

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNALARDA KULLANICILARIN ACİL DURUM DAVRANIŞININ VE
HAREKETİNİN ETMEN TABANLI BİR MODEL İLE TEMSİLİ VE
BENZETİMİ**

**DOKTORA TEZİ
Neşe ÇAKICI ALP**

Anabilim Dalı: Mimarlık

Programı: Mimari Tasarım

MART 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİNALARDA KULLANICILARIN ACİL DURUM DAVRANIŞININ VE
HAREKETİNİN ETMEN TABANLI BİR MODEL İLE TEMSİLİ VE
BENZETİMİ**

**DOKTORA TEZİ
Neşe ÇAKICI ALP
(502052007)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 08 . Aralık . 2010

Tezin Savunulduğu Tarih : 16 . Mart . 2011

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Işıl HACIHASANOĞLU (İTÜ)
Doç. Dr. Birgül ÇOLAKOĞLU (YTU)
Prof. Dr. Tülay ESİN (GYTE)
Prof. Dr. Yurdanur DÜLGEROĞLU
YÜKSEL (İTU)**

MART 2011

Bu tezi, bilimsel düşünce sistemi çerçevesinde bir vizyon kazanmamı sağlayan
rahmetli hocam V.Atilla ÖVEN'e ithaf ediyorum.

ÖNSÖZ

Tez çalışması süresince, değerli zamanını ve bilgi birikimini benimle paylaşan ve tezin her aşamasında çok büyük desteği ve emeği olan saygı değer hocam Sayın Prof. Dr. Gülen Çağdaş'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez izleme ve yürütme sürecinde bana yol gösterip, fikirleriyle ufkumu açan Prof. Dr. Işıl Hacıhasanoğlu'na, Doç. Dr. Birgül Çolakoğlu'na, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'ndeki değerli Hocam Prof. Dr. Tülay Esin'e ve sevgili mesai arkadaşlarım Dr. Göksun Akyürek'e, Dr. Kutlu Kayıhan'a, Dr. Ayla Potur'a destekleri için çok teşekkür ederim.

Bilgisayar modelinin oluşturulması kısmında çok büyük emek ve gayret sarf eden, deneyimlerini benimle paylaşan Tankut Koray'a ve teze olan değerli katkıları dolayısı ile Kocaeli İtfaiye Daire Başkanı Sayın Doğan Kara'ya ve sivil savunma memuru Mevlüd Şen'e teşekkürü borç bilirim.

Son olarak varlıklarıyla beni her zaman mutlu eden ve desteklerini her daim yanımda hissettiğim aile bireylerim annem Songül Çakıcı'ya, babam Selami Çakıcı'ya, sevgili kardeşim Çağrı Çakıcı'ya, eşine, sevgisi desteği ve sabrı olmadan asla başaramayacağım eşim Alper Alp'e ve canım kızım Ela Alp'e en gönülden sevgilerimi sunarım.

Ekim 2010

Neşe ÇAKICI ALP

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	V
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xvii
SUMMARY	1
1. GİRİŞ	1
1.1 Problemin Tanımı	2
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Tezin Kapsamı	4
1.4 Tezde İzlenecek Yöntem	5
1.5 Tezin Sağlayacağı Katkılar	5
2. LİTARATÜR İNCELEMESİ	7
2.1 Binalarda Kullanıcı Hareketinin Analizi	7
2.2 Binaların Tahliye Süresini Ölçmede Kullanılan Yöntemler	8
2.2.1 Analitik yöntemler	9
2.2.2 Akış veya hidrolik modeller	10
2.2.3 Benzetim modelleri	11
2.2.3.1 Rulman modeller	13
2.2.3.2 Kural tabanlı modeller	14
2.2.3.3 Hücresel özdevinim modelleri	14
2.2.3.4 Kafes-gaz modelleri	15
2.2.3.5 Sosyal mukavemet modelleri	17
2.2.3.6 Akış dinamiğine dayalı bilgisayar modelleri	17
2.2.3.7 Oyun kuramı modelleri	18
3. ETMEN TABANLI MODELLEME YAKLAŞIMI	21
3.1 Etmen Tabanlı Modelleme, Kullanıldığı Alanlar ve Özellikleri	21
3.2 Etmen Tabanlı Modellemenin Avantajları	24
3.3 Etmen Tabanlı Modellemenin Dezavantajları	25
3.4 Etmen Tabanlı Modelleme Yöntemleri	25
3.5 Etmen Tabanlı Modelleme Örnekleri	26
4. BİNA TAHLİYESİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR	31
4.1 Kullanıcı	31
4.1.1 Kullanıcı antropometrisi	31
4.1.2 Kullanıcı hareketi	33
4.1.2.1 Kullanıcı yürüme hızı	34
4.1.2.2 Kullanıcı yürüme yönü	39
4.1.3 Kullanıcı davranışını etkileyen faktörler	40
4.1.3.1 Kaçışa başlamadan önceki süreçte kullanıcı davranışı	43
4.1.3.2 Kaçış süreci	45

4.2 Mimari Form, Yatay ve Düşey Sirkülasyon Alanları	46
4.3 Çevresel Etkiler	46
4.3.1 Çıkan gazların etkisi	48
4.3.2 Duman ve görüş yoğunluğu	51
4.3.3 Yangının ısı etkisi	51
5. ETMEN TABANLI BİNA TAHLİYE MODELİ	53
5.1 Tahliye Modeli Tasarımı, Modelleme Dili ve Yöntemi	53
5.2 Modelin Kurgusu ve Akış Diyagramı	54
5.3 Modelin Parametreleri	55
5.4 Modelde Mekanın Temsili ve Uygulama Yöntemi	59
5.5 Modelde Kullanıcının Temsili	63
5.5.1 Kullanıcının fiziksel özelliklerinin modellenmesi	65
5.5.2 Kullanıcı davranışının modellenmesi	69
5.5.2.1 Kullanıcı davranışının anket çalışması ile ölçülmesi	70
5.5.2.2 Anket sonuçları	73
5.5.2.3 Anket değerlendirmesi	100
5.5.3 Kullanıcı hareketinin modellenmesi	104
5.5.3.1 Kullanıcı hareket yönünün modellenmesi	104
5.5.3.2 Kullanıcı hareket hızının modellenmesi	108
5.5.3.2.1 Kullanıcının merdivenlerdeki hareketinin modellenmesi	109
5.5.3.2.2 Kullanıcının kapılardaki sıra hareketinin modellenmesi	109
5.6 Modelin Benzetim Özellikleri	110
5.7 Modeldeki Kısıtlamalar ve Varsayımlar	111
6. MODELİN UYGULANMASI ve GEÇERLİLİĞİNİN SINANMASI ...	113
6.1 Uygulama Binası ve Kullanıcı Profilinin Özellikleri	113
6.2 Binanın Tahliye Tatbikatı	115
6.3 Binanın Geliştirilen Modelle Analizi	117
6.3.1 Mekanın temsili	117
6.3.2 Kullanıcının temsili	118
6.3.3 Modelde kullanıcının hareketinin belirlenmesi	119
6.3.4 Modelin sonuçları	120
6.4 Binanın Başka Bir Model ile Analizi	121
6.5 Analiz Sonuçları ve Kıyaslama	123
7.SONUÇLAR	113
7.1 Modele İlişkin Sonuçlar	125
7.2 Ankete İlişkin Sonuçlar	126
7.3 Modelin Geçerliliğine İlişkin Sonuçlar	126
7.4 Genel Sonuçlar	127
KAYNAKLAR	129
EKLER	137
ÖZGEÇMİŞ	168

KISALTMALAR

K.B.B. : Kocaeli Büyükşehir Belediyesi
KİDB : Kocaeli İtfaiye Daire Başkanlığı
G.Y.T.E : Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 : Afet durumunda kullanıcıların bina tahliye süreci (Ko, 2003). ...	3
Şekil 2.1 : Tahliye modellerinin sınıflandırılması Kłowski (2003).	8
Şekil 3.1 : Etmen tabanlı model kurgusu (Tang ve Ren, 2008).	28
Şekil 4.1 : Tahliye modelinin bileşenleri.	32
Şekil 4.2 : Farklı yoğunluklara sahip alanlardaki yaya akışı (Fruin, 1971).	34
Şekil 4.3 : Deneysel çalışmalarda ortaya çıkan kullanıcı yoğunluğu ve hızının ilişkisi (Thompson ve Marchant 1995b).	36
Şekil 4.4 : Dumanın kullanıcı hareketine olan etkisi (Jin 1976).	38
Şekil 4.5 : Kullanıcıların farklı nitelikteki gaz konsantrasyonlarındaki yürüme hızı (Nelson ve Mowrer 2002).	39
Şekil 4.6 : Kullanıcı davranış süreleri (Purser ve Bensilum (2001).	43
Şekil 5.1 : ‘ABEvac’ modelinin akış diyagramı.	56
Şekil 5.2 : ABEvac modelinin bileşenleri.	58
Şekil 5.3 : Mekan temsil biçimleri.	59
Şekil 5.4 : Aynı mekanın 3 değişik yöntemle gösterimi (Castle vd., 2010). a) gevşek ağ sistemi b) sık ağ sistemi c) devamlı ağ sistemi.	59
Şekil 5.5 : Sık ağ mekan temsil yaklaşımında kullanıcı hareketi Normal kullanıcı çıkış davranışı (Guo ve Huang, 2008).	60
Şekil 5.6 : ‘ABEvac’ modelinde dxf uzantılı Auto-Cad dosyasının açılması...	62
Şekil 5.7 : Auto-Cad dosyasının Java grafik ortamında temsili.	62
Şekil 5.8 : ‘ABEvac’ modelinin kullanılabilecek bir kullanıcı karar ağacı örneği.	65
Şekil 5.9 : Kullanıcının elips ile temsilinde kullanılan değerler.	67
Şekil 5.10 : Göğüs Derinliği.	67
Şekil 5.11 : Basen çevresi.	67
Şekil 5.12 : ‘ABEvac’ Grafik ortamında kullanıcı oluşturulması.	68
Şekil 5.13 : ‘ABEvac’ modelinde kullanıcının temsili.	68
Şekil 5.14 : İnsan özelliklerinin modele atanması.	70
Şekil 5.15 : G.Y.T.E Mimarlık Fakültesi Binası Zemin ve 1. Kat planı.	71
Şekil 5.16 : KBB hizmet binası zemin kat planı.	71
Şekil 5.17 : KBB hizmet binası bodrum kat planı.	72
Şekil 5.18 : Kullanıcıların yaşlarına göre dağılımları.	74
Şekil 5.19 : Kullanıcıların görevlerine göre dağılımları.	74
Şekil 5.20 : Kullanıcıların yangından haberdar olma şekilleri.	75
Şekil 5.21 : Kullanıcı psikolojisinin cinsiyete göre dağılımı.	77
Şekil 5.22 : a. Kullanıcı cinsiyet boy diyagramı. b. Kullanıcı boy-psikolojik durum dağılımı.	78
Şekil 5.23 : Kullanıcıların yangını fark ettiklerinde yaptıkları ilk eylemler...	78
Şekil 5.24 : Kullanıcıların binayı terk etme hızı.	82
Şekil 5.25 : a.Kullanıcının bulunduğu kata göre yürüme hızı dağılımı. b.Kullanıcının binadaki görevine göre yürüme hızı dağılımı.	83
Şekil 5.26 : Kullanıcının yaş dağılımı Kullanıcı yaş cinsiyet dağılımı.	86

Şekil 5.27 : Kullanıcıların alarm tepkileri.	89
Şekil 5.28 : Kullanıcıların bulundukları kata göre alarm tepkileri ve dağılımı.	90
Şekil 5.29 : Kullanıcıların acil durum psikolojisi.	91
Şekil 5.30 : Kullanıcıların çalıştıkları katlara göre kaçış yönlendirmeleri.	95
Şekil 5.31 : Kullanıcının bulunduğu kata göre çıkış hızı.	98
Şekil 5.32 : Kullanıcının sık ağ sisteminde yönlendirmesi.	104
Şekil 5.33 : Devamlı mekan temsilinde kullanıcı kaçış yönlendirmesi.	105
Şekil 5.34 : Görünürlük analizinin modelde gösterimi.	106
Şekil 5.35 : ‘ABEvac’ modelinde kullanıcı hareketinin akış şeması.	107
Şekil 5.36 : En kısa yol testi için örnek problem.	108
Şekil 5.37 : ‘ABEvac’ adlı modelde benzetim modu seçimi.	110
Şekil 5.38 : ‘ABEvac’ adlı modelde davranış dağılımlarının oranlanması.....	110
Şekil 6.1 : Mimari kat planları.	114
Şekil 6.2 : Kullanıcıların yaş ve cinsiyet istatistikleri.	114
Şekil 6.3 : Kullanıcıların çıkış kapısı bilgi istatistikleri.	115
Şekil 6.4 : Kullanıcıların acil durum algı süresi.	116
Şekil 6.5 : Kullanıcıların tatbikat tahliye süresi.	116
Şekil 6.6 : G.Y.T.E. A blok rektörlük binası zemin kat planının ‘ABEvac’ modeli ile temsili.	118
Şekil 6.7 : Plan oranlaması.	118
Şekil 6.8 : GYTE rektörlük binası kullanıcılarının plan şemasında konumlandırılması.	119
Şekil 6.9 : Modelin ortam analizi sonucu.	119
Şekil 6.10 : G.Y.T.E rektörlük binası görünürlük analizi.	120
Şekil 6.11 : Modelde insan etmene ait çıkış rotası ve hedefi.	120
Şekil 6.12 : Geliştirilen modelin tahliye süresi tahmini.	121
Şekil 6.13 : ‘buildingEXODUS’ tahliye modelinde bina geometrisinin modüller ile temsili.	122
Şekil 6.14 : ‘buildingEXODUS’ modeli tahliye süresi tahmini.	122
Şekil 6.15 : Analiz ve tahliye tatbikatı sonuçlarının karşılaştırılması.	123
Şekil D.1: KBB hizmet binası zemin kat planı.	161
Şekil D.2: KBB hizmet binası 1. kat planı.	162
Şekil D.3: KBB hizmet binası 2 ve 3. kat planı.	163
Şekil D.4: KBB hizmet binası teras ve makine dairesi planı.	164

