çıkışları kullanarak binayı boşaltma ihtimalleri üzerinde durulmuştur. Buna göre personel çıkışını çok fazla kullanmayan öğrencilerin alışkın oldukları gibi öğrenci çıkışını kullanarak binayı terk etme durumlarının simülasyonu yapılmıştır.

Senaryonun oluşturulması için turnikelerin eklenmiş olduğu ve yangın çıkışının kapalı olduğu çizimler kullanılarak kat planları elde edilmiştir.

Tüm katlardaki öğrencilerin karakteristikleri, uzaklık haritası olarak öğrenci çıkışı uzaklık haritasını kullanacak şekilde güncellenmiştir. Binadaki diğer kişilerin karakteristikleri de standart uzaklık haritasını kullanacak şekilde güncellenmiştir. Standart uzaklık haritasını kullanan kişiler kendilerine en yakın olan çıkışı kullanarak binayı terk etmektedir.

6.3.3 Senaryo 3:

Turnikeli, Yangın Çıkışı Açık, 1 (t+y+1): Tüm katlarda D bloktaki kişiler yangın çıkışını, diğer kişiler kendilerine en yakın çıkışı kullansın.

Bu senaryoda yangın çıkışının açık ve ulaşılabilir olduğu varsayılmıştır. D bloktaki kişilere en yakın çıkış olan yangın çıkışının kullanılmasıyla tahliye süresinin nasıl değiştiği gözlenmek istenmiştir.

Senaryonun oluşturulması için öncelikle yangın çıkışına ve yangın merdivenlerine ulaşımı engelleyen çizim bileşenleri kaldırılmış, yeni CAD çizimleri ile yeni kat planları oluşturulmuştur. Daha sonra sadece yangın çıkışının ulaşılabilir olduğu yangın çıkışı uzaklık haritası oluşturulmuş ve hesaplanmıştır.

Bütün katlardaki D bloktaki kişilerin karakteristikleri, yangın çıkışı uzaklık haritasını kullanacakları şekilde güncellenmiştir. Diğer kişilerin karakteristikleri de standart uzaklık haritasını kullanacakları şekilde güncellenmiştir. Böylece D bloktaki kişiler yangın çıkışından çıkarak binayı terk edecekken diğer kişiler de kendilerine en yakın çıkışı kullanacaklardır.

6.3.4 Senaryo 4:

Turnikeli, Yangın Çıkışı Açık, 2 (t+y+2): Zemin kat ve 1. kattaki kişiler öğrenci çıkışını, 2.kat ve dekanlık binasındaki kişiler personel çıkışını, diğer kişiler yangın çıkışını kullansın.

Bu senaryoda zemin kat ve birinci kattaki kişilerin öğrenci çıkışını; ikinci kat ve dekanlık binasındaki kişilerin personel çıkışını; üç, dört ve beşinci kattaki kişilerin de yangın çıkışını kullanarak binayı terk etmesi sağlanmıştır. Kişilerin bu şekilde yönlendirilmesi ile toplam tahliye süresindeki değişme gözlenmek istenmiştir.

Senaryonun oluşturulması için sadece öğrenci çıkışının, sadece personel çıkışının ve sadece yangın çıkışının ulaşılabilir olduğu uzaklık haritaları hesaplanmıştır. Zemin kattaki ve birinci kattaki kişilerin karakteristikleri öğrenci çıkışını, ikinci kattaki ve dekanlık binasındaki kişilerin karakteristikleri personel çıkışını ve diğer kişilerin karakteristikleri de yangın çıkışını kullanacakları şekilde güncellenmiştir.

6.3.5 Senaryo 5:

Turnikeli, Yangın Çıkışı Açık, 3 (t+y+3): Bütün öğrenciler öğrenci çıkışını diğer kişiler kendilerine en yakın olan çıkışı kullansın.

Bu senaryoda da bütün öğrenciler öğrenci çıkışına yönlendirilmiş, diğer kişiler kendilerine en yakın çıkışı seçebilmeleri için serbest bırakılmıştır.

Senaryonun oluşturulması için sadece öğrenci çıkışının ulaşılabilir olduğu öğrenci çıkışı uzaklık haritası hesaplanmıştır.

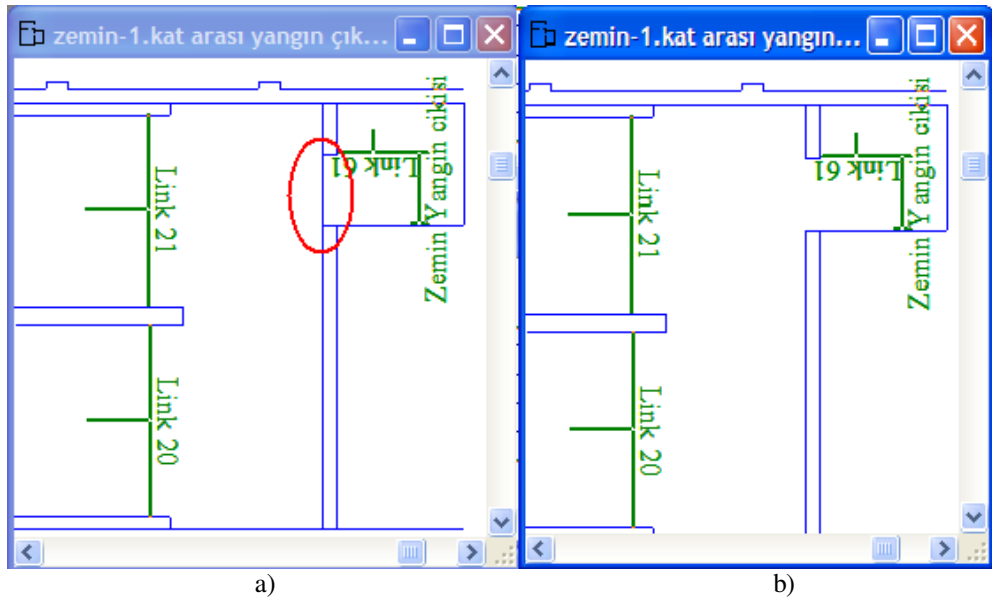
Bina içindeki tüm öğrencilerin karakteristikleri, öğrenci çıkışını kullanarak binayı terk etmelerini sağlayacak şekilde; diğer kişilerin karakteristikleri de standart uzaklık haritasını kullanacakları şekilde güncellenmiştir.

Şekil 6.8’de turnikelerin eklenmiş ve eklenmemiş olduğu kat planları, Şekil 6.9’da yangın çıkışının açık ve kapalı olduğu kat planları gösterilmiştir.



Şekil 6.8: a) Turnikelerin olduğu durumda dekanlık zemin kat planı

b) Turnikelerin olmadığı durumda dekanlık zemin kat planı



Şekil 6.9: a) Yangın çıkışının kapalı olduğu kat planı

b) Yangın çıkışının açık olduğu kat planı

Turnikelerin olduğu durum için hazırlanan bu beş senaryo CAD çizimlerinden turnikeler çıkarılıp yeni kat planları oluşturularak turnikelerin olmadığı durumlar için de hazırlanmıştır. Turnikelerin olmadığı durumdaki senaryoların hazırlanması için de aynı çalışmalar yapıldığı için burada yeniden anlatılmayacaktır. Bir sonraki bölümde bu senaryoların simülasyonunun yapılmasıyla elde edilen sonuçlar anlatılacaktır.

6.4 Simülasyon Senaryolarından Elde Edilen Sonuçlar

Bu bölümde öncelikle tüm senaryolardan elde edilen toplam tahliye süreleri verilecek, daha sonra tahliye sürelerinin ve çıkışlarla bağlantı noktalarında oluşan yığılmaların karşılaştırması sunulacaktır. Çizelge 6.9 tüm senaryolar için toplam tahliye sürelerini vermektedir.

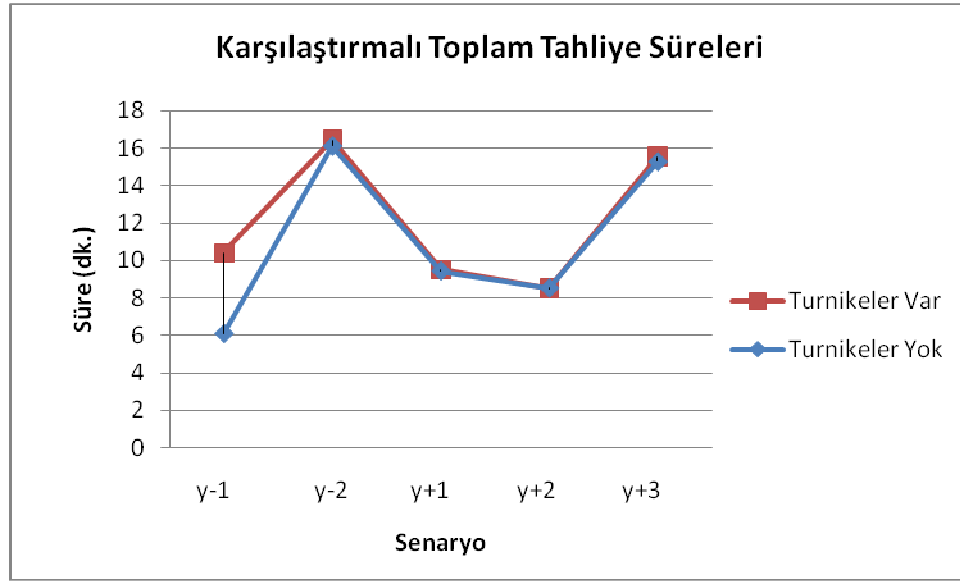
Çizelge 6.9 : Tüm senaryolar için toplam tahliye süreleri

	Senaryo	Süre (dk.)
Turnikelerin Olduğu Durum	y-1	10,39
	y-2	16,43*
	y+1	9,49
	y+2	8,49*
	y+3	15,52
Turnikelerin Olmadığı Durum	y-1	6,08*
	y-2	16,13*
	y+1	9,44
	y+2	8,52
	y+3	15,29

*: En yüksek tahliye süresi

*: En düşük tahliye süresi

Çizelge incelendiğinde turnikelerin olduğu ve olmadığı durumlar için toplam tahliye sürelerinin paralellik gösterdiği görülmektedir. Tüm senaryolar turnikelerin olmadığı durumda daha düşük tahliye süresi ile sonuçlanırken en düşük tahliye süresi de turnikelerin olmadığı durumda yangın çıkışının kapalı olduğu birinci senaryo ile elde edilmiştir. Bu senaryoda üretilen 6,08 dakika toplam tahliye süresi, diğer senaryolarda üretilen toplam tahliye sürelerinden oldukça düşüktür. Senaryolar için toplam tahliye sürelerinin karşılaştırıldığı grafik Şekil 6.10'da verilmiştir.



Şekil 6.10: Tüm senaryolar için karşılaştırmalı toplam tahliye süreleri

Şekilden de görüleceği üzere y-1 senaryosu (yangın çıkışı kapalı birinci senaryo) hariç tüm senaryolar turnikelerin olduğu ve olmadığı durumda birbirlerine çok yakın tahliye süreleri ile sonuçlanmıştır. Dolayısıyla bu senaryolar için toplam tahliye süresi açısından çıkışların önündeki turnikelerin çok büyük bir öneme sahip olmadığı sonucu çıkarılabilir. Bu ise bu senaryolarda toplam tahliye süresinin daha yüksek olmasının çıkışlarda oluşan yığılmalardan değil, çıkışlara gelene kadar merdivenlerde veya bağlantı noktalarında oluşan yığılmalardan kaynaklandığı sonucunu vermektedir.

Turnikeli ve turnikesiz durumlarda y-1 senaryosunda ise turnikelerin toplam tahliye süresine etkisi dört dakikadan fazla olmuştur. Buna göre bina içinde bağlantı noktalarında veya merdivenlerde diğer senaryolardaki kadar çok yığılma olmamış, insanlar çıkışlara gelemeden turnikelerde yoğunluk yaşanmıştır denebilir.

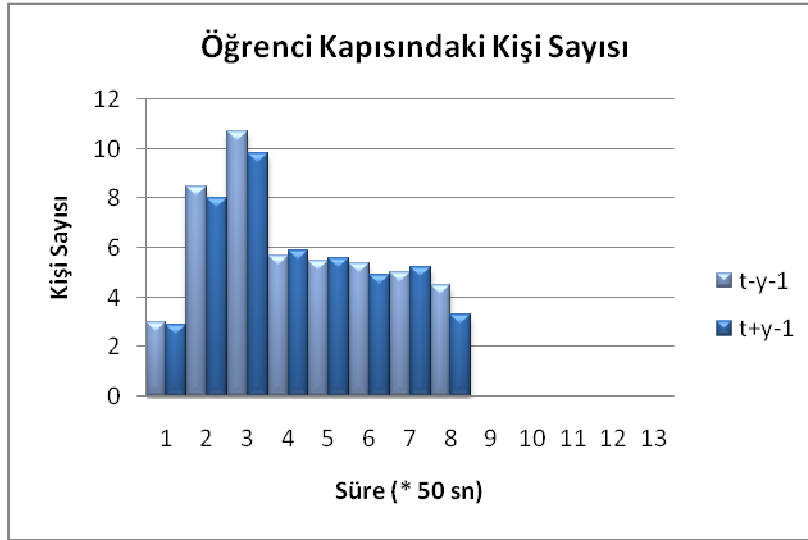
Simülasyon boyunca hangi noktalarda yığılmalar olduğu bilgisine ulaşmak için model görsel olarak takip edilmiş ve ayrıca simülasyon bitiminde programın verdiği sonuç dosyasındaki veriler incelenmiştir. Programın ürettiği sonuç dosyasında beş saniye aralıklarla tüm çıkışlarda ve bağlantı noktalarında bulunan kişi sayısı bulunmaktadır. Sonuçları analiz edebilmek amacıyla bu dosyadan alınan veriler elli saniyelik aralıklara göre düzenlenmiş ve grafikleri hazırlanmıştır. Aşağıda sırasıyla tüm senaryolar için turnikeli ve turnikesiz durumlarda çıkışlardaki kişi sayılarını gösteren grafikler sunulmuştur.

6.5 Çıkışlarda Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

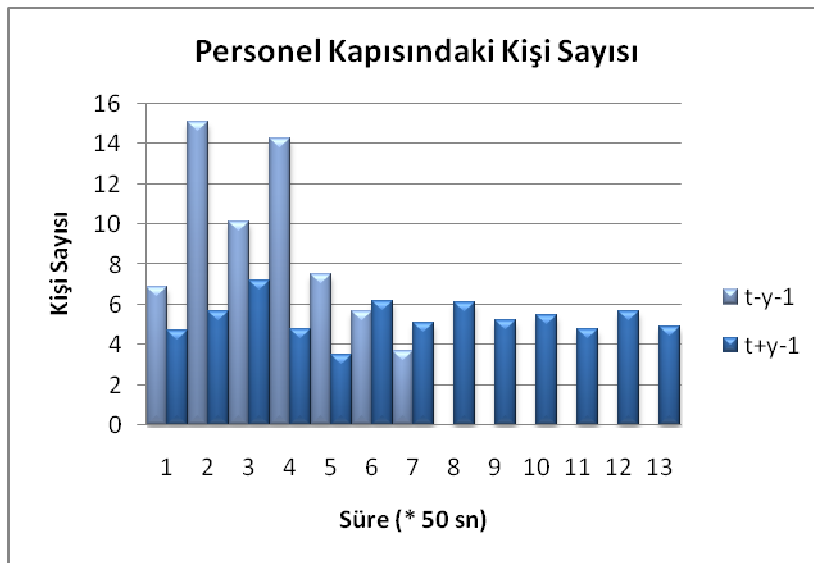
6.5.1 Senaryo 1:

Yangın Çıkışı Kapalı, 1(y-1): 2, 3, 4 ve 5. kattaki kişiler ile dekanlık binasındaki kişiler personel çıkışını, diğer kişiler öğrenci çıkışını kullansın.

Bu senaryonun turnikeli ve turnikesiz durumlarda simülasyonu ile elde edilen toplam tahliye süreleri 10.39.01 ve 6.08 dakika olarak gerçekleşmiştir. Turnikesiz durumda elde edilen sonucun tüm senaryolar içinde en düşük tahliye süresi olduğuna dikkat edilmelidir. Şekil 6.11 ve Şekil 6.12 iki çıkışın açık olduğu bu senaryo için çıkışlardaki kişi sayısını zaman bağı olarak sunmaktadır.



Şekil 6.11: Senaryo bir için öğrenci çıkışındaki kişi sayıları

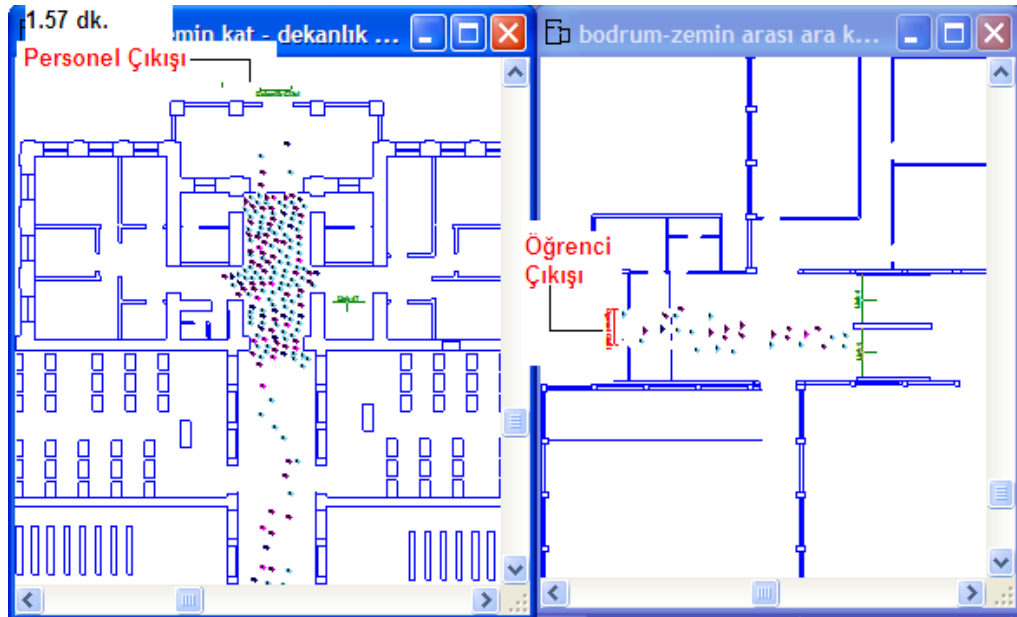


Şekil 6.12: Senaryo bir için personel çıkışındaki kişi sayıları

Şekil 6.11’den iki senaryo için de simülasyonun 400. saniyesinden sonra öğrenci çıkışında hiç kimsenin kalmadığı görülmektedir. Turnikelerin olmadığı durumda 368. saniyede tüm binanın boşaldığını dikkate alırsak bu saniyeden sonra personel çıkışında da kimsenin kalmamış olduğunu anlıyoruz. Şekil 6.12’deki grafikte de bu durum görülmektedir. 400. saniyeden sonra turnikesiz durumda personel çıkışında kimse kalmamışken turnikeli durumda 650. saniyeye kadar her zaman aralığında 5’den fazla kişi bulunmaktadır.

İlk dört zaman periyodunda turnikesiz durumda öğrenci ve personel çıkışlarında turnikeli duruma göre daha fazla kişi bulunması da insanların çıkışlara daha çabuk ulaştığının göstergesidir. Dikkat edilecek bir diğer nokta da turnikesiz durumda personel çıkışında ikinci zaman aralığında 15 kişinin olmasıdır. Tahliye boyunca bir izdiham ortamının oluşması da istenmeyen bir durum olduğu için bir anda en fazla kaç kişinin bulunduğuna dikkat edilmelidir.

Simülasyon sırasında personel çıkışı ve öğrenci çıkışından alınan ekran görüntüleri Şekil 6.13’de verilmiştir.

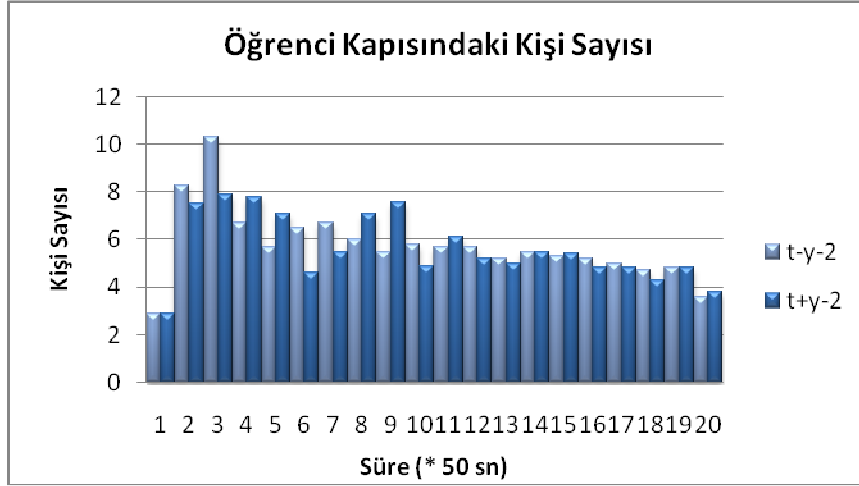


Şekil 6.13: Senaryo birin 1.57’nci dakikasında iki çıkıştan alınmış
ekran görüntüsü

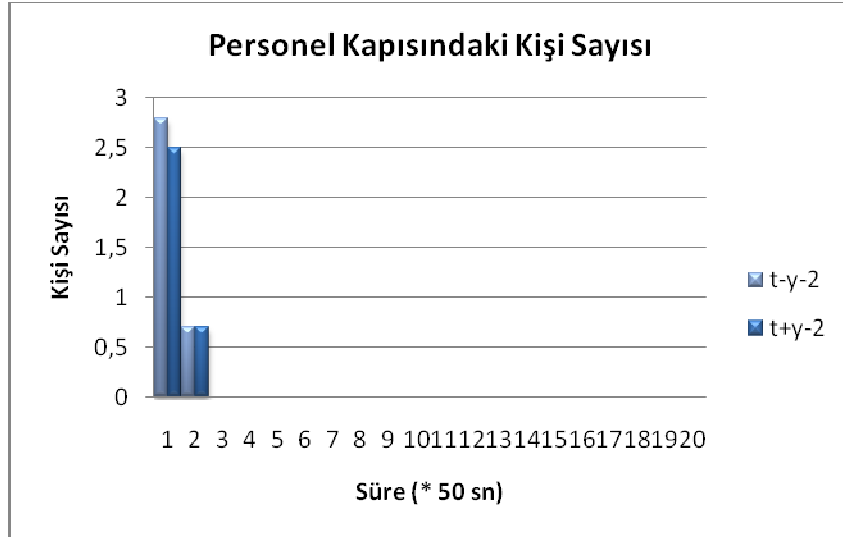
6.5.2 Senaryo 2:

Yangın Çıkışı Kapalı, 2 (y-2): Bütün öğrenciler öğrenci çıkışını diğer kişiler kendilerine en yakın olan çıkışı kullansın.

Bu senaryonun turnikeli ve turnikesiz durumlarda simülasyonu ile elde edilen toplam tahliye süreleri 16.43 ve 16.13 dakika olarak gerçekleşmiştir. Turnikeli ve turnikesiz durumlarda üretilen tahliye sürelerinin birbirlerine çok yakın olması dikkat çekicidir. Şekil 6.14 ve Şekil 6.15’deki grafiklerde öğrenci çıkışı ve personel çıkışındaki kişi sayıları her iki durum için de verilmiştir. Zaman aralıklarına bağlı olarak kişi sayılarının paralel olduğu görülmektedir.

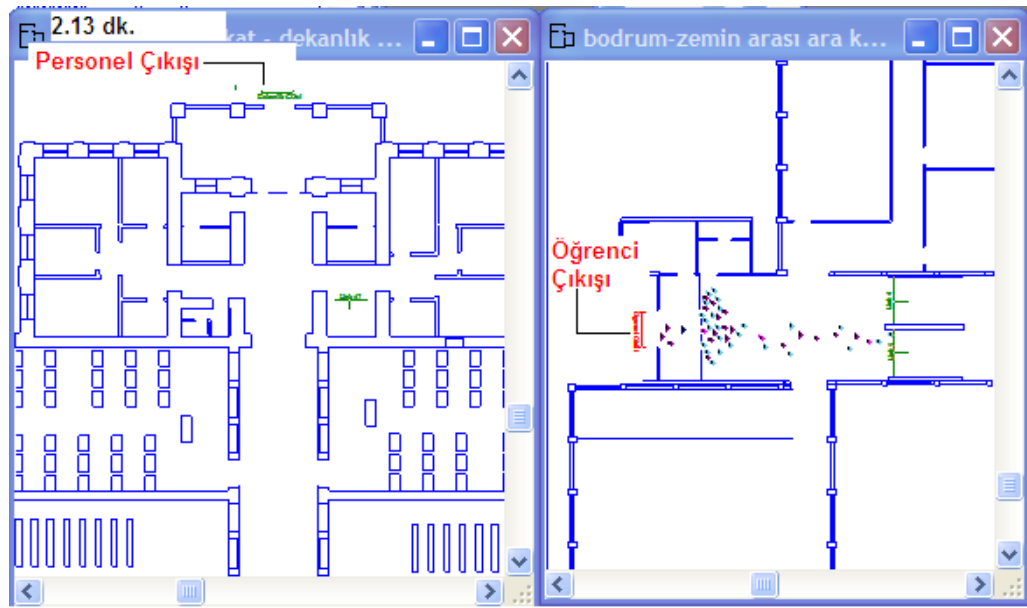


Şekil 6.14: Senaryo iki için öğrenci çıkışındaki kişi sayıları



Şekil 6.15: Senaryo iki için personel çıkışındaki kişi sayıları

Şekil 6.14 ve Şekil 6.15 birlikte değerlendirildiğinde en çok göze çarpan nokta öğrenci çıkışının çok yoğun, personel çıkışının ise çok boş olmasıdır. İkinci zaman diliminden sonra her iki durumda da personel çıkışından hiç kimse geçmemişken, öğrenci çıkışının tahliye boyunca çok yoğun olduğu görülmektedir. Çıkışların optimum seviyede kullanılması gerektiğini düşünürsek acil durum planı için böyle bir yönlendirmenin uygun olmayacağını söyleyebiliriz. Ancak tüm öğrencilerde alışkın oldukları çıkışa yönelme eğilimi olabilecektir, bu eğilimi iyi bir acil durum planı ile önleyecek düzenlemeler yapılmalıdır. Simülasyon sırasında personel çıkışı ve öğrenci çıkışından alınan ekran görüntüleri Şekil 6.16’da verilmiştir.