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 : Kullanıcı hızını hesaplamak için kullanılan denklemler (Predtechenskii ve Milinskii 1978).	35
Çizelge 4.2 : Kullanıcı yoğunluğunun 0,43 kişi/m ² 'den az olması halinde farklı etkenler altında yürüme hızı (Shi vd. 2009).	37
Çizelge 4.3 : Kullanıcı merdivenlerdeki yürüme hızı (Shi vd. 2009).	37
Çizelge 4.4 : Kullanıcıların panik altındaki davranışları (Bryan 1995).	41
Çizelge 4.5 : Kullanıcının karar verme mekanizmasına etki eden faktörler(Proulx 2001).	42
Çizelge 4.6 : Kullanıcıların, yangından haberdar olma şekli ve yüzdeleri (Bryan, 1995).	44
Çizelge 4.7 : Yangında kullanıcıların ilk, ikinci ve üçüncü hareketleri ve yüzdeleri (Brayn 1995).	45
Çizelge 4.8 : Çeşitli malzemelerin yanması ile ortaya çıkan toksik bileşikler, (Butcher ve Parnel, 1999).	47
Çizelge 4.9 : Modeller ve çeşitli özellikleri (Kuligowski, 2004).	48
Çizelge 4.10 : Tahriş edici yanma ürünlerinin hassasiyet oranları (Purser, 1995).	50
Çizelge 4.11 : Kasıtsız konut yangını ölüm nedenleri (Holborn vd., 2003)...	51
Çizelge 4.12 : Isıl ışıınım etkileri (Hockey ve Rew 1997).	52
Çizelge 5.1 : Modellerin mekanı temsil etme yöntemleri ve CAD çizimlerini dönüştürebilme yetenekleri.	61
Çizelge 5.2 : Tahliye modellerinin kullanıcı temsil etme biçimleri.	64
Çizelge 5.3 : Fiziksel verilerin programdaki kabiliyetleri.	66
Çizelge 5.4 : Kadın ve erkek Bireylere Ait Antropometrik Değişkenlerin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri (Akın G., ve ark. 2006).	66
Çizelge 5.5 : Modellerin kullanıcı davranışını modelleme yaklaşımları.	69
Çizelge 5.6 : Bağımlı ve bağımsız değişkenler.	73
Çizelge 5.7 : Kullanıcıların binada çalışma süresi dağılımları.	75
Çizelge 5.8 : Kullanıcıların yangın psikolojisi ve dağılımı.	76
Çizelge 5.9 : Farklı kullanıcı gruplarının yangın psikolojisinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.	76
Çizelge 5.10 : Kullanıcı psikolojisinin cinsiyete göre dağılımı.	77
Çizelge 5.11 : Farklı kullanıcı gruplarının yangın çıktığında ilk yaptığı eylemin Kruskal-Wallis ile analizi.	79
Çizelge 5.12 : Kullanıcıların panik davranışı dağılımı.	79
Çizelge 5.13 : Farklı kullanıcı gruplarına ait panik davranışının Kruskal-Wallis testi ile analizi.	80
Çizelge 5.14 : Çalıştığınız binada yangın çıktığında kaçmadan önce yapılan ilk eylemler.	80

Çizelge 5.15 : Farklı kullanıcı gruplarının yangın öncesi kaçış davranışı için Kruskal-Wallis testi ile analizi.	81
Çizelge 5.16 : Kullanıcı çıkış tercihleri.	81
Çizelge 5.17 : Kullanıcının binada yangın olduğunu bildiği halde kaçmak istememe sebepleri.	82
Çizelge 5.18 : Farklı kullanıcı gruplarının çıkış hızının Kruskal-Wallis testi ile analizi.	83
Çizelge 5.19 : Kullanıcıların dumanla karşılaşması halinde sergilediği davranış dağılımı.	84
Çizelge 5.20 : Farklı kullanıcı gruplarının duman karşısındaki davranışının Kruskal-Wallis testi ile analizi.	84
Çizelge 5.21 : Kullanıcının tıkanıklık olması halinde sergilediği davranış dağılımı.	84
Çizelge 5.22 : Farklı kullanıcı gruplarının tıkanıklıkla karşılaşması durumunda gösterdiği tepkilerin Kruskal-Wallis testi ile analizi.	85
Çizelge 5.23 : Bağımlı ve bağımsız değişkenler.	85
Çizelge 5.24 : K.B.B. ankete katılan kullanıcı yaş cinsiyet dağılımı.	86
Çizelge 5.25 : Kullanıcıların binada çalışma süreleri.	86
Çizelge 5.26 : Anket yapılan kullanıcıların bulundukları kata göre dağılımları.	87
Çizelge 5.27 : Kullanıcıların çıkış bilgileri.	87
Çizelge 5.28 : Anket sonuçlarına göre kullanıcıların bina kat bilgisi.	88
Çizelge 5.29 : Kullanıcıların bina sığınak bilgisi ve dağılımları.	88
Çizelge 5.30 : Farklı kullanıcı gruplarının alarm tepkilerinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.	89
Çizelge 5.31 : Kullanıcıların acil durum muhakemesi ve dağılımı.	90
Çizelge 5.32 : Farklı Kullanıcı gruplarının acil durum kanaatinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.	91
Çizelge 5.33 : Kullanıcıların yangın halinde ilk yapacakları eylemlerin dağılımı.	92
Çizelge 5.34 : Farklı kullanıcı gruplarının yangın esnasındaki ilk eylemlerinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.	92
Çizelge 5.35 : Kullanıcı acil durum psikolojisinin genel dağılımı.	93
Çizelge 5.36 : Farklı kullanıcı gruplarının acil durum psikolojisinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.	93
Çizelge 5.37 : Kullanıcıların binada yangın çıkması halinde kaçmadan önce yapacakları ilk eylemlerin dağılımları.	94
Çizelge 5.38 : Farklı kullanıcıların kaçış öncesi davranışlarının Kruskal-Wallis testi ile analizi.	94
Çizelge 5.39 : Kullanıcı kaçış yönlenmesi dağılımı.	95
Çizelge 5.40 : Farklı kullanıcı gruplarının kaçış yönlenmelerinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.	95
Çizelge 5.41 : Binada yangın çıkması halinde kullanıcıların çıkış tercihleri ve dağılımları.	96
Çizelge 5.42 : Farklı kullanıcı gruplarına ait çıkış tercihlerinin Kruskal Wallis testi ile analizi.	96
Çizelge 5.43 : Kullanıcı çıkış hızı dağılımı.	97
Çizelge 5.44 : Farklı kullanıcı gruplarına ait yürüme hızının Kruskal Wallis testi ile analizi.	97
Çizelge 5.45 : Duman engeliyle karşılaşınca kullanıcının davranış eğilimi...	98

Çizelge 5.46 : Farklı kullanıcı gruplarının dumanla karşılaşınca gösterdikleri tepkinin Kruskal Wallis testi ile analizi.	99
Çizelge 5.47 : Kullanıcının binayı terk ettikten sonra binaya tekrar girme eğilimi ve dağılımı.	99
Çizelge 5.48 : Farklı kullanıcı gruplarının binaya tekrar girme eğilimlerinin Kruskal Wallis testi ile analizi.	100
Çizelge 5.49 : G.Y.T.E. Mimarlık Fakültesi binası ve K.B.B. Hizmet binası kullanıcılarının panik davranışı dağılımları.	100
Çizelge 5.50 : G.Y.T.E Mimarlık Fakültesi binası ve K.B.B. Hizmet binası kullanıcılarının acil durum psikolojilerinin kıyaslanması. ...	101
Çizelge 5.51 : Kullanıcıların kaçmaya başlamadan önce yaptıkları ilk eylemlerin dağılımı.	101
Çizelge 5.52 : Kullanıcıların acil durumda binalarını terk etmek istememe nedenleri.	102
Çizelge 5.53 : Kullanıcıların yürüme hızları.	102
Çizelge 5.54 : İngiltere, A.B.D. ve Türkiye’deki kullanıcıların kaçış öncesindeki ilk davranışları.	103
Çizelge A.1 : Kadın Bireylerin Yaşa Göre Boy Uzunluğu ortalamaları (cm) (Akın G., ve ark. 2006).	139
Çizelge A.2 : Erkek Bireylerin Yaşa Göre Boy Uzunluğu Ortalama Değerleri (cm) (Akın G., ve ark. 2006).	140
Çizelge A.3 : Kadın Bireylerin Yaşa Göre Ağırlık Yüzdelik Değerleri (kg) (Akın G., ve ark. 2006).	141
Çizelge A.4 : Erkek Bireylerin Yaşa Göre Ağırlık Yüzdelik Değerleri (kg) (Akın G., ve ark. 2006).	142
Çizelge A.5 : Kadın bireylerin yaşa göre göğüs derinliği ortalaması (mm)...	143
Çizelge A.6 : Erkek bireylerin yaşa göre göğüs derinliği yüzdelik değerleri (mm).	144
Çizelge A.7 : Kadın bireylerin yaşa göre basen çevresi yüzdelik değerleri (mm).	145
Çizelge A.8 : Erkek bireylerin yaşa göre basen çevresi yüzdelik değerleri (mm).	146
Çizelge A.9 : Kadın bireylerin yaşa göre beden kitle indeksi yüzdelik değerleri (kg/m2).	147
Çizelge A.10 : Erkek Bireylerin Yaşa Göre Beden Kitle indeksi Yüzdelik Değerleri (kg/m2).	148

BİNALARDA KULLANICILARIN ACİL DURUM DAVRANIŞININ VE HAREKETİNİN ETMEN TABANLI BİR MODEL İLE TEMSİLİ VE BENZETİMİ

ÖZET

Bina tahliye süresi, kullanıcı sayısının fazla olduğu, stadyum, tiyatro, hastane ve yüksek binalarda, can güvenliği açısından oldukça önemlidir. Bina güvenlik yönetmelikleri ve yönergeleri bina tahliye güvenliğini, bir takım basit ampirik formüllere dayandırmaktadır. Pratik olmakla birlikte yönetmelik ve yönergelerde yer alan bu bağıntılar insana ve onun davranışına bağlı çok sayıda değişken içeren bu tür problemin çözülmesinde ve can güvenliğinin sağlanmasında yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, 1970'lerden beri yangın mühendisliği ve mimarlık gibi birçok disiplin acil durum koşullarında insan davranışını anlamaya ve benzetimini yapmaya çalışmaktadır. Son yıllarda binaların tahliye süresi analizlerinde gelişmiş bilgisayar benzetim modellerinin kullanımı gittikçe yaygınlık kazanmaktadır. Benzetim modelleri, bina tasarımcısına, gerçekleşmesi muhtemel acil bir durum karşısında bina performansını değerlendirmede yardımcı olmaktadır. Ayrıca oluşabilecek acil durumlarda ölüm ve tehlikelerin nelerden kaynaklanacağını göstermektedir. Literatürde 28'den fazla bina tahliye modeli yer almaktadır. Bu tahliye modellerinin farklı modelleme yaklaşımları vardır. Ayrıca bu modeller tahliye sürecini modellerken, kendi deneysel verilerini kullanmak suretiyle model içindeki kullanıcıyı temsil etmektedir.

Son yıllarda, Türkiye'de de, A.B.D, Fransa, İspanya ve Yunanistan'da yaşananlara benzer olarak çok sayıda insanın barındığı yüksek yapılarda yangın, terörist saldırı ve patlama gibi vakalarla karşılaşmakta ve bu vakalarda artış gözlemlenmektedir. 20 Kasım 2003 HSBC binasında 11 kişinin ölümüne neden olan saldırı ve 7 Nisan 2010'da Levent'te 23 katlı bir gökdelende çıkan yangın buna örnek gösterilebilir. Saldırı ve doğal afetlere (deprem ve yangın) karşı bina kendi tasarım stratejilerini geliştirerek içinde barındırdığı kullanıcılarını koruyabilmelidir. Güvenli bir yapının inşa edilebilmesi için yapı tasarım aşamasındayken bu tehditlere karşı deneyimlenmelidir. Çok sayıda tahliye modeli binaları bu acil durumlar karşısında sınamak için geliştirilmiştir. Tüm bunlarla birlikte diğer önemli konu, geliştirilen bu modellerin, modelleneneceği yapı çevresi ve kullanıcısı için tasarlanmış olması gereğidir. İnsan toplulukları psikolojik, anatomik ve davranışsal açıdan farklılıklar göstermektedir. Farklılıkların toplumların genetik yapılarına ve yaşadıkları çevresel faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimlerine bağlı olarak geliştikleri bilinmektedir. Türkiye'de kullanılacak gerçekçi bir tahliye modeli için, modelde, kullanıcılar, Anadolu insanına ait fiziksel, psikolojik ve davranışsal özelliklerine göre temsil edilmelidir. Geliştirilen modelde kullanıcıya ait fiziksel, psikolojik ve davranışsal özellikler etmen tabanlı modelleme yaklaşımı ile modellenmektedir. Etmen tabanlı modelleme, yapay zekanın uygulama alanı olan bir karar destek sistemidir. Etmen tabanlı modelleme yaklaşımı, tahliye modelinde, kullanıcı hareketi ve davranışını gerçek kullanıcı davranışına çok benzer bir biçimde benzetimini gerçekleştirmeye olanak vermektedir.