Şekil 6.16: Senaryo ikinin 2.13’üncü dakikasında iki çıkıştan alınmış ekran görüntüsü

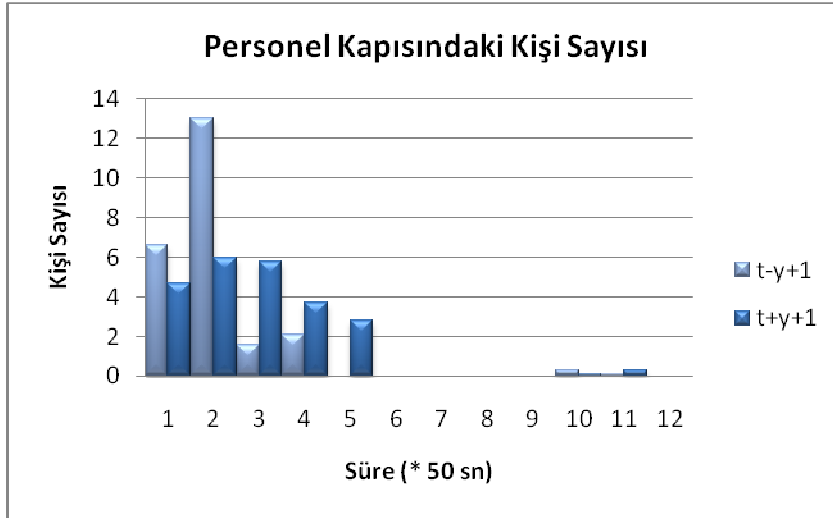
6.5.3 Senaryo 3:

Yangın Çıkışı Açık, 1 (y+1): Tüm katlarda D bloktaki kişiler yangın çıkışını, diğer kişiler kendilerine en yakın çıkışı kullansın.

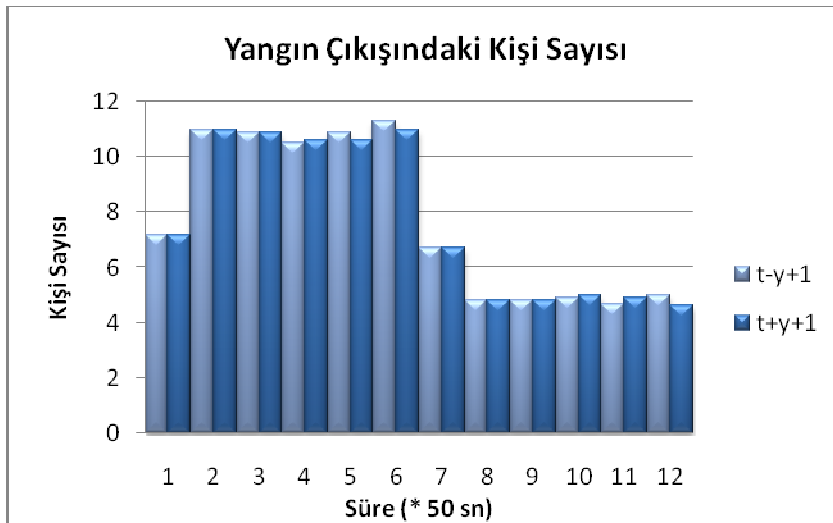
Bu senaryonun turnikeli ve turnikesiz durumlarda simülasyonu ile elde edilen toplam tahliye süreleri 9.49 ve 9.44 dakika olarak gerçekleşmiştir. Bu senaryo için de turnikeli ve turnikesiz durumlarda hesaplanan toplam tahliye süreleri birbirine çok yakındır. Bu duruma uygun olacak şekilde çıkışlardaki kişi sayıları da zaman aralıklarına bağlı olarak birbirine çok yakın gerçekleşmiştir. Şekil 6.17, Şekil 6.18 ve Şekil 6.19’da her çıkıştaki kişi sayıları verilmiştir.



Şekil 6.17: Senaryo üç için öğrenci çıkışındaki kişi sayıları



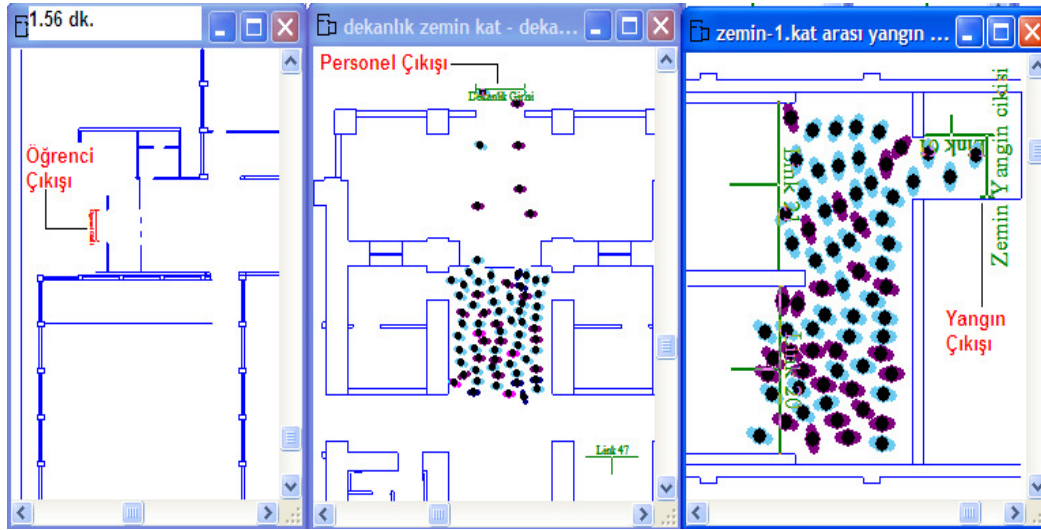
Şekil 6.18: Senaryo üç için personel çıkışındaki kişi sayıları



Şekil 6.19: Senaryo üç için yangın çıkışındaki kişi sayıları

Bu senaryo için de turnikeli ve turnikesiz durumlarda çıkışlardaki kişi sayısı paralel gerçekleşmiştir. Tahliye süresinin uzunluğunu belirleyen faktörün yangın çıkışındaki yığılma oldu grafiklerden görülmektedir. Diğer çıkışlarda kimse olmamasına rağmen yangın çıkışında son altı zaman periyodunda da yoğunluk yaşanmıştır.

Çıkışlarda meydana gelen yığılmaları göstermesi açısından bu grafikler incelendiğinde personel çıkışında en fazla 13, yangın çıkışında da en fazla 11 kişi bulunduğu görülmektedir. Yangın çıkışının genişliğinin 100 santimetre olduğu dikkate alındığında 11 kişinin aynı anda yangın çıkışında bulunması tam bir izdihamdır denebilir. Üstelik yangın çıkışındaki 11 kişilik yoğunluk 250 saniye boyunca devam etmiştir. Şekil 6.18’de üç çıkışın da simülasyon sırasında alınmış ekran görüntüleri verilmiştir.

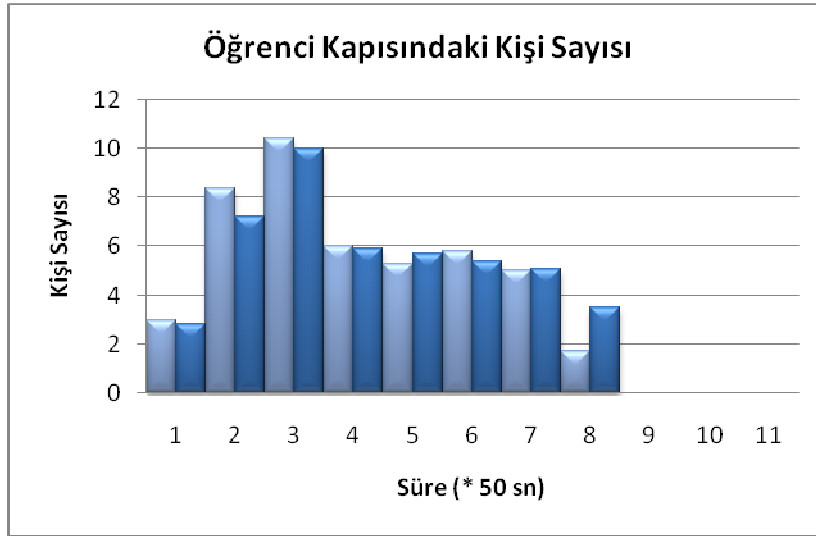


Şekil 6.20: Senaryo için 1.56’ncı dakikasında üç çıkıştan alınmış
ekran görüntüsü

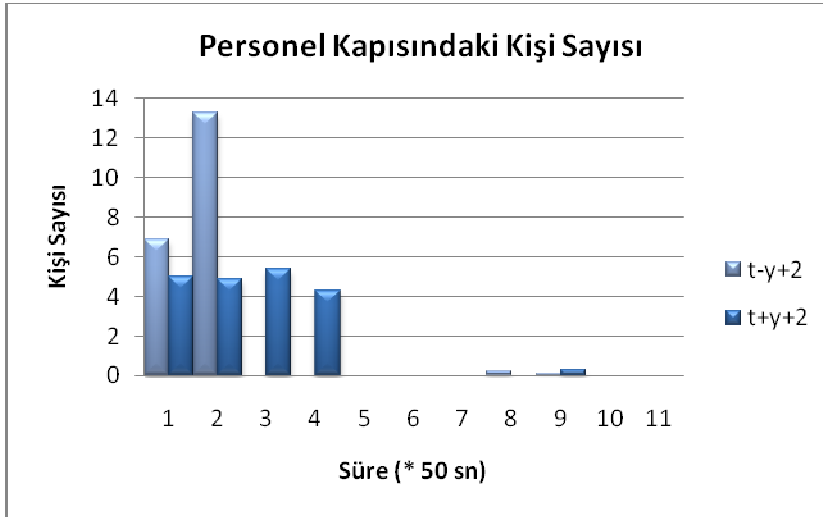
6.5.4 Senaryo 4:

Yangın Çıkışı Açık, 2 (y+2): Zemin kat ve 1. kattaki kişiler öğrenci çıkışını, dekanlık binasındaki kişiler personel çıkışını, diğer kişiler yangın çıkışını kullansın.

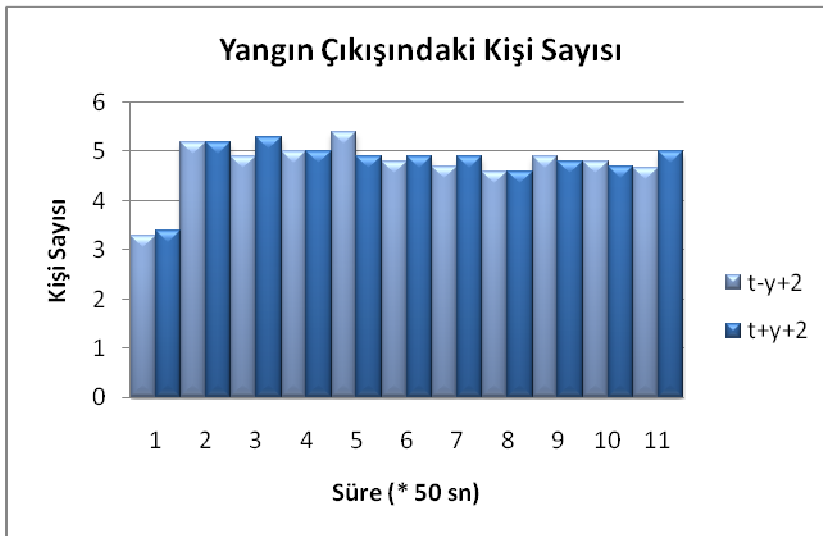
Bu senaryonun turnikeli ve turnikesiz durumlarda simülasyonu ile elde edilen toplam tahliye süreleri 8.49 ve 8.52 dakika olarak gerçekleşmiştir. Bu senaryo için de turnikeli ve turnikesiz durumlarda hesaplanan toplam tahliye süreleri birbirine çok yakındır. Bu duruma uygun olacak şekilde çıkışlardaki kişi sayıları da zaman aralıklarına bağlı olarak birbirine çok yakın gerçekleşmiştir. Şekil 6.21, Şekil 6.22 ve Şekil 6.23’de her çıkıştaki kişi sayıları verilmiştir.



Şekil 6.21: Senaryo dört için öğrenci çıkışındaki kişi sayıları

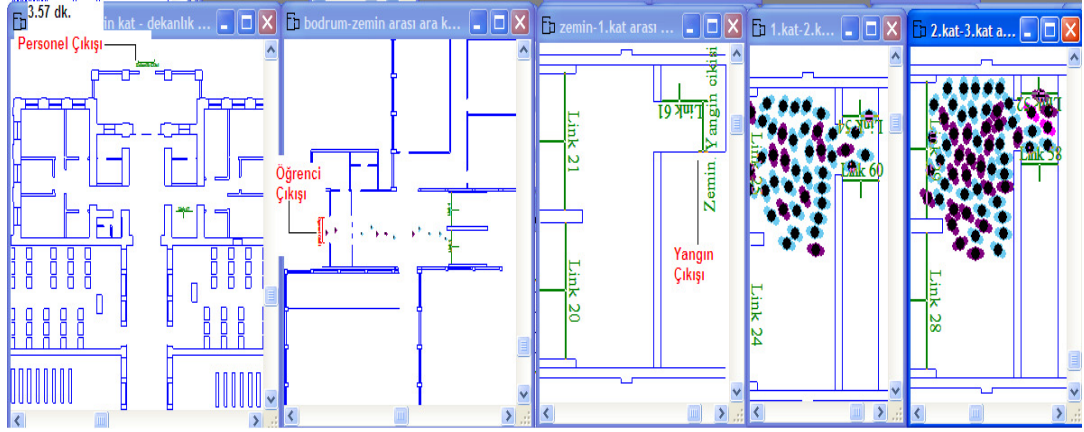


Şekil 6.22: Senaryo dört için personel çıkışındaki kişi sayıları



Şekil 6.23: Senaryo dört için yangın çıkışındaki kişi sayıları

Çıkışlardaki kişi sayıları turnikeli ve turnikesiz durumlar için paralel gerçekleşmiş, toplam tahliye süresini belirleyen öncelikli faktör, yangın çıkışında yaşanan yoğunluk olmuştur. Burada dikkat edilmesi gereken nokta yoğunluğun tam olarak yangın çıkışında değil, yangın çıkışına gidilen yol üzerinde bulunan bağlantılarda yaşanmış olmasıdır. Şekil 6.23’de tüm çıkışların ve yangın çıkışına gitmek için kullanılan bağlantıların ekran görüntüleri verilmiştir.

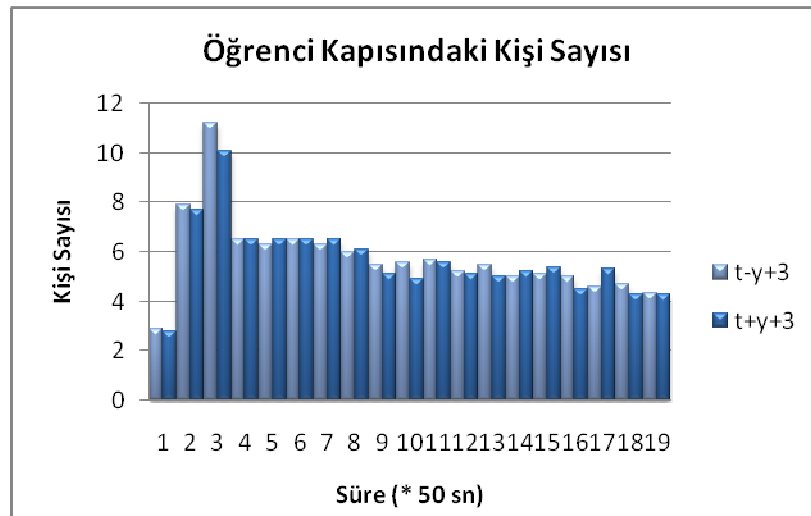


Şekil 6.24: Senaryo dördün 3.57’nci dakikasında alınmış ekran görüntüleri

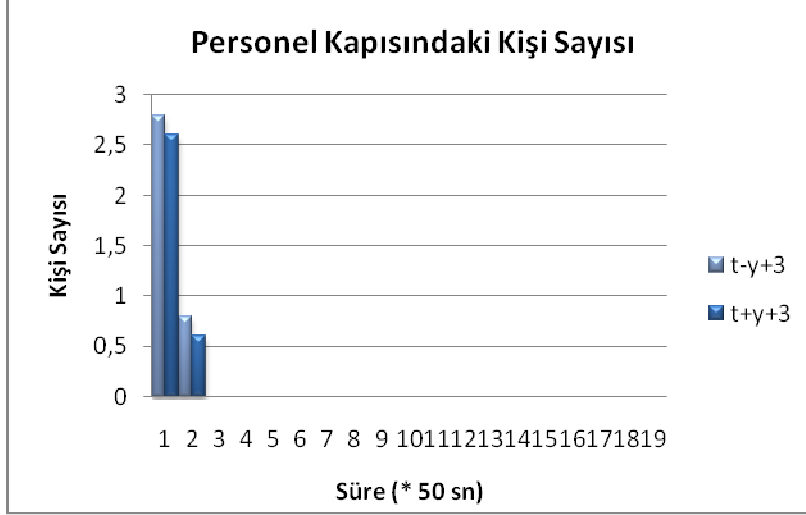
6.5.5 Senaryo 5:

Yangın Çıkışı Açık, 3 (y+3): Bütün öğrenciler öğrenci çıkışını diğer kişiler kendilerine en yakın olan çıkışı kullansın.

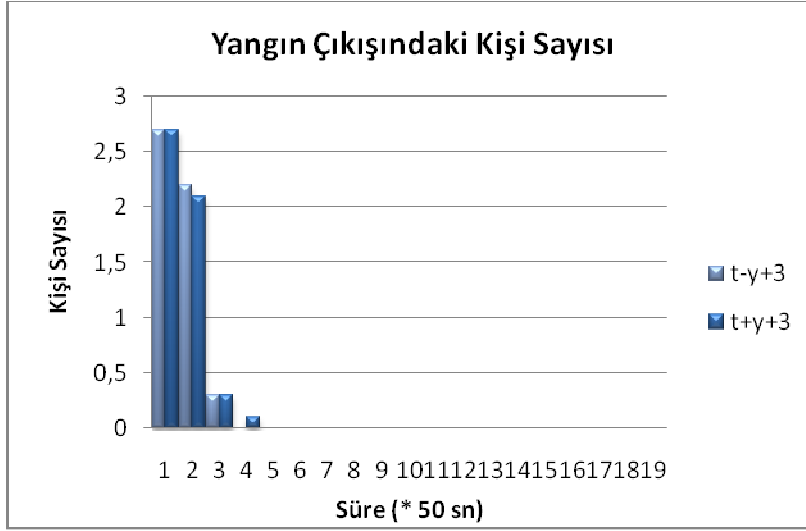
Bu senaryonun turnikeli ve turnikesiz durumlarda simülasyonu ile elde edilen toplam tahliye süreleri 15.52 ve 15.29 dakika olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 6.25: Senaryo beş için öğrenci çıkışındaki kişi sayıları

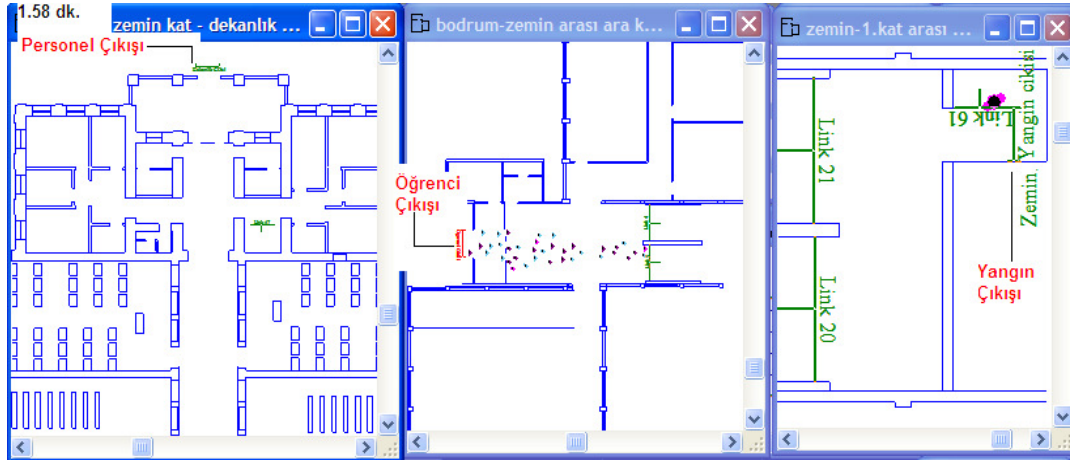


Şekil 6.26: Senaryo beş için personel çıkışındaki kişi sayıları



Şekil 6.27: Senaryo beş için yangın çıkışındaki kişi sayıları

Şekil 6.25, Şekil 6.26 ve Şekil 6.27 birlikte değerlendirildiğinde en çok göze çarpan nokta öğrenci çıkışının çok yoğun, personel çıkışının ve yangın çıkışının ise çok boş olmasıdır. Bu senaryoda da sadece bir çıkış yoğun olarak kullanılmış, diğer çıkışlar tahliye bitinceye kadar büyük ölçüde boş kalmıştır. Bu durum senaryonun kalabalığı tüm çıkışlara dağıtacak şekilde gözden geçirilmesi gerektiğini göstermektedir. Şekil 6.28’de simülasyon sırasında üç çıkıştan alınmış ekran görüntüsü verilmiştir.

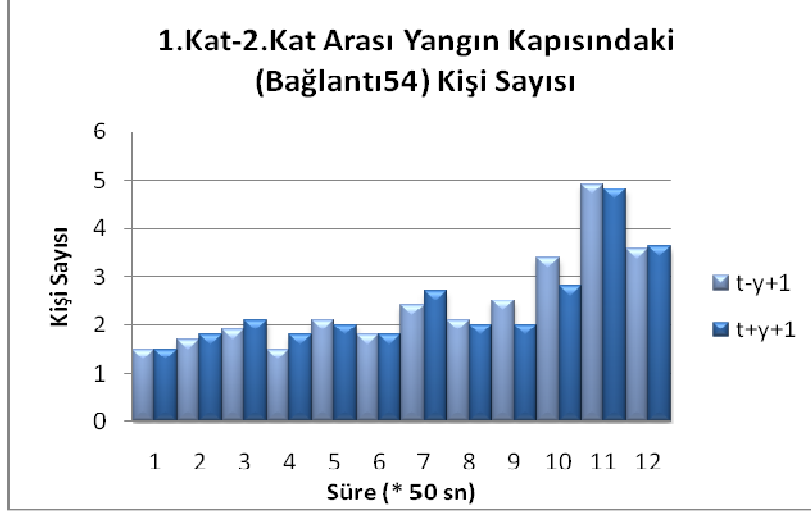


Şekil 6.28: Senaryo beşin 1.58'nci dakikasında üç çıkıştan alınmış ekran görüntüsü

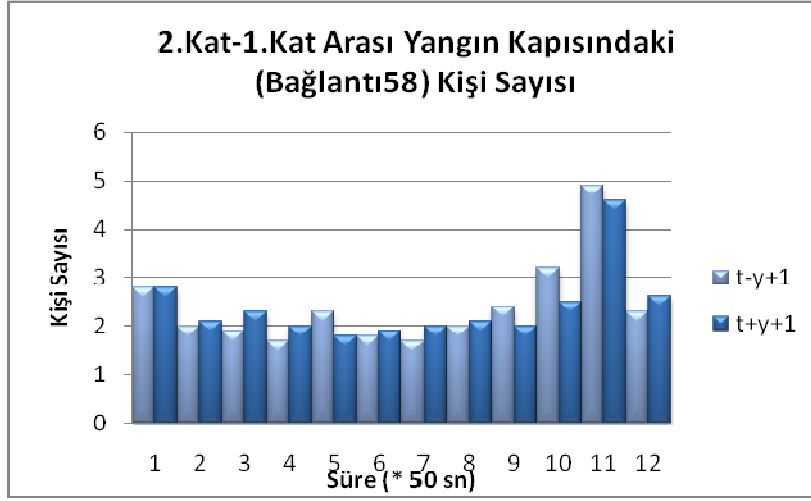
6.6 Bağlantı Noktalarında Simülasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Simülasyon sonuçları ile hangi senaryonun ne kadar sürede tahliye sağladığı elde edilmiş ve çıkışlardaki kişi sayıları incelenmiştir. Bu bölümde bağlantı noktalarında ve bina içerisinde tıkanıklık oluşan noktalara değinilecektir.