Etkili bir tahliye modeli için, modelleme bileşenlerinin çok iyi irdelenmesi gerekmektedir. Tahliye bileşenleri mekan, kullanıcı ve mekanın fiziksel koşulları olmak üzere üç kategoride incelenebilir:

- Mekan: Mekanın fiziksel karakterleri, koridorlar, merdivenler, merdiven sahanlıkları ve bunların yanı sıra mobilyalar, bölme elemanları gibi fiziksel engellerden ve diğer mimari elemanlardan oluşmaktadır. Modelde mekana ait tüm bu fiziksel karakterlerin çok iyi temsil edilmesi gerekmektedir.
- Kullanıcı: Tahliye sürecindeki en karmaşık bileşenlerden biri kullanıcıdır. Kullanıcının davranışı, fiziksel özellikleri, psikolojik yapısı ve hareket karakterleri tahliye sürecini doğrudan şekillendirmektedir.
- Çevrenin fiziksel koşulları: Meydana gelen yangında yanma sonucu oluşan ürünler fiziksel çevreyi değiştirmektedir. Tahliye hızı kullanıcının dumana maruz kalma durumundan oldukça etkilenmektedir. Yanma ürününe göre ortaya çıkan zehirli gazlar büyük ölçüde bilinmektedir. Ancak zehirli gazların kullanıcının hareket kabiliyeti üzerindeki etkileri konusunda çok sınırlı bilgi vardır.

Tahliye performansını 2 boyutlu grafik ortam (plan şeması) üzerinden değerlendirmek, kullanıcı hareketine ve tahliye dinamiklerine dayalı karar destek modellerinin kullanımı kadar etkili değildir. Tezin amacı, çeşitli ortam koşullarındaki kullanıcıların etmenlerle temsil edildiği, mekan, tahliye ve kullanıcı ilişkisinin incelenebileceği ve tahliye süresinin tahmin edebileceği bir model geliştirmektir. Model Anadolu insan antropometrisi, davranışı ve hareketini temel alarak geliştirilmiştir.

Benzetim modellerinin sayısı, tekniği, kapsamı ve amacı bilgisayarların hızlanmasıyla ve uygulama sınırlarının genişlemesiyle doğru orantılı olarak gelişmekte ve çeşitlenmektedir. Daha önce de anlatıldığı gibi, insan davranışlarını modelleme yaklaşımlarından birisi benzetim ile modellemedir. Kısa zaman önce ortaya çıkmış bir benzetim modelleme tekniği olan etmen tabanlı modelleme yaklaşımı ile insan davranışlarının (ya da kararlarının) benzetimini yapmak mümkündür. Nesneye yönelik programlama dillerinden Java tez kapsamında geliştirilen etmen tabanlı 'ABEvac' bina tahliye modelini geliştirmek için kullanılmaktadır.

'ABEvac' modelinde devamlı ağ sistemi ile mekan temsil edilmektedir. Modelde mekanlar, CAD çiziminden elde edilen koordinatların Java grafik ortamı koordinat düzlemine dönüştürülerek yeniden çizdirilmesi şeklinde tanımlanmaktadır.

Tahliye modellerinde, kullanıcının modellenmesinde, iki farklı yaklaşım söz konusudur. Bunlardan ilki kullanıcıların bir grup gibi ele alındığı ve tüm kullanıcıların aynı kurallar çerçevesinde hareket ettiği 'global' olarak adlandırılan modelleme prensibidir. Bu prensip ile kurgulanan benzetim modellerinde kullanıcıların birey bazında nasıl hareket ettikleri benzetim içinde gözlemlenemez. İkinci yaklaşımsa, kullanıcının bireysel olarak temsil edilmesidir. Bu modelleme seçeneğinde, her birey ayrı ayrı modellenir ve benzetim sürecinde bireyler gözlemlenebilir. Bu yaklaşımda bireylerin temel özellikleri ve davranış karakteristikleri aynı modellenirse bile, bireyin davranışları bulunduğu ortam koşullarına göre şekillenmekte ve diğer bireylerden farklı davranışlar sergilemektedirler. 'ABEvac' tahliye modelinde kullanıcılar etmenler ile temsil

edilmektedir. Bu etmenlerle kullanıcının antropometrik özellikleri, karar verme yetisi ve hareket kabiliyeti temsil edilebilmektedir.

Kullanıcının antropometrik karakteristikleri 'ABEvac' modelinde 2 boyutlu plan şemasında elips formunda temsil edilmektedir. Elips formu insanın basen çevresi ve göğüs derinliği ölçülerinin kullanılmasıyla elde edilmektedir. Kullanıcılar kadın ve erkek olmak üzere yaş aralıklarına göre sınıflandırılmış ve Anadolu insan ölçüleri kullanılmıştır.

Tahliye modellerinde, kullanıcının karar verme yeteneğinin temsili için farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler kullanıcının ve mekanın temsil edilme yöntemiyle bağlantılı olarak şekillenmektedir. Bu temsiliyet biçimleri, oluşum sırasına göre: davranışsız yaklaşım (no behaviour), kuralların kompleks matematiksel ifadelerle dayandırıldığı yaklaşım (implicit behaviour), kural tabanlı yaklaşım (rule based behaviour) ve yapay zeka yaklaşımı (artificial intelligence behaviour) olarak sıralanmaktadır.

'ABEvac' tahliye modelinde Anadolu insanının acil durum karar verme yetisi, gerçekleştirilen anket ve tahliye tatbikatı çalışmalarının analizi sonrasında elde edilen verilerin modele istatistiksel olarak aktarılması ile temsil edilecektir. Anket çalışmasındaki amaç kullanıcının acil durum davranışını ve psikolojisinin kullanıcı cinsiyet, yaş, binaya ait bilgisi ve bina konumuna göre yangın anı davranış dağılımlarını istatistiksel olarak belirlemektir.

Kullanıcının acil durumlarda nasıl davrandığını gözlemlemek, sonuçlarını anket sonuçları ile kıyaslamak ve modelin geçerliliğini test etmek amacı ile bir tahliye tatbikatı gerçekleştirilmiştir. Tahliye tatbikatı 2 katlı GYTE rektörlük binasında ikisi içeride olmak üzere toplam 5 kameranın tatbikat esnasında kayıt yapmasıyla gerçekleştirilmiştir.

'ABEvac' modelinde kullanıcı hareketi modelin mekanı temsil etme yöntemine bağlı olarak oldukça gerçekçi modellenmektedir. Kullanıcının yürüme hızı ve kapılardaki sıra hareketi tahliye tatbikatından elde edilen verilere benzer olarak gerçekleştirilmektedir. Ayrıca kullanıcılar çevrelerindeki eşyaları tanıyabilmekte ve kendilerine en yakın olan kapıyı, o kapıyı bilmeleri durumunda seçebilmektedirler.

Modelde temsil edilen tüm kullanıcıların sağlıklı olduğu ve özürlü olmadığı varsayılmaktadır. Bundan dolayı modelde, tekerlekli sandalye veya koltuk değneği kullanan kullanıcılar modellenmemektedir. Ayrıca modeldeki, kullanıcıların binayı boşalttıktan sonra tekrar içeri girmeyecekleri varsayılmaktadır.

Bilindiği gibi her binanın farklı kullanım alanları, farklı özellikleri ve değişik türde kullanıcıları vardır. Aynı bina güvenlik yönetmelikleri ve bu yönetmeliklere bağlı kurallar ile farklı işlevlerdeki ve farklı özellikte kullanıcıları olan yapıların güvenliğinin sağlanması doğru bir yaklaşım değildir. Her binanın performansı kendi özellikleri dahilinde değerlendirilmelidir. Bina performansları artık gelişmiş yazılımlar ile analiz edilmektedir. Özellikle yurtdışında, bina tahliyesi konusunda uzmanlaşmış çok sayıda ve farklı yapıda yazılım mevcuttur. Ancak bu modeller Anadolu insanının yaya karakteristiklerini değerlendirmede yeterli değildir. Çünkü yapılan modeller kendi bina kullanıcılarının özelliklerinin analiz edilmesi sonucunda ortaya çıkmıştır. Oysa her topluluğun kendine has bir karakteri vardır Bu nedenle 'ABEvac' Anadolu insanın hareket kabiliyeti, karar verme özellikleri ve antropometrisi dikkate alarak geliştirilmektedir. Ayrıca 'ABEvac' , kolay kullanımlı

ara yüzü ve CAD dosyasını okuyabilmesi dolayısı ile binaların kullanım öncesi ve sonrasında performanslarını rahatlıkla değerlendirebilecek bir karar destek sistemidir.

SIMULATION AND REPRESENTATION OF OCUPANTS' EMERGENCY BEHAVIOUR AND MOVEMENT IN BUILDINGS USING AN AGENT BASED MODEL

SUMMARY

It is well known that during emergency in high populated buildings, like high-rise, stadium, theater and hospitals human life safety is very important. The conservative fire codes are inadequate to save human life during fire or other adverse conditions. For that reason since 1970's the aim of the scientific fire engineering and most of other disciplines like architecture researches for to understand and to simulate human evacuation behaviour under emergency situation in buildings. Simulations provide designers to perform the building before the adverse conditions and it's an important tool to see what happens in emergency and what cause to threats and deaths. In this case we can design and redesign our buildings more safely in case of fire and emergency situations. There are 28 evacuation simulation models in the literature. All of these models have different modeling systems and capable of different evacuation and occupant features. They also use their own experimental data in the simulation. This paper presents an agent based evacuation simulation model named '*ABEvac*' based on Anatolian human anthropometry, human behavior and movement under normal and emergency conditions.

In Turkey like in U.S.A., France, Spain and Greece terrorist attacks and building fires have been getting a big threat in more populated Turkish buildings as in the bombing of HSBC Bank headquarter on 20th November 2003 which led to the death of 11 people. Against to attacks and other threads like fires and earthquakes, this populated buildings occupants must be protected by their design tactics. For a more effective design, the building should be examined by these threads. Lots of computer models designed to simulate the buildings against to these threats. One of the most important things is that these models must be designed according to their environmental and occupant characteristics because every society has its own characteristics in case of an emergency situation. Human populations have so many differences in respect of physiologic, anatomic, behavioural and anthropometric views. Those differences occur for the reason of the interaction of genetic nature, environmental factors and cultural living standards of the society. Due to this point, using Anatolian human anthropometric, behavioral data's is efficient to have realistic output of evacuation analysis in Turkey. Modeling different characteristics of occupant's can be possible with agent based simulation model. Agent based modeling is artificial intelligence applied decision support system. By agent based modeling features, human behaviour and movement could be modeled like as in the real world.

For an effective evacuation model, evacuation dynamics should be understood thoroughly. The evacuation dynamics can be categorized in to three:

- Space: The environment in other words physical characteristics of the building includes such as corridors and staircases widths, landing areas besides these physical obstacles such as furniture, barriers and other architectural component that are all significant during the evacuation. For a realist model all these environmental characteristics of the building should be reflected by the model.
- Occupant: The most complex thing in the evacuation is human because it consists of behavioural, physical, psychological, movement characteristics of occupant. In case of a well defined of all each characteristics make modeling in adequate.
- Fire characteristics of environment: It is well known that the speed of the evacuation process is severely hampered by the smoke exposure of the occupants. A wide range of toxic gases can be generated during a fire depending on the burning contents. However, there is insufficient information about the influence of these gases on mobility parameters.

Evaluating evacuation performance of a building from the graphical plan is not effective as a decision support model that derived the dynamics of pedestrian movement's. An agent based decision support model was improved for to predict the evacuation process and total evacuation time. This study represents the first version of this agent based evacuation model named '*ABEvac*'.

Under the new developments about software and computer sciences technologies better models can be improved. Object oriented computer language Java is used to build up the agent based evacuation simulation model '*ABEvac*'.

'*ABEvac*' model is capable of modeling the architectural plan features of the building 2D as continuous space representing system. In this system physical characteristics of the building and physical obstacles can export from CAD file.

In the evacuation models two types of method were developed to define human, called as 'global' and 'individual'. In global type of modeling, there is one kind of human character and this character simulates all occupants. Occupants in the model behave the same in the same situations which is not similar to real evacuation behaviour. However in the individual type of human modeling every occupant behaves according to its own characteristics' feature. Individual human defining system was decided to use in '*ABEvac*' which is more realistic approach. On that point agent based modeling system is indispensable to model an individual occupant. In '*ABEvac*' evacuation simulation model, occupants represents with autonomous agents. These agents are defining three main characteristics of human dynamics. These are; antropometrik data of occupant, behavioural characteristics of occupant and movement characteristics of occupant.

Modeling antropometrik characteristics of human in '*ABEvac*' is represented as ellipse in enclosure. Forming ellipse, shoulder breath and circumference of basin are used which are accepted for Anatolian people anthropometric dimensions. Male and female are categorized into their age groups between 10-19, 20-29, 30-39, 40-49 and 50-59.

Behavioural characteristics of occupant under the emergency situation are the complexity of these studies. A survey was prepared to ask occupants of two office buildings what they would do in case of any emergency conditions. This survey also considers the occupant psychology, responsibility, building knowledge, behavioural

characteristics. Furthermore the results that were obtained from survey were statistically analyzed if there are any relations between occupant's ages, sex, building knowledge, studying floor.

Movement in '*ABEvac*' is very similar to real human behaviour. Occupants can understand their surrounding and they can choose nearest door and exit to evacuate building. If occupant not very similar to the building s/he move though to its knowledge based exit options. Movement speed of the occupant will be measured from the evacuation drill records.

'*ABEvac*' evacuation model was not able to simulated handicapped occupant behaviour and environmental fire data was not included to the model.

Every building has different usage, different features and different kind of occupants so it is not true to use the same fire codes while designing buildings. Every building must be performed by this kind of evacuation models instead of conservative rules.

However every society has its own characteristics so while performing buildings it should be considered carefully that choosing the model reflecting the related societies characteristics or not. For instance a model that was developed for British society's character will not give accurate results for buildings in Turkey. '*ABEvac*' evacuation model is modeled for Turkey and it was developed according to the features of Anatolian society. Furthermore '*ABEvac*' is agent based model and provide us to perform our buildings occupant individually. Exporting CAD drawing from any CAD file has very big advantage to use it before construct the building and post-occupancy evaluation.

1. GİRİŞ

Binalarda sirkülasyon sistemi, çözülmesi gereken önemli tasarım problemlerinden biridir. Özellikle ofis, hastane, tiyatro, sinema, stadyum gibi insan sayısının çok olduğu binalarda sirkülasyon sisteminin yanlış tasarlanması, tahliye sürecinde geri dönüşü olmayan felaketlere yol açabilir. Özellikle yurtdışında, bina sirkülasyonunun doğru tasarlanmasına yönelik katı kurallar ve yönetmelikler uygulanmaktadır. Ancak, performansa dayalı analiz araçları geliştikçe, bu kural ve yönetmelikler terk edilmekte ve sirkülasyon sistemi, kullanıcı hareketinin, davranışının ve yoğunluğunun analizine bağlı olarak, kısaca performansa dayalı olarak tasarlanmaktadır (Chow vd., 2002). Özellikle Kanada, A.B.D., İsviçre, Yeni Zelanda ve Avustralya gibi ülkelerde, performansa dayalı yönetmeliklerin uygulanmasını pekiştirmek için çeşitli benzetim modelleri geliştirilmektedir (Tavares ve Galea, 2009).

Bina performanslarının kullanım öncesi analiz edilmesi ve irdelenmesi mimarlık araştırmalarında önemli yer tutmaktadır. Binaların çevresel özelliklere karşı performanslarının değerlendirilmesinin yanı sıra iç mekan organizasyonlarının ve sirkülasyonlarının değerlendirilmeleri de yapılmaktadır. Bu kapsamda mekansal dizim (space syntax) çalışmaları mekan kurgusunun irdelendiği çalışmalar arasında gösterilebilir. İç mekan kurgusunu ilgilendiren diğer bir çalışma ise, binalardaki sirkülasyon sisteminin analiz edilmesidir. Mimari tasarım sürecinde, bina içi sirkülasyonu, bina giriş ve çıkışlarının tasarımları bu analizlerle test edilebilmektedir. Bu analizleri yapacak benzetim modellerinin kullanılması, güvenli bir sirkülasyon tasarımı yapma noktasında, tasarımcıya, daha gerçekçi karar verme ve tasarım yapma imkanı sağlamaktadır. Çünkü tahliye süreci analizinde modeller, vazgeçilmez unsurlar olan; mimari plan formunun, çevresel koşulların ve kullanıcı psiko-fiziksel yapısının etkilerini bir arada değerlendirebilmektedir.

Ayrıca bu benzetim modelleri ile bir takım planlama stratejileri ve kuralları, tasarlama sürecinde test edilerek afetlerin verecekleri zararlar da minimuma

indirilebilir. Aşağıda verilen denklem (1.1) söz konusu planlama stratejilerinden birine örnek gösterilebilir. Denklemden de anlaşılacağı üzere, tahliye için planlanan kaçış süresinin ya da binanın kaçışa tanıdığı sürenin, bina tahliyesi için gerekli olan maksimum süreden her zaman daha fazla olması gerekmektedir (Donegan ve McMaster, 2002).

$$\text{Planlanan kaçış zamanı} \geq \text{kaçış için gereken maksimum zaman} \quad (1.1)$$

1.1 Problemin Tanımı

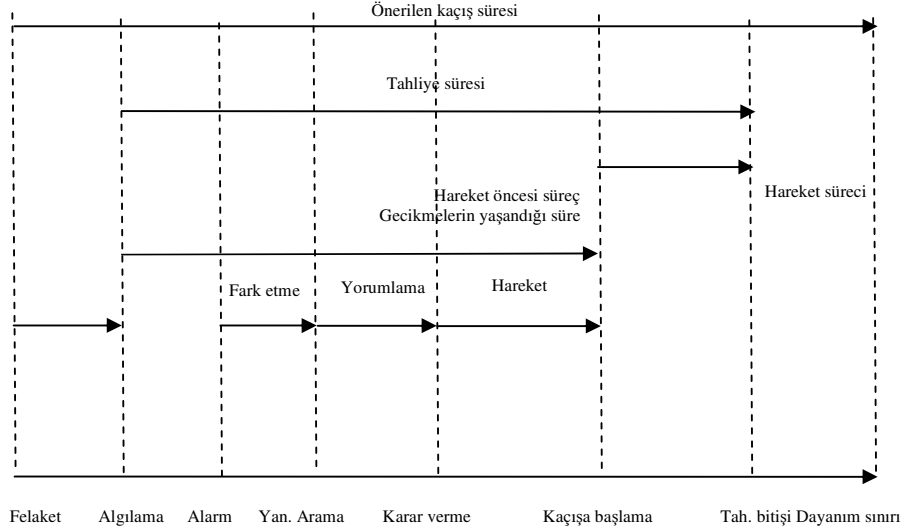
Yapılardan yangın ve deprem gibi felaketleri uzaklaştırmak dün olduğu gibi bugün de mümkün değildir. Bu felaketlerin etkilerini ve insana vereceği zararı en aza indirmek için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle sirkülasyon sisteminin önem kazandığı binaların tasarlama ve performanslarının değerlendirilmesine yardımcı olabilecek karar destek sistemlerinin geliştirilmesi yönünde çeşitli modeller giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmalarda, matematiksel modeller ve basit akış denklemlerine dayalı modellerin yanı sıra geline en son nokta, insanın kaçış hareketinin benzetimini yapan bilgisayar modelleridir. Ancak bu konuda yapılan çalışmalarda, insanın tahliye davranışı, psikolojisi ve kullanıcıların birbirleri ile olan etkileşimi hep göz ardı edilmektedir. Kullanıcıların tehlike karşısında hemen binayı boşalttığı varsayılmaktadır. Oysa yapılan çalışmalar bina tahliye sürecinin karışık bir takım insan ilişkileri, psikolojisi ve fizyolojik durumları ile bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle, British and International Organization for Standards of Fire Safety Engineering (FSE), kullanıcıların tahliye süresini, harekete geçme öncesi süreç ve hareket süreci olarak iki kategoride değerlendirmektedir (Bkz. Şekil 1.1) (Purser, 2001).

Harekete geçme öncesi süreç: bu süreç bina alarmının çalması ile başlayıp kullanıcının binadan kaçmaya başlaması ile sona ermektedir. Bina tahliye süresinin uzamasına yönelik karmaşık insan ilişkileri ve psikolojik etkilerin en çok yaşandığı aşama bu aşamadır. Bu süre kendi içinde iki başlıkta incelenmektedir.

Olayın fark edilmesi: Yangının başlamasından olayın fark edilmesine kadar geçen süredir ki, bu süre karşılaşılan duruma ya da algıya göre değişiklik gösterir.

Tepki süresi: Olay fark edildikten sonra başlayıp kaçış eylemi başlayana kadar geçen süredir.

Hareket süreci: Kullanıcının kaçıya başlaması ile başlayıp, binayı terk etmesiyle son bulan bir süreçtir.



Şekil 1.1 : Afet durumunda kullanıcıların bina tahliye süreci (Ko, 2003).

Hatta son yapılan çalışmalarda yangının algılanmasından önceki sürecin de çok önemli olduğu ve yangını nasıl daha hızlı algılayabiliriz çalışmaları yapılmaktadır.

Literatürden bilinmektedir ki, kullanıcıların tahliye süresinin büyük bir kısmı harekete geçme öncesi süreçte yaşanmaktadır (Bkz. Şekil 1.1) (Bryan, 1995). Bununla beraber bu sürenin nasıl işlediğine dair çok az bilgi vardır. Tahliye modellerinin bu noktalarda zafiyetleri söz konusudur. Modellerde kullanıcıların alarmı duyar duymaz binayı boşaltacakları varsayımı yapılmaktadır. Yazılımlarda da sıkça kullanılan bu varsayım, fizikteki akışkanlar dinamiğinin temel bazı kurallarına dayanmaktadır. Still'in de (2000) belirttiği gibi, bu yaklaşım doğru değildir; çünkü insanlar fizik kurallarına göre binayı boşaltmazlar, onları yönlendiren, istikametlerindeki tercihler ve bu tercihlerini yapmalarına neden olan unsurlardır. Gerçekçi bir yazılım için, bu tercihleri etkileyen, 'acil durum davranışının' anlaşılması son derece önemlidir. Mevcut yazılımların bu eksiklikleri, bu konularda yeterince veri toplanmamasından ve bu konudaki literatür eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

1.2 Tezin Amacı

Doktora çalışması kapsamında, sirkülasyon sisteminin önem kazandığı ve yoğun olarak kullanıldığı ofis binalarının sirkülasyon sistemini tasarlamaya ve bina tahliye performansını analiz etmeye yardımcı olabilecek bir benzetim modelinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Yapılacak olan çalışmada amaç, sanal ortamda, çeşitli ortam koşullarındaki kullanıcıların etmenlerle temsil edildiği, mekan, tahliye ve kullanıcı ilişkisinin incelenebileceği ve tahliye süresinin tahmin edebileceği bir model geliştirmektir. Yukarıda bahsedilen ve tahliye sürecinde oldukça belirleyici bir yeri olan ve bu konuda yapılmış diğer çalışmalarda göz ardı edilen insan tahliye davranışı ve eğilimlerinin de bu modele dahil edilmesi amaçlanmaktadır.

Geliştirilecek olan model ile çeşitli yangın senaryolarının analiz edilebilmesi de öngörülmektedir. Böylece mevcut bir binada ya da tasarım aşamasındaki projede, geliştirilen model kullanılarak, olası her türlü yangına karşı, tasarım önlemlerinin alınması ve optimal bir bina sirkülasyon sisteminin tasarlanmasına yardımcı olunması amaçlanmaktadır.

1.3 Tezin Kapsamı

Türkiye’de ve dünyada, binalarda meydana gelen felaketler karşısında kullanıcıların nasıl davrandıklarına, davranış önceliklerine, kaçış eğilimlerine, birbirleri ile olan etkileşimlerine ve tüm bu davranışların sürelerine ilişkin çok az bilgi ve araştırma vardır (Brayn 2002, Çakıcı 2004). Kaynaklarda söz edilen davranışların birçoğu (yangını arama ve yangını söndürmeye çalışma, binayı terk etme, itfaiyeyi arama, diğerlerini uyarma, aile bireylerine ulaşma, elektrikli aletleri kapama, yangın alanına bakan kapıları kapama, yangın alarmına basma, giyinme, bina içine girme, yakıcı malzemeyi ortadan kaldırma, kişisel eşyalarını alma, diğerlerinin itfaiyeyi aramasını sağlama vb.) literatürde kabul görmüş modellerde henüz modellenememiştir. Türkiye’de bu konuda yapılmış çalışma ve yerel bir veri tabanı yoktur. Doktora çalışması kapsamında, Türkiye’deki ofis binalarında, çalışan kullanıcıların acil durumlarda tahliye süresini etkileyen davranışlarının, eğilimlerinin ve etkileşimlerinin de saptanması hedeflenmektedir.

Ayrıca geliştirilecek olan modelin teknik alt yapısını oluşturacak olan etmen tabanlı modelleme yöntemi ve bu modelleme yöntemi ile yapılmış çalışmalar tez kapsamında incelenecek ve anlatılacaktır.

Tezin ana yapısı ise, geliştirilecek model ve bu modelin kabulleri, kuralları ve modelleme ilkeleri üzerine kurgulanacaktır.

Son olarak tez kapsamında, geliştirilecek model ile bir ofis binasının benzetimi yapılacak ve modelin geçerliliği sınanacaktır.

1.4 Tezde İzlenecek Yöntem

Oluşturulmak istenen bina tahliye modeli 4 aşamada geliştirilecektir;

1. Modelleme bileşenlerinin belirlenmesi,
2. Uygun modelleme tekniğinin belirlenmesi,
3. Modelin oluşturulması,
4. Modelin geçerliliğinin sınanması.

Modelleme bileşenlerinin belirlenmesi aşamasında, öncelikle tahliye sürecini etkileyen faktörlerin ve bileşenlerin neler olduğu ortaya konacaktır. Geliştirilecek model için bu faktörler ve bileşenlerden hangilerinin daha öncelikli olduğu belirlenecektir. Sonrasında belirlenen faktörlerin modellenmesi için literatürdeki modelleme teknikleri incelenecek ve uygun modelleme tekniği belirlenecektir. Uygun olduğu düşünülen tekniğin avantajları ve dezavantajları tekrar irdelenecektir. Ayrıca bu modelleme tekniği için uygun programlama dili belirlenecektir. Daha önceden kapsamı belirlenen model uygun teknik ve dilin kullanılmasıyla geliştirilecektir. Geliştirilen modelin tahliye tahminlerinin doğruluğu literatürde kabul görmüş başka bir modelin sonuçlarıyla karşılaştırılmak suretiyle sınanacaktır.

1.5 Tezin Sağlayacağı Katkılar

Tez çalışması ile aşağıda sıralanan katkıların sağlanacağı düşünülmektedir:

1. Sadece bina inşasından sonra değerlendirilebilen sirkülasyon performansının daha proje aşamasında analiz edilmesi sağlanacak ve bu analizler ışığında tasarıma yön verilebilecektir.
2. Yönetmeliklerdeki sirkülasyon sistemi tasarımına ilişkin katı güvenlik kuralları yerine, her bina için farklı çözümler üretilebilecektir.

3. Tasarımcının daha özgür tasarım yapmasına olanak verecektir.
4. Performans tabanlı bina analizinin ve tasarımının önemi ve etkisi daha iyi anlaşılacaktır.
5. Yapıların yangın riskine karşı dayanım süreleri ile bina tahliye süreleri kıyaslanarak bina dayanım sürelerinin gözden geçirilmesi sağlanabilecektir.
6. Türkiye'deki ofis binası kullanıcılarının acil davranış profili ve kaçış eğilimleri ortaya çıkarılacaktır.