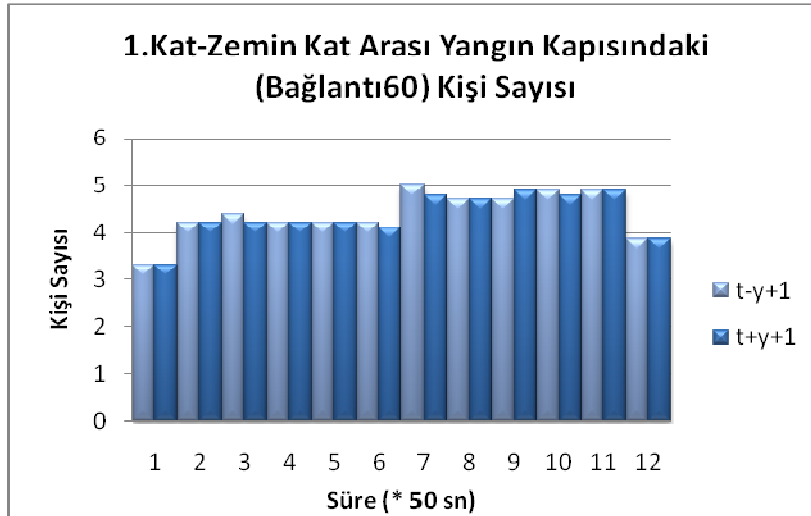
Özellikle senaryo üç ve senaryo dörtte toplam tahliye süresinin yükselmesine bina içindeki tıkanık noktaların neden olduğu görülmüştür. Çıkışlarda herhangi bir tıkanıklık olmamasına rağmen binanın tahliyesinin tamamlanamaması insanların çıkışlara ulaşamadığını göstermektedir. Simülasyon sonuç dosyaları incelendiğinde senaryo üç ve senaryo dördün tıkanık bağlantı noktaları ve bu noktalardaki kişi sayısı açısından benzerlik gösterdiği görülmüştür. Şekil 6.29, Şekil 6.30, Şekil 6.31 ve Şekil 6.32'de senaryo üç için dört adet bağlantı noktasındaki kişi sayıları zamana bağlı olarak verilmiştir. Bu bağlantı noktaları simülasyon sırasında en yoğun olduğu gözlenen bağlantı noktalarıdır. Senaryo dörtteki durumla yüksek benzerlik göstermesi sebebiyle sadece senaryo üçe ait grafikler verilecektir.



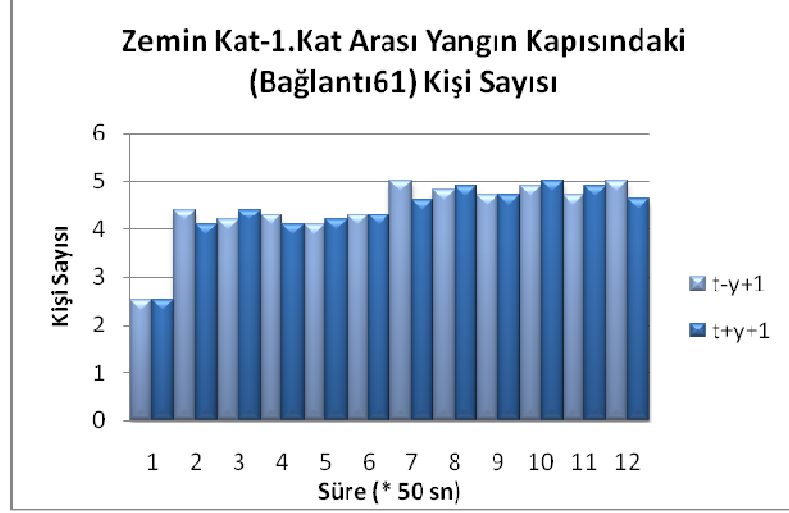
Şekil 6.29: Senaryo üç bağlantı 54 kişi sayıları



Şekil 6.30: Senaryo üç bağlantı 58 kişi sayıları

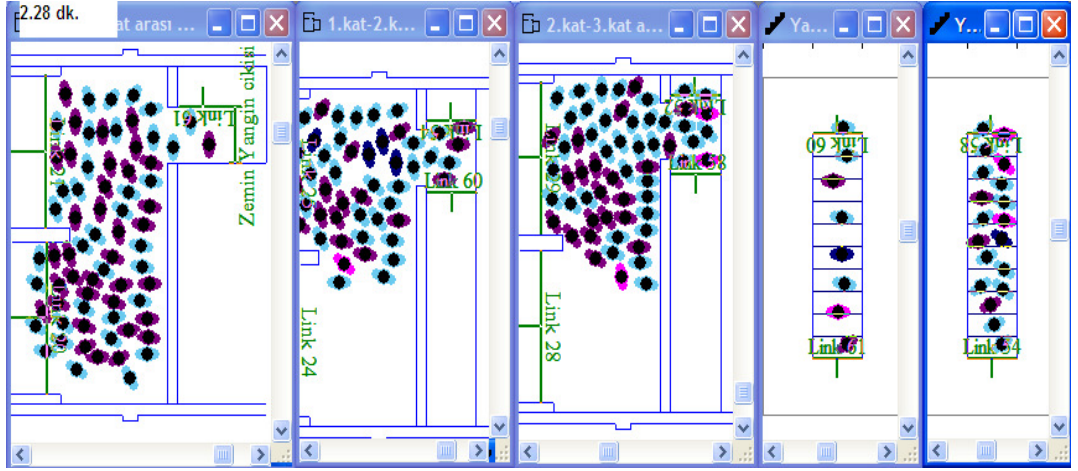


Şekil 6.31: Senaryo üç bağlantı 60 kişi sayıları



Şekil 6.32: Senaryo üç bağlantı 61 kişi sayıları

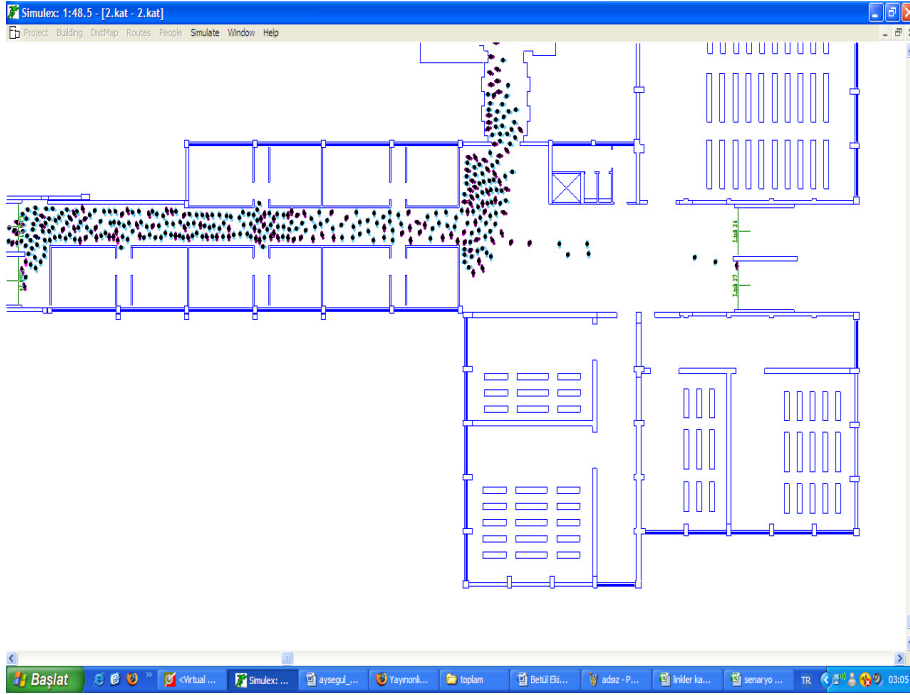
Grafiklerden görüleceği gibi bu bağlantı noktalarında tahliye tamamlanana kadar sürekli bir yığılma olmuştur. En yüksek kişi sayısının 5 veya 6 olması kişi yoğunluğunun çok yüksek olmadığı şeklinde yorumlanmamalıdır. Bu bilgi kişilerin bulunduğu alanın büyüklüğü bilgisi ile daha anlamlı hale gelecektir. Bu bağlantı noktalarının yangın merdivenleri üzerinde olduğuna ve yangın merdiveninin genişliğinin 100 santimetre olduğuna dikkat edilmelidir. Şekil 6.33’de bağlantı 54, 58, 60 ve 61 için simülasyon devam ederken alınmış ekran görüntüleri sunulmuştur.



Şekil 6.33: Senaryo için 2.28’nci dakikasından ekran görüntüsü

Şekilden de görüldüğü gibi bu alanlarda ciddi bir yoğunluk söz konusudur. Gerçek bir tahliye esnasında bu kalabalık arasında düşen, yaralanan insanların olabileceği gerçektir. Dolayısıyla senaryo üç ve senaryo dördün ideal senaryolar olmadığı söylenebilir.

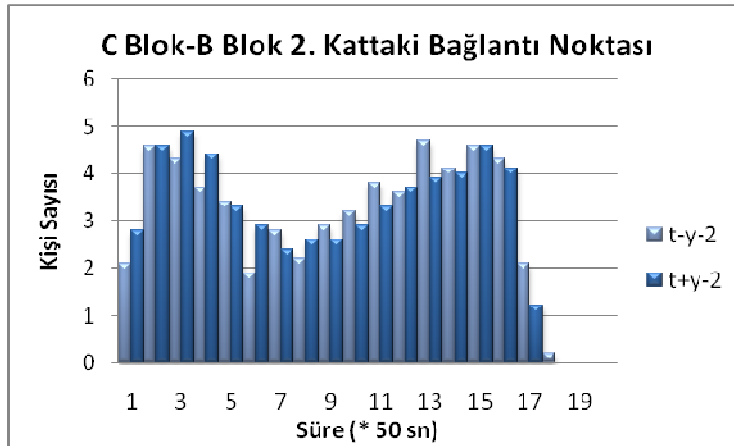
Ayrıca tüm öğrencilerin öğrenci çıkışından binayı terk edeceği varsayılan senaryo iki ve senaryo beşte de bina içinde bazı noktalarda tıkanıklıklar meydana gelmiştir.



Şekil 6.34: Senaryo ikinin 1.48'nci dakikasından ekran görüntüsü

Şekilden de görüldüğü gibi ikinci kat C blokta ciddi bir yoğunluk oluşmaktadır. Öğretim üyelerinin odalarının bulunduğu koridorun girişinde kişiler yığılmış ve o noktada bir tıkanıklık oluşmuştur.

Koridordan geçen öğrenciler bağlantı 14'ü geçerek öğrenci çıkışından binayı terk etmeye çalışmaktadırlar. Burada meydana gelen tıkanıklığı ölçebilmek için bağlantı 14 de kişi sayısının zaman göre değişimini izlemek anlamlıdır. Şekil 6.35'de bağlantı 14'deki kişi sayısının zamana göre değişimi sunulmuştur.



Şekil 6.35: Senaryo iki bağlantı 14 kişi sayıları

Şekilden de görüldüğü gibi simülasyon boyunca bağlantı 14’de bir yoğunluk yaşanmaktadır. Bu yoğunluk bağlantı 14’ün bağlı olduğu merdivende de yaşanmakta ve bu merdivenden alt katlara doğru yansımaktadır.

Bağlantı noktalarında, merdivenlerde ve C blokta yaşanan yoğunluklar dikkate alındığında senaryo iki ve senaryo beşin de ideal senaryolar olmadığı söylenebilir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada acil durum tahliye simülasyonları incelenmiş, İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi Binası'nın acil durum tahliye simülasyonu yapılmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle geniş bir literatür taraması yapılmış, daha önce yapılmış çalışmalar incelenmiştir. İşletme Fakültesi'nin simülasyonunu yapabilmek için ilk olarak nasıl bir simülasyon yaklaşımı sergileneceği belirlenmiştir.

Farklı simülasyon programları içerisinde çalışmanın amacına en uygun olan, güvenilirliği ispatlanmış ve tedarik edilme gücüne olmayan Simulex seçilerek çalışmaya yön verilmiştir. Simulex'te model kurma, modeli çalıştırma ve sonuçları yorumlama gibi bilgiler edinildikten sonra model için gerekli işlemler aşama aşama yerine getirilmiştir. Öncelikle fakülte binasına ait AutoCad çizimleri elde edilmiş, bu çizimler yorumlanarak binanın yapısı tüm ayrıntılarıyla öğrenilmiştir. AutoCad çizimleri Simulex'te kat planlarına dönüştürülmüş, sınıflardaki sıra sayıları ve ölçüleri hesaplanarak sıralar kat planlarına eklenmiş, katlar arasındaki merdiven ve bağlantılar ile binadaki çıkışlar tanımlanmıştır. Binada kaç kişi olacağı da belirlendikten sonra kişiler de tanımlanarak model oluşturulmuştur. Alternatif simülasyon senaryoları hazırlanmış, bu senaryoların sonuçları değerlendirilmiştir.

Alternatif senaryolar için toplam tahliye süreleri karşılaştırılarak en düşük toplam tahliye süresine sahip senaryo belirlenmiştir. Her senaryo için 50 saniyelik aralıklarla çıkışlardaki kişi sayısı incelenmiştir. Buradan yola çıkarak bina içinde hangi alanlarda tıkanıklıklar ve yoğunluklar yaşandığı tespit edilmiştir. Buna göre;

En yüksek tahliye süresi: 16.43 dakika olarak “Turnikeli Yangın Çıkışı Kapalı 2” (t+y-2) senaryosundan elde edilmiştir. Bu senaryoda öğrenci ve personel çıkışlarından önce turnikelerin olduğu ve yangın çıkışının kapalı olduğu varsayılmıştır. Tüm öğrencilerin öğrenci çıkışını kullanarak, diğer kişilerin de kendilerine en yakın çıkışı kullanarak binayı terk edecekleri düşünülmüştür.