Bu çalışma ile geliştirilecek tahliye modelinin sağlayacağı faydaların, mimari tasarım açısından ne kadar önemli ve vazgeçilmez olduğu ortaya çıkacaktır. Ayrıca performans analizine dayalı bir modelin sirkülasyon tasarımına nasıl ışık tutabildiği de anlaşılacaktır. Bu sayede Türkiye'deki akademik literatüre çok önemli bir katkı sağlanarak bu konudaki akademik çalışma eksikliğinin giderileceği düşünülmektedir.

2. LİTARATÜR İNCELEMESİ

2.1 Binalarda Kullanıcı Hareketinin Analizi

Kalabalık ve acil durumlardaki insan davranışlarının ve hareketinin anlaşılmasına çalışılması, son 40 yılda önemle üzerinde çalışılan konulardan biri olmuştur. Özellikle son zamanlarda binalarda yaşanan terörist saldırı, yangın ve deprem gibi felaketlerin artması konunun daha fazla irdelenmesine ve çalışmaların hızlanmasına neden olmuştur. Günümüze kadar devam eden konu ile ilgili araştırmalar, gelişmişlik düzeylerine bağlı olarak, üç ayrı kategoride değerlendirilmektedir (Anon., 1992):

- Bina tahliye süresinin, bir süre limiti olarak hesaplanmasına olanak tanıyan ampirik formüller,
- Basit matematiksel modeller,
- Bilgisayar tabanlı gelişmiş benzetim (simülasyon) modelleri.

Galea, E.R. ve Gwynne, S. (2004), tahliye modellerini beş sınıfa ayırmaktadır:

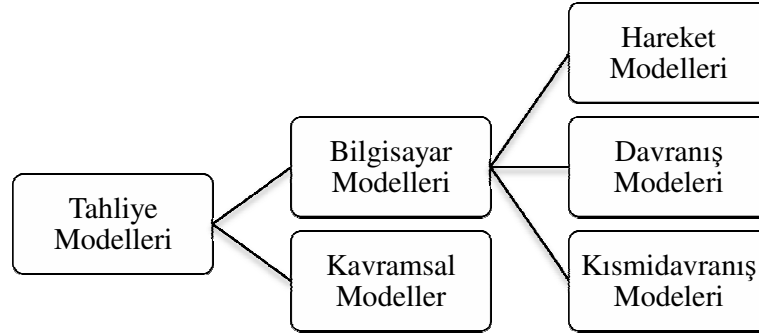
- Elle hesaplama,
- Bilgisayar tabanlı akış (flow) veya hidrolik (hydraulic) modeller,
- Rulman (Ball-bearing) modeller,
- Kural tabanlı modeller (rule based),
- Mekanın koşullarına hassasiyet gösteren modeller.

Kuligowski (2003), tahliye ile ilgili çalışmaları kavramsal modeller ve bilgisayar modelleri olarak iki gruba ayırmaktadır (Bkz. Şekil 2.1). Ayrıca yazar incelediği 28 farklı bilgisayar modelini ('BGRAF', 'CRIPS', 'DONEGAN'S ENTROPY MODEL', 'EGRESS', 'buildingEXODUS', 'E-SCAPE', 'EVACNET', 'EVACSIM', 'EXIT89', 'EXITT', 'MAGNETMODEL', 'PAXPORT', 'SIMULEX', 'TAKAHASHI'S MODEL', 'VEGAS', 'WAYOUT') modelde insanın temsil edilme şekline göre:

1. Yalnızca insan hareketlerini içeren (sadece akışkanlar mekaniği tabanlı) modeller (FPETOOL, EVACNET,) Takahaskı's Fluid Model, (Pathfinder,

Timtex, Wayout, Magnetic Model, EESCAPE, EgressPro, Entropy model ve STEPs),

2. Kısmi davranışsal modeller (PEDROUTE/PAXPORT, EXIT89, SIMULEX, GridFlow, ALLSAFE)
3. İnsan davranışını içeren modeller (CRIPS, ASERI, BFIREs, buildingEXODUS) olarak üç guruba ayrılmıştır.



Şekil 2.1 : Tahliye modellerinin sınıflandırılması (Klowski, 2003).

Üç başlık altında incelenen bilgisayar modelleri hareket modelleri, kısmi davranış modelleri ve davranış modelleri olarak belirtilmektedir. Hareket modelleri olarak tanımlanan bilgisayar modellerinde kullanıcının bir noktadan güvenli olan başka bir noktaya olan hareketinin benzetimi yapılmaktadır. Bu tür modeller, binada dar geçitli noktaları ve kullanıcı kuyruklarının olduğu bölgeleri göstermektedir. Kısmi davranış modellerinde ise, olası bazı özel durumlarda, kullanıcının nasıl davranacağı tanımlanmıştır ve kullanıcı olası özel durumla karşı karşıya kaldığında duruma göre karar verme yetisine sahiptir; modelde kullanıcının verdiği kararlara göre hareket edeceği belirtilmektedir.

2.2 Binaların Tahliye Süresini Ölçmede Kullanılan Yöntemler

Tahliye süresinin hesaplanmasında kullanılan yöntemler 3 aşamada sınıflandırılmaktadır:

- Analitik yöntemler,
- Elle hesaplanan akış veya hidrolik modeller,
- Benzetim modelleri.

2.2.1 Analitik yöntemler

Geleneksel olarak acil durumları değerlendirmeyen, standart insan hareket hızlarının ve mekansal boyutların bir fonksiyonu olarak tanımlanan basit ampirik bağıntılara dayalı modellerdir. Bu bağıntılara bağlı olarak empoze edilen mimari eleman boyut sınırlamaları gelişmiş batılı ülke standart ve yönetmeliklerinden bilinmektedir (Anon., 1992). Bina güvenliği ile ilgili çoğu kaynakta ve mimari eğitimde çoğunlukla bilinen ve günümüzde geçerliliğini kaybetmiş kural ve prensipler konu ile ilgili çalışmaların bu ilk basamağına dayanmaktadır (Olsson ve Regan, 2001; Notake vd., 2001).

İngiliz Standardı ((BS) 5588 (BSI, 1983))ve Londra metropolü yangın yönetmeliği (Greater London Council Code of Practice, 1974) tahliye süresinin belirlenmesinde, geçmiş yangın tecrübelerine bağlı olarak, bir takım kabuller yapmaktadır. Bu kabullere göre birim genişlikten dakikada geçen insan akışı 40 kişi, kat tahliye süresi ise 2,5 dakika olarak tavsiye edilmektedir. Merdiven kovalarının tasarımı, tavsiye edilen akış hızının gerçekleşmesi için gerekli genişliklerin, basamaklarda 1 m genişliğe bir kişinin sığacağı ve sahanlıklarda 0,3 m²'yi bir insanın işgal edebileceği varsayımına göre yapılmaktadır. Denklem (2.1), bu varsayımlara dayandırılan ve yapının taşıyabildiği insan kapasitesini (P) vermektedir.

$$P = p n + (t_e - t_s) r w \quad (2.1)$$

Burada,

p: Herhangi iki kat arasındaki merdiven kapasitesini,

n: O katın üzerindeki kat sayısını, 'w' merdiven yuvası genişliğini,

t_s: Bir kişinin 3 metrelik kat seviyesini, merdiveni kullanarak kat etme süresini (0,4 dak.),

t_e: Tavsiye edilen kat tahliye süresi (2,5 dak.),

r: Birim genişlikten dakikada geçen insan sayısıdır (40 kişi/m dak.).

Katların 2,5 dakikada boşaltılması koşulunu sağlayacak biçimde, tahliye süresini tahmin eden farklı ampirik formüller Denklem (2.2) ve (2.3)'de gösterilmektedir (Anon. 1992).

$$T_e = 200 b + (18 b + 14 b^2)(n - 1) \quad (2.2)$$

$$T_e = \frac{\sum_{i=k}^n Q_i}{N' b_{k-1}} + k t_s \quad (2.3)$$

Denklemlerde,

Q: Her kattaki insan sayısını,

n: Toplam kat sayısını,

b: Merdiven yuvası genişliğini,

N: Akış hızını,

K: Kat sayısını simgelemektedir.

Anlaşılabacağı üzere, bu yöntemlerle tahmin edilen süreler insan psikolojisini ve buna bağlı davranışları yansıtamadığı için bilimsel ve gerçekçi olmaktan uzaktırlar.

2.2.2 Akış veya hidrolik modeller

Yaya hareketinin akışkanlar dinamiğinden elde edilen bir akış dinamiği ile formüle edildiği modellerdir. Bu modellerde;

- Kullanıcıların hepsinin alarmı duyar duymaz aynı anda binayı tahliye ettikleri,
- Kullanıcıların tümünün sağlıklı olduğu ve kaçış engeli olmadığı,
- Akışın hiçbir koşulda kesilmediği yani devamlılığının korunduğu

Kabulleri yapılmaktadır (Nelson ve Mowrer, 2002).

Birçok makalede kullanılan ve kabul görmüş olan bu akış formülü (Bkz. Denklem 2.4) Fruin, Pauls ve Predtechenskii ve Milinskii'nin kullanıcı hareketleri ve akış çalışmalarının bir sentezi olarak ortaya çıkmıştır (Weckman vd., 1999).

$$S = k - akD \quad (2.4)$$

Burada:

S: Hız,

D: Birim alandaki insan yoğunluğu,

a: k_1 için 0,286 k_2 için 0,266 sabit sayı,

k: NFPA’de 3. Bölümde tablo 3-14.2 de verilen her yapı elemanı için tanımlı k_1 ve k_2 diye sınıflandırılmış sabit bir değerdir.

Akış ise denklem (2.5) ile hesaplanmaktadır. Burada:

F_s : Denklem (2.6) ile hesaplanan özgül akışı,

W_e : Etkili genişliği belirtmektedir.

$$F_c = F_s W_e \quad (2.5)$$

$$F_s = (1 - aD)kDW_e \quad (2.6)$$

Formüllerden de anlaşıldığı gibi bu akış hesaplamaları elle yapılacak kadar basittir. Formül akış genişliği ve bina yoğunluğu üzerine dayanmakta ve yaklaşık bir sonuç üretmektedir. Bu formüllere göre, yoğunluğun maksimum olduğu noktada akış duracaktır. Oysa Stil (2006), hac zamanında oluşabilecek sıkıntıları gidermek amacı ile 2004 yılında Mina Köprüsü’nü gözlemlediğinde, köprünün yoğunluğunun maksimum olduğu zamanda bile akışın devam ettiğini bildirmektedir.

2.2.3 Benzetim modelleri

Tahliye konusunda benzetim modelleri 1980’lerden sonra geliştirilmeye başlanmıştır (Kuligowski, 2003). Benzetim modelleri ölçeklerine göre ise mikroskobik ve makroskobik olmak üzere 2 ayrı sınıfta incelenmektedir (Pelechano ve Malkavi, 2007). Makroskobik modeller gaz kinetik modeller, rota seçebilen modeller, regresyon modelleri, kuyruk modelleri olarak sınıflandırılırken mikroskobik modeller kural tabanlı modeller, sosyal mukavemet modeller, hücresel özdevinim modeller olarak ayrılmıştır. Mikroskobik modellerde model görsel olarak bağımsız bir insanı modelleyebilmektedir. Gerçek insan vücudu ve bacak hareketi bu modellerde tanımlanabilmektedir. Ancak kullanıcılar arasındaki etkileşim bu modellerde henüz tanımlanmamıştır.

Gwynne vd., (1999), tahliye modellerini sonuçlarına göre 3 grupta incelemiştir. Benzetim modelleri, optimizasyon modelleri ve risk değerlendirmesi yapan modeller. Gwynne vd., (1999)’da, Optimizasyon modelleri olarak nitelendirilen ‘EVACNET’ ve ‘TAKAHASHI’S MODEL’ tahliye sürecinin, bina kullanıcılarının kitlesel bir akışkan gibi davrandığını kabul ederek modellendiği rapor edilmektedir. Kişisel

davranışların her iki modelde de ele alınmadığı belirtilmektedir. Yazarlar, benzetim modellerinde, hem kişisel davranışların hem de hareket biçimlerinin gerçek durumlarda karşılaşılan gözlem ve bulgulara dayandırıldığını ifade etmektedirler. Bu kategori dahilinde değerlendirilen yazılımlar, 'BGRAF', 'DONEGAN'S ENTROPY MODEL', 'EXITT', 'EGRESS', 'E-SCAPE', 'EXIT89', 'buildingEXODUS', 'MAGNETMODEL', 'SIMULEX', 'VEGAS' ve 'PAXPORT' olarak sayılmaktadır. Ancak bu modellerde kullanılan kullanıcı davranış algoritmalarının ve sonuç hassasiyetinin büyük değişiklikler gösterebildiği vurgulanmaktadır. Benzetim modelleri içinde sadece 'BGRAF', 'buildingEXODUS', 'MAGNETMODEL', 'SIMULEX' ve 'EGRESS', mekan içindeki kullanıcı hareketlerini modelleyebilen, ağ bölüntüsü içermektedir. Diğerleri için bina geometrisi duvarlarla bölünmüş mekanların birleşmesinden oluşmakta ve mekan içi hareketler (mobilya etrafından dolaşma, engel aşma, karşılıklı çarpışma, kaçış öncesi hareketler) gözlemlenememektedir. Bazı modellerin, mekan içi hareketleri modelleyemese de, kişisel kullanıcı bilgilerini değerlendirebildiği bildirilmektedir. Bu modellerin içinde yer alanlar 'EXITT' ve 'E-SCAPE' olarak açıklanmaktadır. Hareket denklemlerinin akışkanlar mekaniği veya manyetik alan denklemlerine dayandırıldığı modeller, *işlevsel analoji modelleridir* (Functional Anology); 'TAKAHASHI'S MODEL' ve 'MAGNETMODEL' modeller örnek gösterilebilir. Söz konusu kimi hareket denkleminin davranış kurallarını değerlendirdiği belirtilse de, bu kuralların karmaşık matematiksel ifadelerle dayandırıldığı modeller ise *Örtük Davranış* (Implicit Behaviour) olarak ifade edilmektedir ('EXIT89', 'PAXPORT', 'SIMULEX'). Hareket karar mekanizmalarının en gerçekçi biçimde modellenmesinin, davranış psikolojisi bulgularının doğrudan uygulanması ile mümkün olabileceği vurgulanmaktadır. Davranış bulgularını stokastik yöntemlerle değerlendiren bu modellerin içinde 'BGRAF', 'EXITT', 'E-SCAPE', ve 'buildingEXODUS' yer almaktadır. Geliştirilme aşamasında olan ve yapay zeka yaklaşımını (Artificial Intelligence) kullanan az da olsa üç ayrı yazılımın; 'DONEGAN'S ENTROPY MODEL', 'EGRESS' ve 'VEGAS', mevcut olduğu da bildirilmektedir. Yazarlar, bu modellerin doğrulanması hususunda bilimsel çalışmaların yürütülmesi gereğini özellikle vurgulamaktadırlar.