16.13 dakika, 15.52 dakika ve 15.29 dakika toplam tahliye sürelerinin elde edildiği t+y-2, t+y+3 ve t-y+3 senaryoları da yüksek tahliye sürelerinin elde edildiği senaryolardır. Bu üç senaryoda da tüm öğrencilerin öğrenci çıkışı kullanarak binayı terk edecekleri varsayılmıştır. Dolayısıyla en yüksek dört tahliye süresi öğrencilerin tamamının öğrenci çıkışına yönelmesi sonucu oluşmuştur denebilir.

En düşük tahliye süresi: 6.08 dakika olarak “Turnikesiz Yangın Çıkışı Kapalı 1” (t-y-1) senaryosundan elde edilmiştir. Bu senaryoda öğrenci ve personel çıkışlarından önce turnikelerin bulunmadığı ve yangın çıkışının kapalı olduğu varsayılmıştır. 2, 3, 4 ve 5. katlardaki kişiler ile dekanlık binasındaki kişilerin personel çıkışını kullanarak; bodrum, zemin ve 1. Kattaki kişilerin de öğrenci çıkışını kullanarak binayı terk edecekleri düşünülmüştür.

8.49 dakika ve 8.52 dakika toplam tahliye sürelerinin elde edildiği t+y+2 ve t-y+2 senaryoları da düşük tahliye sürelerinin elde edildiği senaryolardır. Bu senaryolarda turnikeli ve turnikesiz durumlarda zemin kat ve 1. kattaki kişilerin öğrenci çıkışını, dekanlık binasındaki kişilerin personel çıkışını, diğer kişilerin de yangın çıkışını kullanacağı varsayılmıştır.

Tüm senaryolardan elde edilen sonuçlar birarada değerlendirildiğinde bina içerisindeki kişilerin çıkışlara dengeli bir şekilde yönlendirilmesinin çok önemli olduğu sonucu çıkmaktadır. Yangın çıkışının kapalı olduğu senaryolardan birinin en düşük tahliye süresiyle sonuçlanması; en kısa sürede tahliyeyi tamamlamak için kişilerin doğru yönlendirilmesinin binadaki çıkış sayısından önemli olduğunu göstermektedir.

Öğrenci çıkışı ve personel çıkışı öncesinde yer alan turnikelerin genel olarak senaryolar arasında ciddi bir farka neden olmadığı görülmüştür. En düşük tahliye süresinin elde edildiği senaryo hariç diğer tüm senaryolar, turnikeli ve turnikesiz durumlar için birbirine çok yakın tahliye süreleri ile sonuçlanmıştır. En düşük tahliye süresiyle sonuçlanan birinci senaryoda ise turnikesiz durumda turnikeli duruma göre 4.31 dakika daha düşük tahliye süresi elde edilmiştir. Buradan bina içerisinde yoğunluk yaşanmayıp kişiler çıkışlara seri bir şekilde gelebildikleri takdirde turnikelerin önem kazandığı sonucunu çıkarabiliriz. En düşük tahliye süresi ve en az zarara yol açan tahliye hedeflendiği için nihai olarak turnikelerin tahliye süresini

uzatıcı etkisi ve çıkışların önünde yığılmalara neden olabileceği göz ardı edilmemelidir.

Çalışmada uygulanan senaryolar gibi birçok daha senaryo üretilebileceği gerçektir. Bu çalışma kapsamında en olası ve çözüme yönelik olarak belirlenen senaryolar değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre bir tahliye anında 2, 3, 4 ve 5. kattaki kişiler ile dekanlık binasındaki kişilerin personel çıkışına; bodrum, zemin ve birinci kattaki kişilerin öğrenci çıkışına yönlendirilmesi en kısa süre içerisinde tahliyenin tamamlanmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Kuligowski Erica D., Peacock Richard D.**, 2005: A Review of Building Evacuation Models, Technical Note 1471, National Institute of Standards and Technology-Technology Administration, U.S. Department of Commerce
- [2] **Gwynne, S. ve Galea, E. R.**, 2004: A Review of Methodologies and Critical Appraisal of Computer Models Used in the Simulation of Evacuation from the Built Environment Bethesda, MD: Society of Fire Protection Engineers.
- [3] **Friedman, R.** 1992: An International Survey of Computer Models for Fire and Smoke. *Journal of Fire Protection Engineering*, **4**, 81-92.
- [4] **Watts, J. M.** 1987: Computer Models for Evacuation Analysis. *Fire Safety Journal*, **12**, 237-245.
- [5] **Oven V.A., Cakici N.**, 2009: Modelling the evacuation of a high-rise office building in Istanbul. *Fire Safety Journal*, 1–15
- [6] **Url-1** <http://www.besecu.de/html/besecu_aims.html>, alındığı tarih 03.05.2009
- [7] **Url-2** <<http://www.dur.ac.uk/shamus.smith/fire/>>, alındığı tarih 03.05.2009
- [8] **Drager K. H. ve Lovas G. G.**, 1993: Objectives of Modelling Evacuation from Buildings during Accidents: Some Path-model Scenarios, *Journal of Contingencies and Crisis Management*, **1**, (4)
- [9] **Chien S. I. ve Korikanthimath V. V.**: Analysis and Modeling of Simultaneous and Staged Emergency Evacuations
- [10] 2002: MSC-Circ.1033. Interim guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships. Technical report, International Maritime Organization, Marine Safety Committee, London, MSC/Circ. 1033.
- [11] **Schadschneider A., Klingsch W., Klüpfel H., Kretz T., Rogsch C., ve Seyfried A.**, 2008: Evacuation Dynamics: Empirical Results, Modeling and Applications, to appear in: _Encyclopedia of Complexity and System Science, B. Meyers (Ed.)
- [12] **Hostikka S., Korhonen T., Paloposki T., Rinne T., Matikainen K. ve Heliövaara S.**, 2007: Development and validation of FDS+Evac for evacuation simulations, Project summary report.
- [13] **Wong L.T., Cheung T.F.**, 2005: Evaluating probable risk of evacuees in institutional buildings, Department of Building Services Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong, China

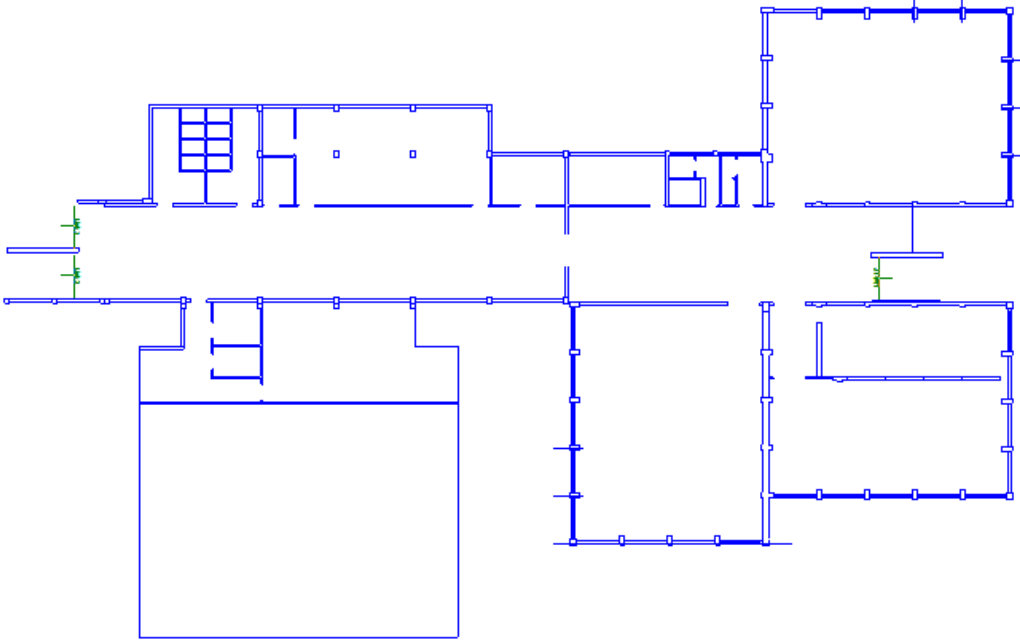
- [14] **Tavares R M., Galea ER**, 2008: Evacuation modelling analysis within the operational research context: A combined approach for improving enclosure designs, *Building and Environment*, doi:10.1016/j.buildenv.2008.07.019
- [15] **Santos G. ve Aguirre B. E.**, 2004: A Critical Review of Emergency Evacuation Simulation Models, Disaster Research Center, University of Delaware, NIST Workshop on Building Occupant Movement during Fire Emergencies
- [16] **Hubert L. K.**, 2003: A Cellular Automaton Model for Crowd Movement and Egress Simulation
- [17] **Castle C. J. E.**: Guidelines for Assessing Pedestrian Evacuation Software Applications, UCL Working Papers Series, 115
- [18] **Hoskin K.**, 2004: Fire Protection and Evacuation Procedures of Stadia Venues in New Zealand, Fire Engineering Research Report, http://www.civil.canterbury.ac.nz/fire/fe_resrch_reps.html.
- [19] **Sing Yen Ko**, 2003: Comparison of Evacuation Times Using Simulex and EvacuationNZ Based on Trial Evacuations, Fire Engineering Research Report, http://www.civil.canterbury.ac.nz/fire/fe_resrch_reps.html.
- [20] Simulex User Manual, V.E. version 5.9.0.2
- [21] **Gwynne, S., Galea, E. R., Owen, M., ve Lawrence, P.** 1998: Further Validation of the buildingEXODUS Evacuation Model Using the Tsukuba Dataset (Rep. No. 98/IM/31). London: University of Greenwich.
- [22] **Quincy, MA**, 2000: NFPA 101, Life Safety Code Handbook, National Fire Protection Association.
- [23] 1997: (Fire safety engineering in buildings. Part 1. Guide to the application of fire safety engineering principles, Draft for development. (Rep. No. BSI-DD240, ISBN 0-580-27952-9). UK: British Standards Institute (BSI).)
- [24] **Olsson, P. A. ve Regan, M. A.** 1998: A Comparison Between Actual and Predicted Evacuation Times. In Human Behaviour in Fire Proceedings of the 1st International Symposium, 461-468
- [25] **Url-3** <<http://www.isl.itu.edu.tr/>>, alındığı tarih 01.05.2009
- [26] **Akin G., Gültekin T., Bektas Y.**: Üniversite Öğrencilerinde Bazı Antropometrik Boyutların Tespiti, Ergonomi Kongresi
- [27] **Tunay M., Melemez K., Dizdar E.N.**, 2005: Yüksek Öğretimde Kullanılan Okul Sıra Ve Masalarının Antropometrik Tasarımı (Bartın Orman Fakültesi Örneği), *Teknoloji*, **8**, (1)
- [28] **Url-4** <<http://www.pednet.org>>, alındığı tarih 01.09.2008- 01.05.2009
- [29] **Url-5** <<http://www.evacmod.net/>>, alındığı tarih 01.09.2008- 01.05.2009
- [30] **Url-6** <<http://angel.elte.hu/panic>>, alındığı tarih 01.09.2008- 01.05.2009

- [31] **Raphael, B.** 2005: Crowds and Other Collectives: Complexities of Human Behaviors in Mass Emergencies. *Psychiatry*, **68**, (2), 115-120.
- [32] **Gwynne, S., Galea, E. R. ve Lawrence, P. J.** 2006: The Introduction of Social Adaptation within Evacuation Modelling. *Fire and Materials*, **30**, 285-309.
- [33] **Pan, X.** 2006: Computational Modeling of Human and Social Behaviors for Emergency Egress Analysis. PhD Thesis. Stanford, CA: Stanford University. 127 p.
- [34] **Janis, I. L. and Mann, L.** 1977: Decision Making. A Psychological Analysis of Conflict, Choice and Commitment. New York: Free Press.
- [35] **Proulx, G.** 1993. A Stress Model for People Facing a Fire. *Journal of Environmental Psychology*, **13**, (2), 137-147.
- [36] **Ozel, F.** 2001: Time Pressure and Stress as a Factor during Emergency Egress. *Safety Science*, **38**, 95-107.