Santos ve Aguirre (2004), benzetim modellerini, 4 gruba ayırarak incelemektedir:

- Akış tabanlı modeller (flow-based models),
- Hücresel özdevinim modeller (cellular automata models),
- Etmen tabanlı modeller,
- Davranış tabanlı modeller (activity-based models).

Xiaoping vd. (2009), tahliye modellerini modelleme yaklaşımlarına göre 7 kategoriye ayırmışlar. Bunlar; hücresel özdevinim, kafes-gaz modeller (lattice-gas), sosyal-mukavemet modeller (social force models), akış dinamiği modelleri, etmen tabanlı modeller, oyun kuramı modelleri, hayvan deneklerin gözlemlenmesi sonuçlarına dayanan modeller.

Benzetim modelleri gelişim sıralarına göre; rulman modeller (ball-bearing models), kural tabanlı modeller, hücresel özdevinim modeller, kafes-gaz modeller, sosyal mukavemet modelleri, akış dinamiğine dayalı bilgisayar modelleri, oyun kuramı modelleri ve etmen tabanlı modeller olmak 8 kategoride sıralanabilir. Bu modelleme yöntemlerinin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları aşağıda anlatılacaktır.

2.2.3.1 Rulman modeller

Rulman modeller (Ball-bearing) olarak nitelendirilen bu kategorideki modellerde, bir bina parçasının barındırabileceği maksimum insan sayısı temel alınarak, hareketin dış etkenlerden otomatik olarak etkilendiği ve düşünmeyen bireylerce oluşturulduğu kabul edilmektedir. Kullanıcıların yürüttükleri aktiviteyi derhal sonlandırıp, binayı terk etmeye başladıkları varsayılmaktadır. Yön ve tahliye hızı kişi yoğunluğuna ve çıkış kapasitesine göre düzenlenmektedir. Bu yaklaşımla, bina sakinleri, ilk defa tekil olarak ve topa benzer (ball bearing) şekilde modellenmektedir. Tanımlı tek bir insan tipi olduğu için kullanıcılar tamamen homojen ve birbirlerinin kopyası şeklindedir. Bu nedenle, bu modelleme sınıfında, kişisel hareketler ele alınmamakta, kitlesel hareketler değerlendirilebilmektedir.

2.2.3.2 Kural tabanlı modeller

Kural tabanlı modeller bilgisayar grafik programcılar tarafından yaygın olarak hayvan (karınca ve arı gibi) ya da yaya kalabalıklarının sürü hareketinin modellenmesinde kullanılmaktadır. Kural tabanlı modele en iyi örnek Reynold tarafından geliştirilen ‘boids’ modelidir (Reynold, 1987). Modelde ‘boids’ adı verilen parçacıkların ayrıntılı davranışları modellenmekte ve birbirinden bağımsız bu parçacıkların hareketleri sonrası oluşan sürü hareketlerinin benzetimi yapılabilmektedir. Tüm tanımlı çevrede dolaşabilen ‘boids’lerin pozisyonlarını ve hızlarını belirleyen ayrılma, sıraya dizme ve birbirlerini tutma başlıklarında 3 basit kural vardır:

- Ayrılma kuralı, parçacıkların birbirlerinden bağımsız hareket etmesini sağlar.
- Sıraya dizme kuralı, parçacıkların bir grup altında birleşmesini sağlar.
- Birbirini tutma kuralı, parçacıkları birbirlerine ortalama bir uzaklıkta ama birbirlerine yakın tutmayı sağlar.

Bu tür modelleme ile kullanıcılar çevre koşullarından da (örn. yoğunluk) etkilenen heterojen karakterdeki tekil parçacıklar olarak modellenebilmektedir.

2.2.3.3 Hücresel özdevinim modelleri

1963 yılında Von Neumann tarafından ortaya atılan hücresel özdevinim modelleri, mekanı ve zamanı, eşdeğer parçalara ya da modüllere böler. Hücresel özdevinim modelleme yaklaşımında her bir modül, içinde bulunduğu koşulların değişkenlerinin belirlediği ve eşzamanlı değişen, farklı zaman kademelerini içermektedir. Programdaki etmenler bu zaman kademelerindeki koşulların uygun olup olmamasına bağlı olarak hareket etmektedir (Wolfram, 1983).

Hücresel özdevinim modelleme yaklaşımı son yıllarda bina tahliyesinin benzetimi çalışmalarında da tercih edilen bir yöntem olmaktadır. ‘EGRESS’, ‘PathFinder’, ‘TIMTEX’ ve ‘magnetic model’ bu modelleme yaklaşımı ile oluşturulmuş modellerdendir.

‘Egress’ isimli programda, bina sakinleri, bireysel olarak ve bir kullanıcı bir modül yer kaplayacak şekilde modellenmiştir. Program pilot bir planın veya büyüklüğü ne olursa olsun metrik bir planının tahliyesini test edebilmektedir. Hücresel özdevinim tekniği bu programda, plan içindeki kullanıcının, bir dizi zaman kademesindeki

hareketini yönlendirmektedir. Bu zaman adımlarındaki harekette, kullanıcının duman ve tehlikeli madde ile karşılaşma hali de dahil edilmiştir. Böylece program, zararlı maddelerin, zaman içinde akışı nasıl etkilediğini de ortaya koyabilmektedir. Program bireysel hareketler üzerinden çalıştığı için bina sakinlerinin grup hareketi ya da sosyal davranışları modelde gözlemlenememektedir.

‘Magnetic model’ adlı model de, yine hücresel özdevinim modelleme yaklaşımı ile oluşturulan bir yazılımdır (Castle, 2007; Kuligowski, 2004). Bu modelde her bir kullanıcı, belirlenen rota, en kısa rota ve yol bulma ismi verilen 3 farklı metotla hareket etmektedir. Sosyal davranışı içermesi açısından kullanıcıya bir gruba dahil olma özelliği de atanabilmektedir.

Hücresel özdevinim modelleme yaklaşımı ile kullanıcı ve çevre etkileşimi modellenebilmektedir. Hücresel özdevinim modelleme yöntemi ile geliştirilen ‘EGRESS’ adlı modelde atlama (jumping), sürtünme (clogging), engelin etkisi, kullanıcıların birbirleriyle olan rekabeti, geri dönme ve yön değiştirme, gibi bir çok özel davranışın da benzetimi yapılabilmektedir (Xiaoping vd., 2009).

2.2.3.4 Kafes-gaz modelleri

Kafes-gaz modelleri (Lattice-gas models) hücresel özdevinim modellerinin özel bir halidir. İlk olarak 1980’lerde Ferdkin ve Toffoli tarafından tanımlanmışlardır (Xiaoping vd., 2009). Bu tür modellerde her bir kullanıcı aktif bir parçacık olarak ızgarada yer alır. Bu tür modelleme ile tek başına hareket eden parçaların bir araya gelmesiyle oluşan topluluk davranışı da modelde simüle edilebilmektedir.

Kafes-gaz modelleme yaklaşımı ile geliştirilen tüm bina tahliye modellerinde tek tip kullanıcı modeli vardır. Tahliye benzetimini yapmak için lattice gas modelleme yaklaşımı sosyal mukavemet modelleme yaklaşımı gibi diğer modelleme yöntemleri ile kombine çalışabilmektedir.

Kafes-gaz modelleme yaklaşımı ile Çağdaş (1986), bir benzetim modeli geliştirmiştir. Bu modelde binanın plan formu düğüm noktaları ve bağlantı hatlarından oluşan bir ağ sistemi ile temsil edilmektedir. Geliştirilen algoritma, temel olarak iki ayrı kısımda ele alınmıştır: 1. Binanın geometrisinin düğüm noktaları ve bağlantı hatları ile modellenmesi, 2. İnsan hareketlerinin hareket hızına ve yoğunluğa göre, belirlenen ağ sisteminde, akış karakteristiğinin hesaplanması. Çalışmada ele

alınan okul binasında, plan derslik ve koridorlardan oluşmakta, her derslik ve koridora açılan kapı birer düğüm noktası ile temsil edilmektedir. Her derslik de, kendi içinde öğrencilerin sıralarda oturma konumlarını temsil eden düğüm noktaları ile derslik içi koridorlarla kesişim noktalarını ifade eden düğüm noktalarından teşkil edilmiş bir ikincil ağ sistemi ile temsil edilmektedir. Düğüm noktalarının arasındaki bağlantılar bir seri -hücre ile teşkil edilmektedir. İki düğüm noktası arasındaki hücre sayısı, düğüm noktası yoğunluğuna göre belirlenen hareket hızına bağlı olarak, geçiş süresi/birim süre oranı kadar belirlenmektedir. Dolayısı ile her bir hücre birim geçiş süresine (period) sahiptir. Düğüm noktasında yoğunluğun artması ve hızın düşmesi ile hücre geçiş süresinin düşmesi halinde, ilgili hücrenin alt hücreleri (sub-cells) oluşturularak, kuyruk ve sıkışmalar modellenebilmektedir. Algoritma, bina geometrisini, derslik geometrisini ve her düğüm noktası ve hücrede kapasite ve akış hızını birim geçiş süresi aralıklarında kontrol edebilecek biçimde, matrislerle ifade ederek, bilgisayar ortamında işleme uygun hale getirmektedir. İnsan hareketinin modellenmesinde, yazılım sadece daha önce belirlenen sabit bir rota üzerinden hesap yapabilmektedir. Rota üzerindeki bir hücreden diğerine geçen insan sayısı, geçilen hücredeki insan sayısına eklenmekte, daha sonra da bu sayıdan düğüm noktasını terk eden insan sayısı çıkarılmaktadır. Farkın sıfır olması halinde bekleme olmadığı, pozitif olması durumunda ise beklemenin olduğu tespit edilerek, ağ sistemine yeni alt hücreler eklenmektedir. Bir okulda aynı koridor üzerinde konumlanan 4 dersliğin kademeli olarak boşaltılması, 5 gün üst üste video kamera ile yapılan çekimlerle gerçekleştirilmiş, ortalama tahliye tatbikatı süreleri ile modelin analiz süreleri makalede karşılaştırılmıştır. Bir derslik için her bir öğrencinin dersliği terk etme süreleri karşılaştırıldığında, uyumlu sonuçlar elde edilse de, kişisel davranış farklılıklarının, tahliye süresinin tahmininde çok etkili olabileceği yazar tarafından ifade edilmektedir. Çalışmada ayrıca, kritik düğüm noktalarında, her bir zaman diliminde, kaç kişinin geçmiş olduğu histogramlar ile sunulmakta ve yoğunluk noktaları belirlenmektedir. Bazı düğüm noktalarında belli zaman aralıklarında maksimum insan yoğunluğuna ($0.27m^2/kışı$) erişildiği ve hatta aşıldığı görülebilmektedir.

2.2.3.5 Sosyal mukavemet modelleri

1995 yılında Helbing ve Molnar'ın önerdiği bu ilk sosyal mukavemet modelinde, kullanıcı hareketi 4 ana kuralla tanımlanmaktaydı. Kullanıcıların varmak istedikleri bir hedefleri, diğer kullanıcılarla, duvarlar ve diğer yapı bölücüleri ile aralarında belli bir mesafe olmalıydı. Kullanıcılar bazı nesnelerden ya da diğer kullanıcılardan etkilenmeliydi. Örneğin pencereler, kapılar ya da tanıdık kişiler (Helbing ve Molnar, 1995).

Zheng ve diğerleri (2002), geliştirdikleri sosyal mukavemet modelinde, kullanıcıları sosyal niteliklerine göre ayırmış ve bu nitelikler çerçevesinde modelde kullanıcı davranışını tanımlamışlardır. Bu öngörü ile model, aynı sosyal özelliklerdeki kullanıcıların aynı davranış biçimini sergileyecekleri şekilde oluşturulmuştur.

Hücrel özdevinim modeller ile sosyal mukavemet modellerin arasındaki ana fark, mekanın temsilde benimsedikleri farklı yaklaşımlardır. Sosyal mukavemet modeller mekanın temsilde devamlı ağ sistemini (continious) kullanırken, hücrel özdevinim modeller sık ağ sistemini (fine network) kullanmaktadır (Pelechano ve Malkavi, 2007).

2.2.3.6 Akış dinamiğine dayalı bilgisayar modelleri

1971'de Henderson, yayaların yoğun kalabalıktaki hareketlerinin gaz veya sıvı akışlarına benzediğini varsaymıştır. Bradley ise 1993'te yoğun kalabalıklardaki kullanıcının hareketini anlamak için 'Navier-stokes' denklemini kullanmanın doğru olacağını öngörmüştür (Hughes, 2002). Helbing ve diğerleri (2002), orta ve yüksek yoğunluklarda yaya hareketlerinin akışkanların hareketine benzediğini, yayaların ve kuşların karda çıkardığı izlerin dere yatağının akış şekline oldukça çok benzediğini ifade etmektedir. Akış dinamiğine dayalı tahliye modelleri, kullanıcı yoğunluğu ve hızının zaman içinde nasıl değiştiğini bazı diferansiyel denklemler yardımı ile tanımlamaktadırlar. Hughes (2003), bu akışı yaya hareketlerini gözlemleyerek aşağıdaki gibi formülize etmiştir (Bkz. (2.7), (2.8), (2.9)).

$$p = \sum_{i=1}^N P_i \quad (2.7)$$

$$-\frac{\partial p_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(p_i g(p) f_i^2(p) \frac{\partial \phi_i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(p_i g(p) f_i^2(p) \frac{\partial \phi_i}{\partial y} \right) = 0 \quad (2.8)$$

Ve

$$g(p)f_i(p) = \frac{1}{\sqrt{(\frac{\partial \theta_i}{\partial x})^2 + (\frac{\partial \theta_i}{\partial y})^2}}, i = 1, \dots, N, \quad (2.9)$$

N: Yay tipinin sayısı,

∂ : Seyahat süresi,

p : Kalabalığın yoğunluğu,

f_i : Yayaların yürüme hızı,

$g(p)$: Rahatsızlık çarpanı,

x, y, t : yatay düzlemdeki mekan ve zamana bağlı koordinatlar

Rahatsızlık çarpanı, kullanıcının rahat yürüyerek çıkışa ulaşması gereken mesafenin, acil durumdan dolayı tıkanması halinde tıkanan kısma çıkış mesafesine oranıdır.

Bu formüllere ve akış dinamiğine dayalı iki tanesi Hughes tarafından geliştirilen toplam 3 adet bina tahliye modeli mevcuttur. Bu üç modeldeki, kullanıcıların o modelin içinde tanımlanmış kurallar çerçevesinde aynı durum karşısında benzer davranışlar sergileyecekleri belirtilmektedir.

2.2.3.7 Oyun kuramı modelleri

Oyun kuramı modelleme yaklaşımı 1944 yılında Von Neumann tarafından ortaya atılmış ve 1949 yılında John Nash tarafından kuramın denge denklemleri geliştirilmiştir (Nelson, 2003). Oyun kuramı, bireyin, başarısının diğerlerinin seçimlerine dayalı olduğu mantığının matematiksel denklemlere dönüştürülmesidir. Diğer bir ifade ile, oyun kuramı, genel anlamda birbiriyle yarışan rakiplerin matematik yönden karar verme işlemlerinin soyut ifadesidir. Oyun kuramı modelleme yaklaşımına göre bina tahliye analizi yapan tek çalışma Lo ve diğerleri (2006), tarafından yapılmıştır. Tek tip karakterde kullanıcının tanımlı olduğu bu modelde, kullanıcıların binadaki tüm çıkışları bildikleri ve kendileri için hangi çıkış daha uygunsa o çıkışa yönelerek hareket ettikleri belirtilmektedir. Bu modelde kullanılan Nash Denge denklemi kullanıcıların tıkanıklık durumundaki kaçış stratejilerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Tek çıkışlı binaların tahliye analizi için daha uygun gibi görünen model, çok çıkışlı binalarda kullanıcının tüm çıkışları bilmemesi durumunda başarısız olabilecektir.

Özetle, yaklaşık son 20 yıldır tahliye çalışmaları, benzetim ile modelleme üzerine yoğunlaşmıştır. Bu 20 yıl içerisinde literatürde kabul görmüş, kullanıma açık otuzdan fazla bina tahliye modeli mevcuttur. Tahliye benzetim modellerinde, farklı modelleme metodolojileri geliştirilmiş veya farklı teknikler denemiştir. Bu tür benzetim yazılımlarında geline en son aşama etmen tabanlı modellemedir. Etmen tabanlı modelleme Bölüm 3’de detaylı olarak anlatılmaktadır. Gelişen yeni teknolojiler, bilgisayar donanımları ve yazılımları farklı yeteneklerde ve özelliklerde modeller geliştirilmesine önemli birer etken olmuşlardır.

3. ETMEN TABANLI MODELLEME YAKLAŞIMI

Etmen tabanlı modelleme ile ilgili literatürde, etmen-tabanlı bilgisayar modellemesi, etmen tabanlı sosyal benzetim, etmen tabanlı bilgisayar benzetimleri ve etmen tabanlı modelleme ve benzetim gibi çok çeşitli terminolojiler kullanılmaktadır. Çoklu etmen sistemler de yine etmen tabanlı modelleme yaklaşımını ifade etmekte kullanılan terimler arasındadır. Çoklu etmen sistemler, çok sayıda özerk etmenlerin bir araya gelerek etmen topluluğunu oluşturabilen modellerdir (Castle ve Crooks, 2006). Bu özelliği ile etmen tabanlı modelleme, dünyadaki gerçek varlıkları ve onların oluşturduğu sistemleri anlatmak ve benzetimini yapmak için kullanılan en uygun yaklaşımdır. Etmen tabanlı modelleme ile diğer modelleme yaklaşımlarından çok daha gerçeğe yakın benzetimler yapıldığı bilinmektedir.

3.1 Etmen Tabanlı Modelleme, Kullanıldığı Alanlar ve Özellikleri

‘Etmen’ (agent) terimi farklı disiplinlerce ve farklı uygulama alanlarında kullanıldığı için literatürde bu terimle ilgili genel bir tanımlama yapılamamaktadır. Hatta bazı bilgisayar programcıları modeldeki herhangi bir bağımsız bileşeni ‘etmen’ olarak tanımlayabilmektedir (Bonabeau, 2002). Bu çalışma kapsamında etmen tabanlı modelleme yaklaşımı ile anlatılmak istenen, farklı karar mekanizmalarına sahip insanların birbirleriyle olan etkileşimlerinden ortaya çıkan genel dinamiğin anlaşılmasına yardımcı olabilen aşağıdan yukarıya doğru bir benzetim modellemesidir. Böyle bir modelde, insanları veya insan gruplarını etmenler, insanların sosyal ilişkisini ise etmenlerin etkileşimleri temsil etmektedir.

Fikir olarak ilk defa 1940’larda ortaya atılan ve enformasyon teknolojilerinin gelişimi ile 1990’larda ancak yaygınlaşabilen etmen tabanlı modelleme yaklaşımındaki ilk çalışmalar kuşların sürü hareketini modellemek üzere 1987 yılında Reynolds tarafından gerçekleştirilmiştir (Sullivan ve Haklay, 2000). Benzer modelleme teknikleri yaya hareketini modellemek üzere 1992 ve 1999’da denenmiştir. 1997 yılında ise trafik hareketini incelemek için ‘TRANSIMS’ isimli model geliştirilmiş ve bir şehirdeki binlerce insan bu modelle modellenerek trafik

akışı ve sıkışıklıkları incelenmiştir. Daha karmaşık bir model olan ‘Streets’ ise insanların alışveriş alanlarındaki davranışını incelemek üzere geliştirilmiştir ve modelin modelleme yaklaşımı ‘TRANSIMS’ modeline benzerlik göstermektedir. Modelin, yayaların sosyo ekonomik ve diğer özelliklerinin işlendiği ön model ve yayalara ait hareketin benzetiminin yapıldığı etmen model isminde iki alt modelden oluştuğu bilinmektedir (Schelhorn vd., 1999). Bunların dışında etmen tabanlı modeller sosyal davranışları ‘SUGARSCAPE’ (savaş, kültürel tehlike, salgın hastalık, vb.) ve ekonomik gelişmeleri gözlemlemek içinde kullanılabilir. Sullivan ve Haklay (2000), etmen tabanlı bilgisayar yazılımlarını 4 grupta incelemektedirler;

- İnsan hareketini modelleyen yazılımlar,
- Sürü hareketini inceleyen modeller,
- Ekonomik hareketleri inceleyen modeller,
- Sosyal davranışları inceleyen modeller.

Billari ve diğerleri (2006), etmen tabanlı modelleme yaklaşımının yaya hareketleri ya da akışsal hareketlerin modellenmesi dışında, sosyoekonomik analizlerin yapılmasında, halk ve nüfus bilimi ile ilgili çalışmalarda, ekoloji ve çevre ile ilgili modellerde oldukça yaygın olarak kullanıldığını anlatmaktadır.

Bonebeau (2002), ise bu yaklaşımın, akış benzetimleri, organizasyonel benzetimler, pazarlama benzetimleri ve yayılma benzetimleri olmak üzere 4 farklı çalışma alanında kullanıldığını anlatmaktadır.

Yukarıda anlatıldığı üzere, etmenler, farklı disiplinlerce farklı amaçlara yönelik çok değişik şekillerde kullanılmaktadırlar. Bu nedenle de, etmenlere yönelik kabul görmüş bir tanım yoktur. Ancak etmenlerin genel özellikleri Castle tarafından aşağıdaki gibi listelenmektedir (Castle, 2007):

- Etmenler özerktir: etmenler programda kendi bağımsız kararlarını verebilmektedir. Diğer etmenler ile etkileşim kurmak konusunda serbesttirler.
- Etmenler heterojendir: her birinin fiziksel ve davranışsal özellikleri farklılık gösterebilmektedir.
- Etmenler hareketlidir: etmenlerin hareket kabiliyeti vardır ve aktiftirler. Etmenlerin bu hareket kabiliyetleri de aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

- Etmenler belli bir hedefe yönlenebilirler ve kendi bağımsız çıkış rotalarını belirleyebilmektedirler. Bu durum etmenlerin ön aktivitesi (pro-aktiveness) olarak tanımlanmaktadır.
- Etmenler diğer etmenlerle etkileşime girebilir ve haberleşebilir: etmenler diğer etmenlere soru sorabilecek düzeyde ve yetenektedirler.
- Etmenler kendi çevrelerini tanıyabilecek veya duyarlı olabilecek şekilde tasarlanabilmektedir.

Etmen tabanlı modelleme, bir ağ ya da mekandaki tekil varlıkları ve aralarındaki ilişkilerin benzetimini yapabilen bilgisayar modelleme yöntemi olarak kullanılabilmektedir (Sullivan ve Haklay, 2000). Oyun kuramı (game theory), karmaşık sistemler (complex systems), belirme (emergence), hesaplamalı sosyoloji (computational sociology), çoklu etmen sistemler (multi agent systems) ve evrimsel programlama (evolutionary programming) gibi modelleme yöntemlerinin birtakım parçalarını bünyesinde barındırmaktadır. Rastsal değişkenlerin sisteme etkisini incelemek için kullanılan ‘Monte Carlo Benzetimi’, bu modelde rastgele ortaya çıkan durumları saptamak için kullanılmaktadır.

Etmenler bilinçli objeler olarak da tanımlanırlar ve bilgisayar ortamında insanı temsil edebilirler. Etmen tabanlı modeller 3 temel içerikten oluşmaktadır;

- Etmenler (akıllı objeler),
- Çevre,
- Kurallar.

Yukarıda bahsi geçen bu 3 temel içerik, tahliye davranışını modelleme bileşenleri ile birebir örtüşmektedir.

Bonebeau (2002), etmen tabanlı modelleme ile, etmen adı verilen ve birbirlerinden bağımsız karar verme yeteneğine sahip varlıkların bir araya gelmesiyle oluşan bir sistemin modellendiğini belirtmektedir.

Bina kullanıcısına ilişkin birçok karakteristik özellik etmen tabanlı modelleme ile temsil edilebilmektedir. Toyama ve diğerleri (2006), geliştirdikleri benzetim modelinde cinsiyet, yaş, hareket hızı, kullanıcı bina bilgisi, engel aşabilme yeteneği ve kitle (sürü) hareketinin etmenler tarafından temsil edildiği belirtilmiştir.

John Holland (1995) ise, etmenleri bilgisayar ortamında, mekana adapte olabilen kural tabanlı (rule based) girdi-çıkıtlı unsurları olarak tanımlamaktadır. Tanımlanan kuralların, etmenlerin mekanın değişen koşulları karşısında nasıl hareket edeceğini belirlediğini bildirmektedir.

Parça sistemlerinden (gas-particles, fluid-dynamics) farklı olarak etmenlerin özellikleri ve davranışları, birbirlerine göre farklılık, heterojenlik ve dinamiklik gösterirler. Davranışsal kurallar ise durumun karmaşıklığına göre değişebilmektedir.

3.2 Etmen Tabanlı Modellemenin Avantajları

Bonabeau (2002), acil durum davranışını kapsayan benzetim modellerinde etmen tabanlı modelleme yaklaşımının kullanışlı olacağı durumları aşağıdaki gibi listelemiştir;

- Etmenler arasındaki etkileşimin karmaşık, doğrusal ve sürekli olmadığı zamanlarda, bu devamlı olmayan hareketin modelde diferansiyel denklemler ile tanımlanması oldukça zor olmaktadır. İşte bu noktada etmen tabanlı modelleme yaklaşımı bu problemin çözümünde oldukça kullanışlı olmaktadır.
- Heterojen toplulukların modellenmesinde matematiksel denklemler başarılı olamayacağından bu tür modelleme ihtiyacının olduğu yerlerde etmen tabanlı modelleme vazgeçilmez görülmektedir.
- Kullanıcıların programda bu kompleks hareketleri sergilerken aynı zamanda öğrenebilir ve adapte olabilmelerinin istenmesi durumunda etmen tabanlı modelleme yaklaşımının kullanılması uygun olmaktadır.

Etmen tabanlı modelleme yöntemi ile varlıklar, gerçek dünyada olduğu gibi, birbirlerinden farklı biçimsel ve fiziksel yetilere ve en önemlisi özerk davranışlara sahip olarak modellenebilmektedir. Bu özelliği ile etmen tabanlı modelleme insanın modellenmesinde oldukça başarılı olmaktadır.