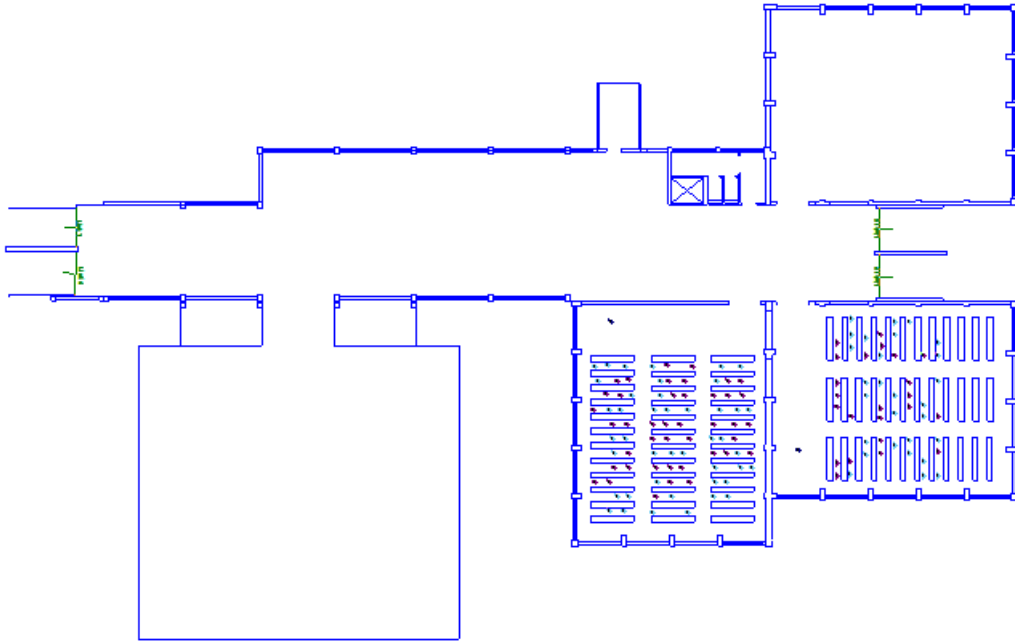
EKLER

EK A: Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri

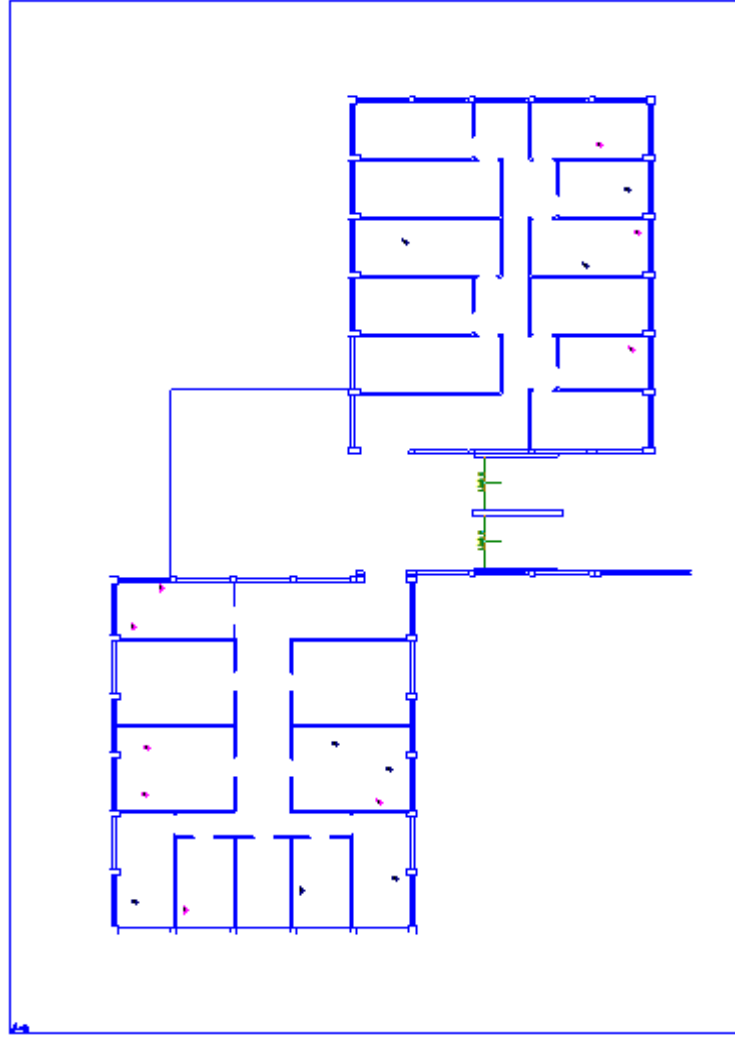
EK A



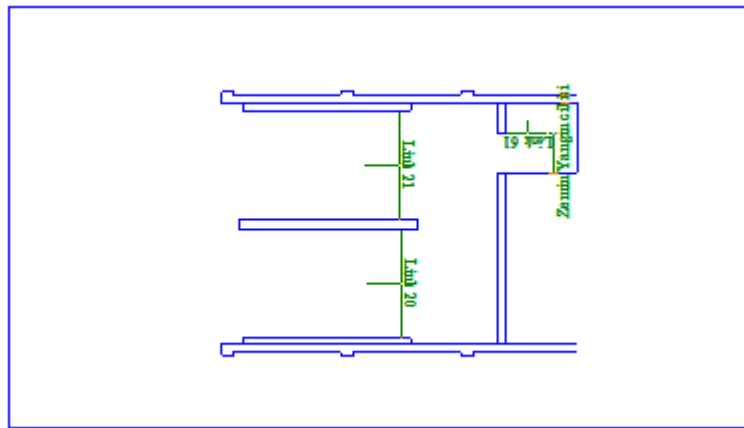
Şekil A.1 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Bodrum kat planı görüntüsü



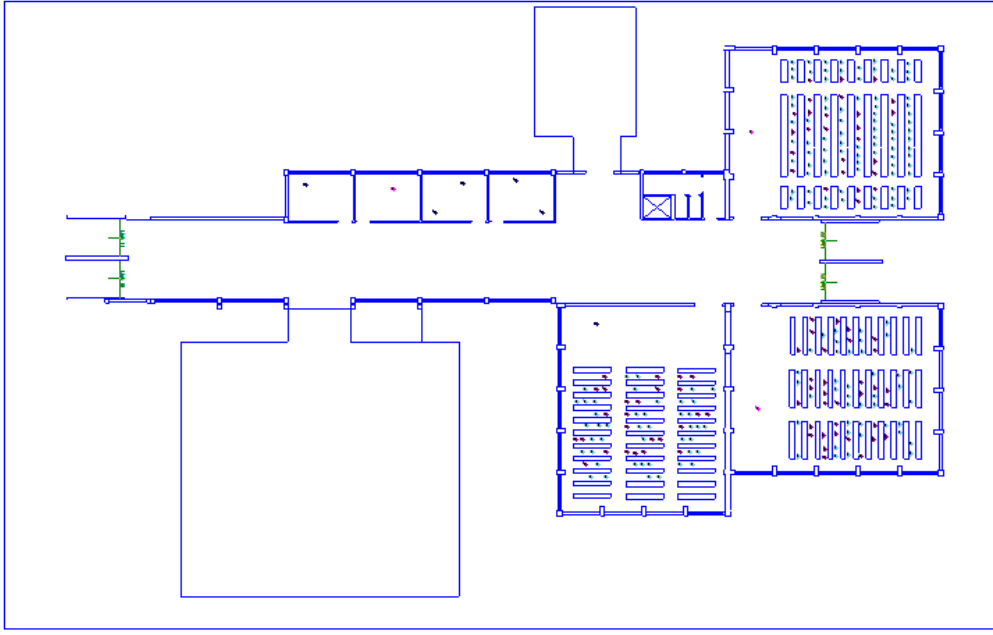
Şekil A.2 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Zemin kat planı görüntüsü



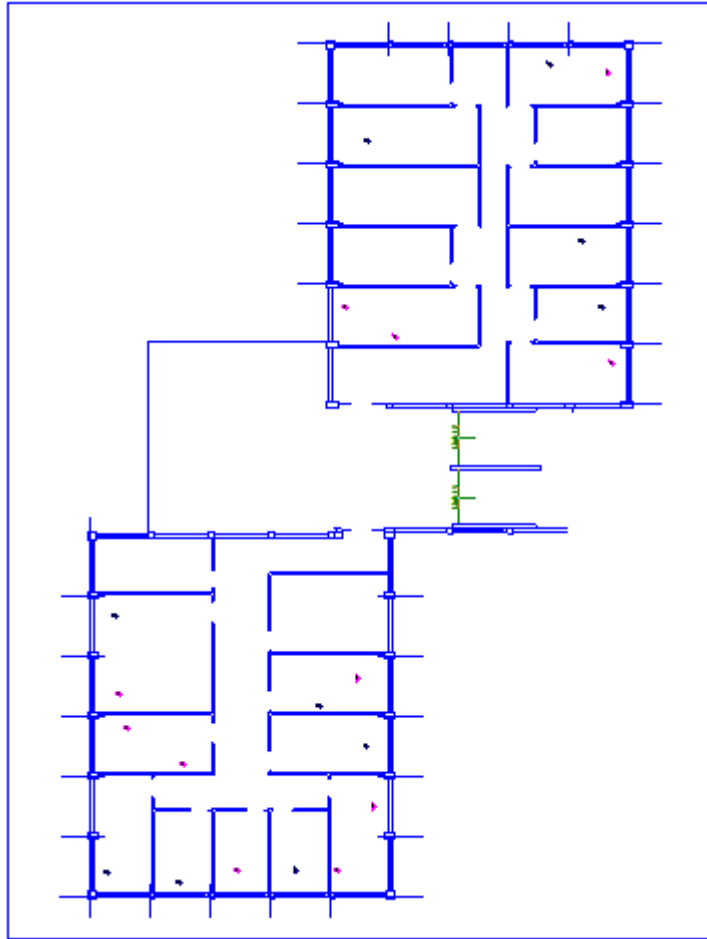
Şekil A.3 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: A-B Blok zemin kat planı



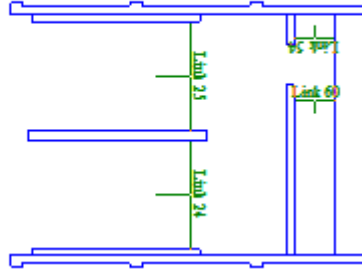
Şekil A.4 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Yangın çıkışı zemin kat planı



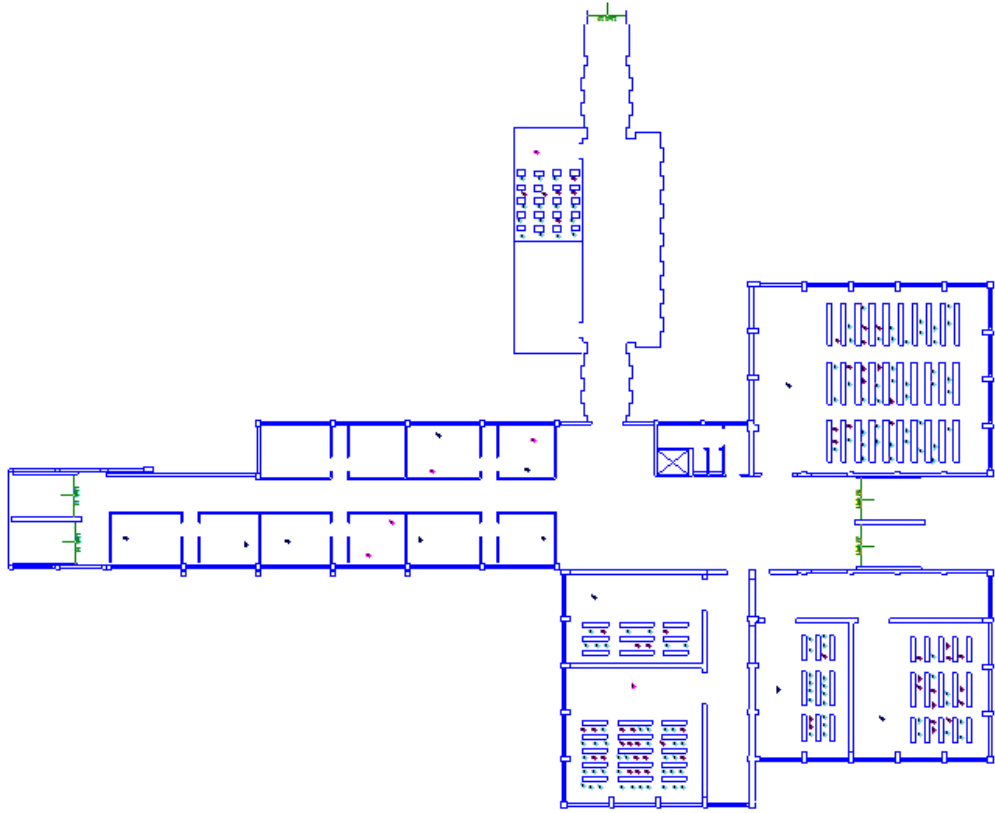
Şekil A.5 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: 1. Kat planı



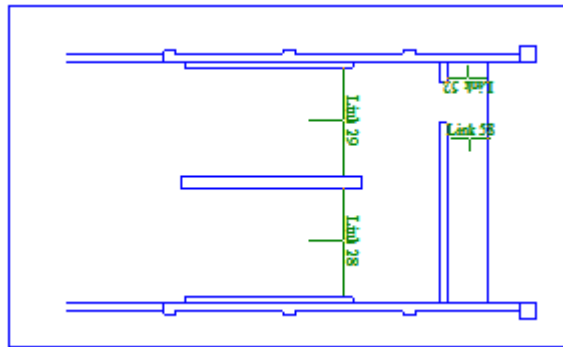
Şekil A.6 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: A-B blok 1. Kat planı



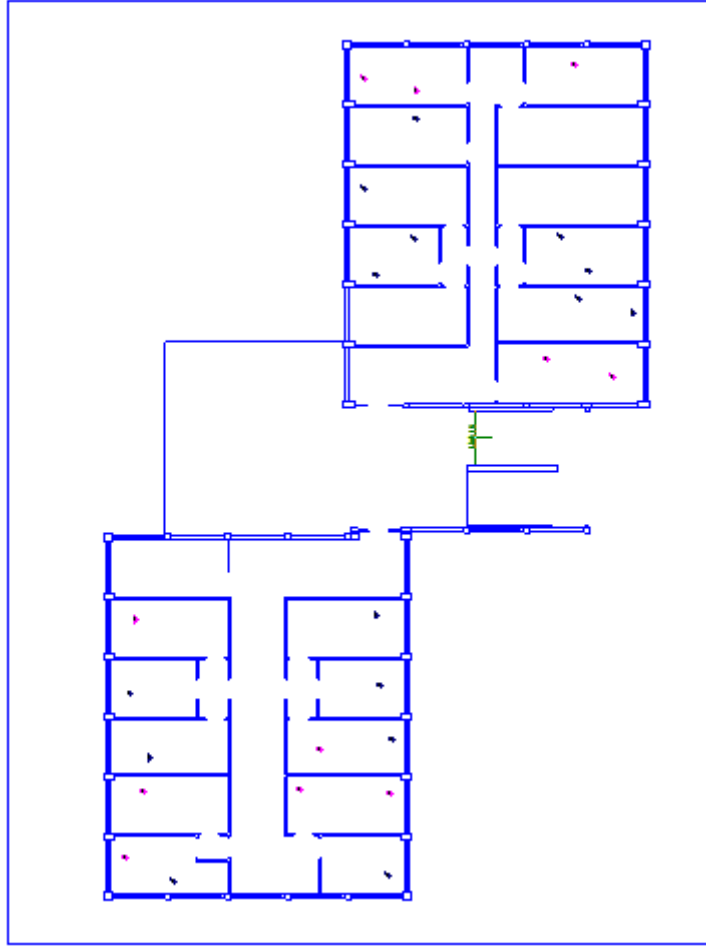
Şekil A.7 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Yangın çıkışı 1.kat



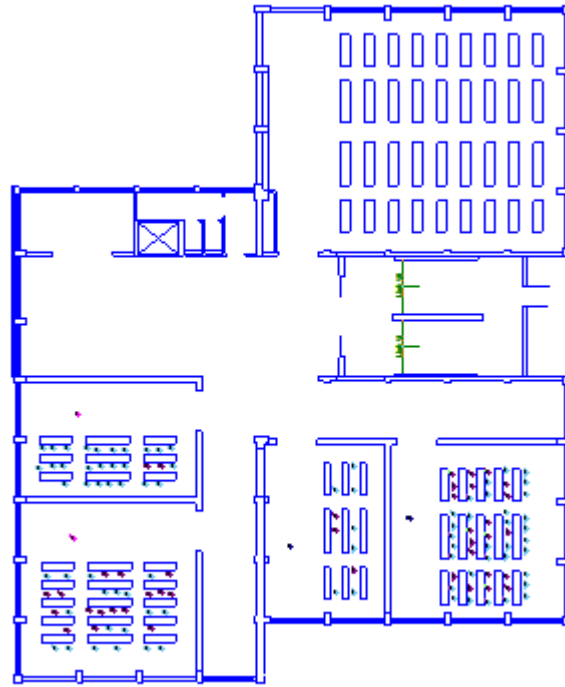
Şekil A.8 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: 2. Kat planı



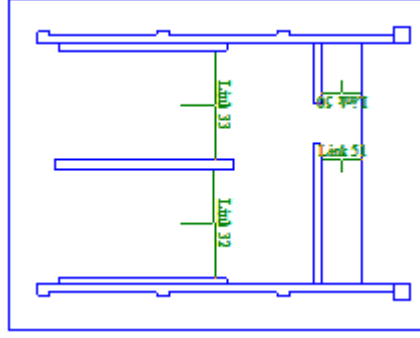
Şekil A.9 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Yangın çıkışı 2. Kat planı



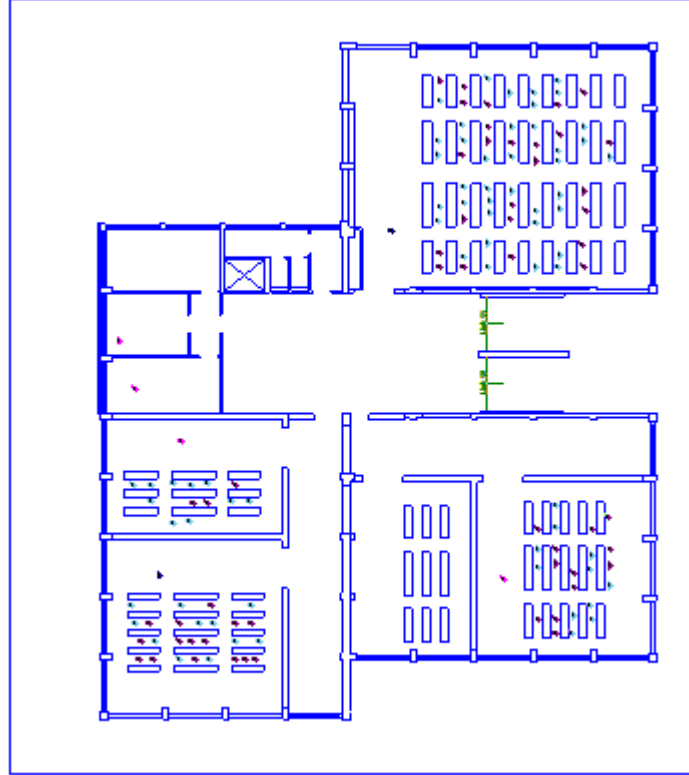
Şekil A.10 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: A-B blok 2. Kat planı



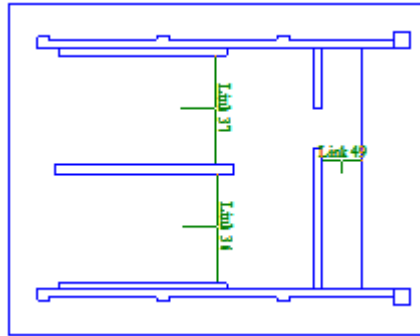
Şekil A.11 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: 3. Kat planı



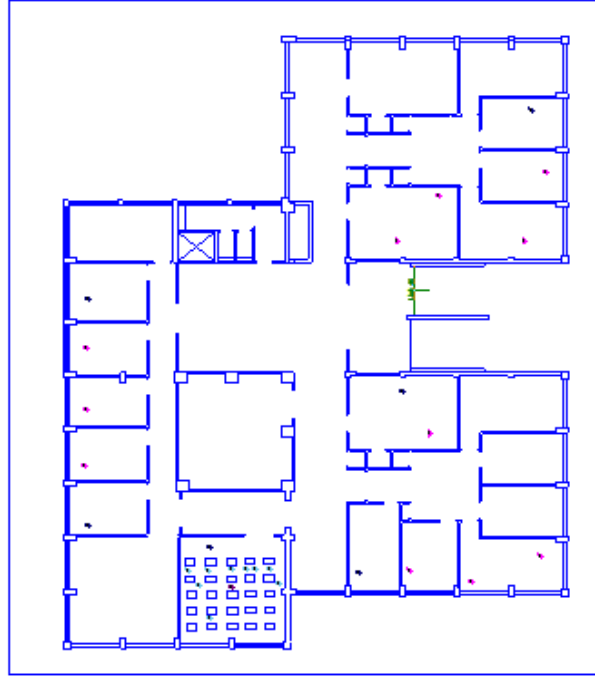
Şekil A.12 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Yangın çıkışı 3. kat



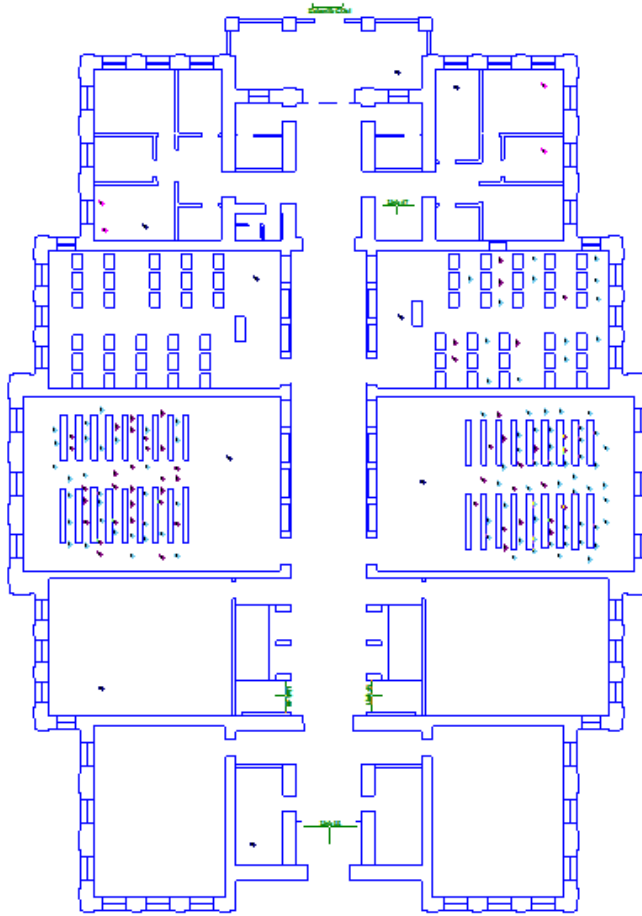
Şekil A.13 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: 4. Kat planı



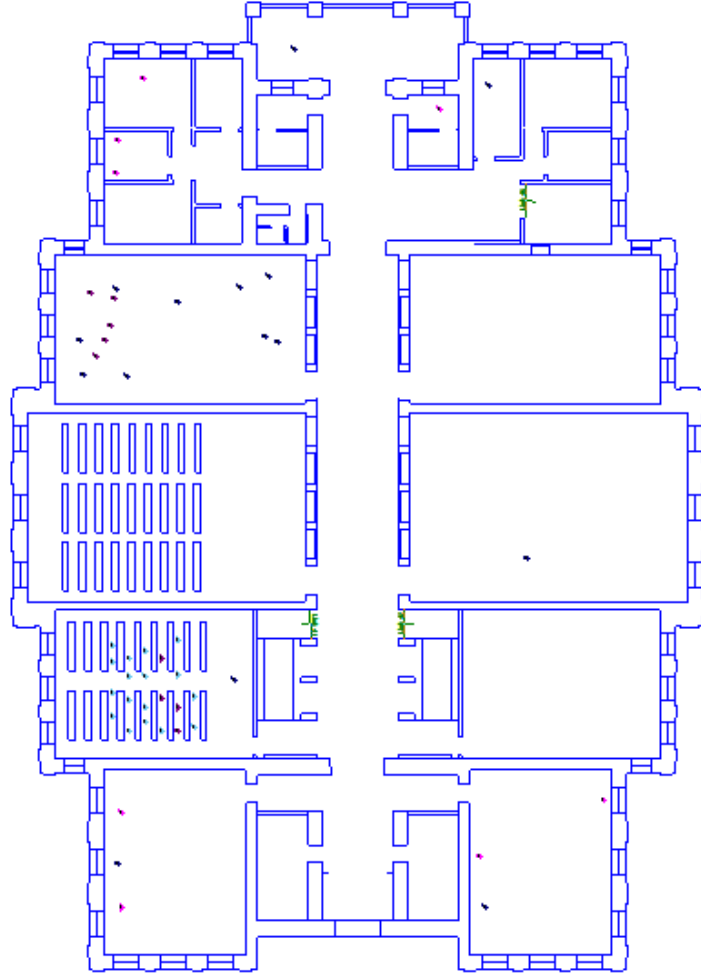
Şekil A.14 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Yangın çıkışı 4. kat



Şekil A.15 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: 5. Kat planı

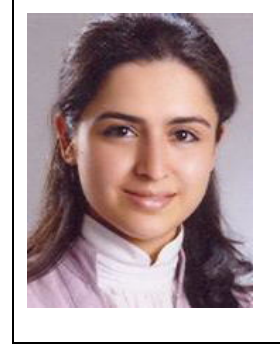


Şekil A.16 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Dekanlık binası zemin kat planı



Şekil A.17 : Simulex Kat Planları Ekran Görüntüleri: Dekanlık binası 1. Kat planı

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Betül EKİZOĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi: Kayseri, 05-09-1984

Adres: Rumelihisarı Mah. 2. Sokak No:18/8
Sarıyer/İSTANBUL

Lisans Üniversitesi: Erciyes Üniversitesi

Yayın Listesi:

- **Ekizoglu B.** (2009): “Emergency Evacuation Simulation In Istanbul Technical University.” *International Summer Computer Simulation Conference (SCSC’09)* July 13-16, 2009, İstanbul, Türkiye.
- Yalçınkaya A., **Ekizoglu B.**, Akpınar F. (2007): “Ergonomik Risk Değerlendirme ve İş Sağlığı ve Güvenliğinde Bir Uygulama.” *13. Ulusal Ergonomi Kongresi*, 06-08 Aralık, Kayseri, Türkiye.
- Cebeci U., Güresen E., **Ekizoglu B.** (2007): “İş Zekası Yazılımı Seçimine Derecelendirme Yöntemi İle Analitik Ağ Süreci Yaklaşımı.” *27. Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi (YA/EM’07)*, 02-04 Temmuz, İzmir, Türkiye.