Sonuç olarak, etmen tabanlı modelleme yaklaşımının esnek olması, geometrik mekan modellenmesine olanak sağlaması, etmenlerin hız ve yön atanabilen hareket kabiliyetine sahip olması ve etmenlerin bir birbirleriyle etkileşime girebiliyor olması nedeni ile oldukça avantajlı bir modelleme yöntemidir. Ayrıca etmenlerin

öğrenebiliyor olması, kültürel kimlik edinebilmesi ve kurallara uygun davranabiliyor olması bu modelleme yönteminin gerçek sonuçlar üretebilen bir modelleme yapmasını sağlamaktadır. Etmen tabanlı modelleme yaklaşımının bir diğer üstünlüğü, etmenlerin belli özelliklerine göre gruplandırılabilmesi veya özerk olarak tanımlanabilmektedir.

3.3 Etmen Tabanlı Modellemenin Dezavantajları

Modellenmek istenen durumun amacına göre etmen tabanlı modelleme yaklaşımının da bazı limitleri vardır. Castle (2007), insanı baz alan bir sistemde etmenlerin insan gibi davranabilmesi için insana ait verilerin kalibrasyonunun çok iyi yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Aksi takdirde etmenlerden oluşan sistemin doğru benzetim yapamayacağını belirtmektedir.

Xiaoping ve diğerleri (2009), etmen tabanlı modellemelerin, hücresel özdevinim, kafes-gaz (lattice gas), sosyal mukavemet ve akışkanlar dinamiğine bağlı benzetim modellerine göre, bilgisayara daha fazla hesaplama yükü getirdiğini düşünmektedir. Bu hesaplama yükü programın yürütülmesi sürecinde uzun bekleme süresine (hesaplama süresi) neden olmaktadır.

Bu kadar kompleks olayların benzetiminin yapılmasında kullanılan bu yaklaşımın az da olsa, bazı sınırlılıklarının olmasının bu yaklaşımın kabiliyetleri ile kıyaslandığında çok da önemsenmeyecek düzeyde olduğu anlaşılmaktadır.

3.4 Etmen Tabanlı Modelleme Yöntemleri

Etmen tabanlı modelleri oluşturmak için nesneye dayalı bilgisayar dilleri ‘Simula’, ‘Smalltalk’, ‘C++’, ‘Object Pascal’ (Delphi), ‘Objective-C’, ‘Eiffel’, ‘Python’, ‘Java’, ‘C Sharp Programlama Dili’, ‘Visual Basic’ ve ‘Realbasic’ kullanılabildiği gibi etmen tabanlı modelleme için özel geliştirilmiş modelleme araçları da (tool kit) kullanılabilmektedir. Etmen tabanlı modelleme yapan birçok model bu modelleme araçlarını kullanmaktadır. Bu yardımcı modelleme araçları: Repast, Swarm, MASON, Netlogo, StarLogo, OBEUS, AnyLogic, ve agentSheets olarak ticari kullanımlı ya da ücretsiz olarak kullanılabilmektedir (Macal ve North 2006; Castle, 2006). Yukarıda isimleri olmayan başka modelleme araçları da mevcuttur, ancak söz edilen yazılımların hemen hemen hepsi devamlı geliştirilmekte veya birçok etmen

tabanlı yazılımın alt yapısını oluşturmalarından kaynaklanmaktadır. Örneğin etmen tabanlı modellemenin erken örneklerinden STREETS adlı modelde, bu ilk modelleme araçlarından biri olan ve 1996 yılında lanse edilen SWARM modelleme aracının kullanıldığı belirtilmektedir (Schelhorn vd., 1999). Bu modelleme araçları bilgisayar programcısına, güvenilir bir modelleme şablonu oluşturmakla birlikte etmen hareketine yönelik görsel zenginlikler de sunabilmektedir. Bu nedenle bilgisayar programcısı, modelin bu kısımları üzerinde uğraşmak yerine modelin istenilen konuda daha doğru tahminler verebilmesi için daha fazla özen gösterebilmektedir. Java ve C dillerine de uyarlanabilen Swarm modelleme aracından sonra 2000 yılında Repast isimli Java, Python ve Microsoft.Net dillerine uyarlanabilen modelleme aracı geliştirilmiştir. Bu iki modelleme aracının diğer modelleme araçlarından farklı olarak coğrafi bilgi sistemlerini de kapsıyor olması, özellikle bina için modelleme yapan programcılar tarafından daha fazla tercih edilmelerini sağlamaktadır. Repast daha çok sosyal durumların etmen tabanlı benzetimi için kullanıldığı büyük ölçekli (daha fazla etmen içeren) etmen tabanlı modellemeye olanak sağlamaktadır. Ayrıca içerisindeki kütüphanenin birçok görsel çevre betiği (scripti) içerdiği belirtilmektedir (Macal ve North 2006).

3.5 Etmen Tabanlı Modelleme Örnekleri

Az sayıda bina tahliye modeli etmen tabanlı modelleme yaklaşımı ile geliştirilmiştir. Tüm bu modellerde etmenlerle tanımlanan kullanıcıların farklı bir takım davranışları modellenmeye ve bu davranışların etkileri modelde izlenmeye çalışmaktadır.

Braun ve diğerleri (2005), Helbing'in oluşturduğu ve sosyal mukavemet modellerin de temelini oluşturan denklemleri kullanan etmen tabanlı bina tahliye modeli geliştirdiklerini beyan etmektedir. Bu anlatımla modelin her iki modelleme yaklaşımını da (etmen tabanlı modelleme ve sosyal mukavemet modelleme) benimsediği ve birleştirdiği anlaşılmaktadır. Modelin acil durumlarda, farklı katların, duvarların ve engellerin etmenler üzerindeki etkisini ortaya çıkarmak için kullanıldığı ifade edilmektedir. Geliştirilen prototipin XML dosyasını okuyabildiği ve bu sayede farklı kullanıcı karakteristiklerini, farklı alarm biçimlerini, tehlikeli durumlar gibi birçok değişik senaryonun benzetimini yapabildiği açıklanmaktadır. Prototip yaptığı benzetim sonrasında, ilgili senaryo ile etmenlerin nelerden etkilenerek yaralandıkları veya öldükleri anlaşılabilmektedir.

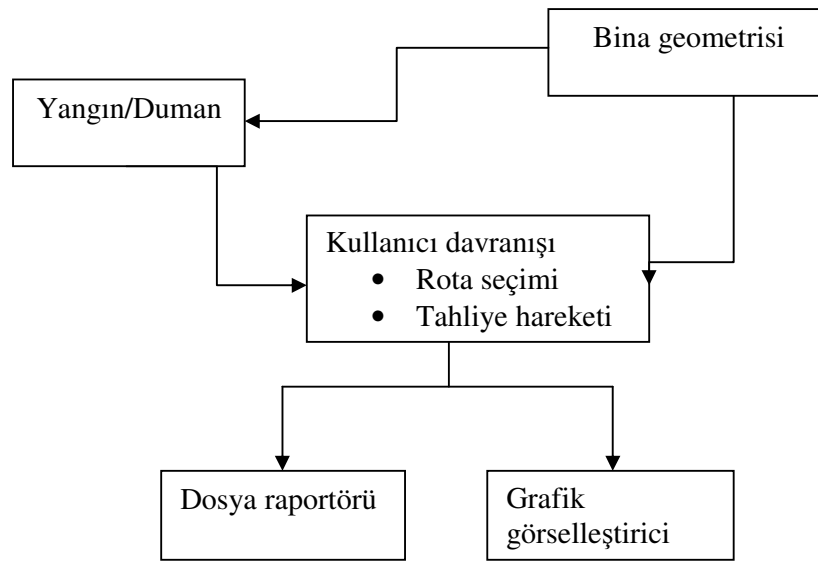
Toyama ve diğerkleri (2006), etmen tabanlı bir yaya benzetim modeli geliştirdiklerini belirtmektedirler. Geliştirilen simulasyon modeli, farklı oda geometrilerinin, farklı kullanıcı boyutlarının ve farklı karakterdeki kullanıcıların yaya dinamikleri üzerindeki etkisini incelemek için benzetimini yapmaktadır. Ayrıca modelde kullanıcıya ait yaş, cinsiyet, oda bilgisi, engel aşabilme gibi özelliklerin etmenler ile temsil edilebildiğı de ifade edilmektedir. Modelde kullanılan birkaç temel kavram, tercih matrisi, taban alanı, hız, hassasiyet katsayısı, engel katsayısı, geçiş olasılıkları ve çarpışma çözünürlükleri olarak göze çarpmaktadır. Kullanıcıyı temsil eden her bir etmen için o etmenin konumuna göre belirlenen bir tercih matrisi bulunduğı ve bu matrisin kullanıcı hareketini yönlendirdiğı açıklanmaktadır. Bu modelin rota seçim algoritmasının bu tercih matrisi tarafından hesaplanmakta olduğı makalede anlatılmaktadır. Taban alanı olarak adlandırılan kavramın modelde kullanıcının yürürken oluşturduğı yolu temsil ettiğı belirtilmektedir.

Bandini ve diğerkleri (2006), geliştirdikleri modelde hücrelere konumlandırılmış etmenleri SCA (Situated Cellular Agents) kullanmışlardır. Her SCA'nın çevresini algılaması ve diğerk etmenler ile etkileşime geçmesi için bir takım sensörler ile donatıldığı belirtilmektedir.

Pelechano ve Malkawi (2007), etmen tabanlı, yaya toplulukları ve bina tahliyesi benzetimi yapan MACES adlı modeli geliştirmiştir. Geliştirdikleri modelin gerçekçi sonuçlar vermesi için kullanıcı psikolojisine bağılı davranışları simüle eden başka bir kullanıcı karar verme modelini (PMFser (Performans Moderator Functions)) alt model olarak kullandıklarını bildirmektedirler. Makalede insanın karar verme sürecinde psikolojinin önemli bir etkiye sahip olduğı anlatılmaktadır. Yazarlar PMFser adlı yazılımın stress ve psikoloji durumuna göre duygusal önel bir karar verme mekanizması olduğunu belirtmektedir. Modeldeki etmenlerin birtakım formüller ve süreçler ile değıl, sadece bu karar mekanizmasının yönlendirmesiyle hareket ettiğı anlatılmaktadır. Çoklu etmen tabanlı MACES adlı modelin bina tahliyesi benzetimlerinde kullanıldığında kullanıcı için deneyimli önder, deneyimsiz önder ve deneyimsiz basit kullanıcılar gibi değışik rollerin atandığı belirtilmektedir. Kullanıcıların birbirleri ile iletişim kurabildiğı bu modelde deneyimli önderlerin itfaiye erlerini temsil ettiğı ve diğerk kullanıcıları yangının çıktığı nokta, çıkışa elverişli kaçış rotasını bildirebildikleri, deneyimsiz önderlerin, binada acil durum görevlisi olarak nitelendirdikleri ara elamanlar olarak tanımlandığını, deneyimsiz

basit kullanıcıların ise, binadaki çalışan kullanıcıları temsil ettiği anlatılmaktadır. Her odanın en yakın çıkışa olan acil kaçış rotası ve diğer çıkış rotalarının etmen bilgi dağarcığına yerleştirilmiş olduğu ve kullanıcıların birbirleriyle olan iletişimleriyle rotalarını belirledikleri anlatılmaktadır. Yazarlar yaptıkları uygulamada modeldeki kullanıcıların birbirleriyle etkileşime girmeleri durumunda tahliye hızında kayda değer bir iyileşme olduğunu ayrıca belirtmektedirler.

Tang ve Ren (2008), çoklu etmen teknolojisi kullanılarak yangının fiziksel etkisini ve bina geometrisini modelleyebilen bir model geliştirmiştir. Yangının fiziksel etkisi FSD benzetim modeli ile modele aktarılmaktadır. Modelin kurgusu Şekil 3.1’de verilmektedir.



Şekil 3.1 : Etmen tabanlı model kurgusu (Tang ve Ren, 2008).

Model bir ofis binasının tahliye benzetimi için kullanılmıştır. Ancak modelin spor alanları, oteller ve istasyon binaları gibi daha büyük binaların benzetimini yapmak için geliştirildiği bildirilmektedir. Makalede, yangın esnasındaki kullanıcı davranışının modele gerçekçi olarak aktarılmasının, modelin tahminlerini etkileyeceği ayrıca belirtilmektedir. Yangına maruz kalan kullanıcının davranışını ise, yanma ürününün içeriği ve bu ürünün bina içindeki dağılımının şekillendireceği anlatılmaktadır. Yanma ürününün binada nasıl yayılacağı ise, bina formu ile ilişkilendirildiği belirtilmektedir.

Shi ve diğerleri (2009) geliştirdikleri 'AIEva' adlı etmen tabanlı bina tahliye modelini anlattıkları makalede bina kullanıcılarının etmenlerle temsil edildiğini, yangın koşullarına maruz kalan etmenlerin yangın durumunu fark edip tepki

verebildiği ve kendi bağımsız karar verme mekanizmalarını işletebildiği belirtmektedirler. Ayrıca bu modelde, kullanıcıların davranışsal temsiliyetlerinin matematiksel bir modelle ve belli bazı kuralları oluşturulduğu ifade edilmektedir. Modelin, birim zamanda birim mekanda meydana gelen fiziksel değişiklikleri modele yansıtabilen mekansal çevre modeli ve etmen karar verme modeli olmak üzere iki alt modelden oluştuğu belirtilmektedir. Bu mekansal çevre modelinde bina planının birbirine eşit 0,4x0,4 m'lik modüllere bölünmek suretiyle oluşturulduğu anlaşılmaktadır. Her bir modül üzerinde kullanıcı etmen ya da binaya dair yapı ve tefriş elemanı (kapı, duvar ve mobilya) tanımlanabilmektedir. AIEva adlı modelde ayrıca FDS (fire dynamics simulator) adlı yangın simülatörlerinden de yararlanıldığı anlatılmaktadır. Kullanıcıları temsil eden etmenlerin birim zamanda belirlenen kurallara göre hareket ettikleri anlatılmaktadır. Kullanıcının kaçış yönünü seçerken tehlike algılayıcıları sayesinde (danger eject) mekandaki tehlikenin farkına varıp daha az tehlikeli mekana yönlenebildiği bildirilmektedir.

4. BİNA TAHLİYESİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR

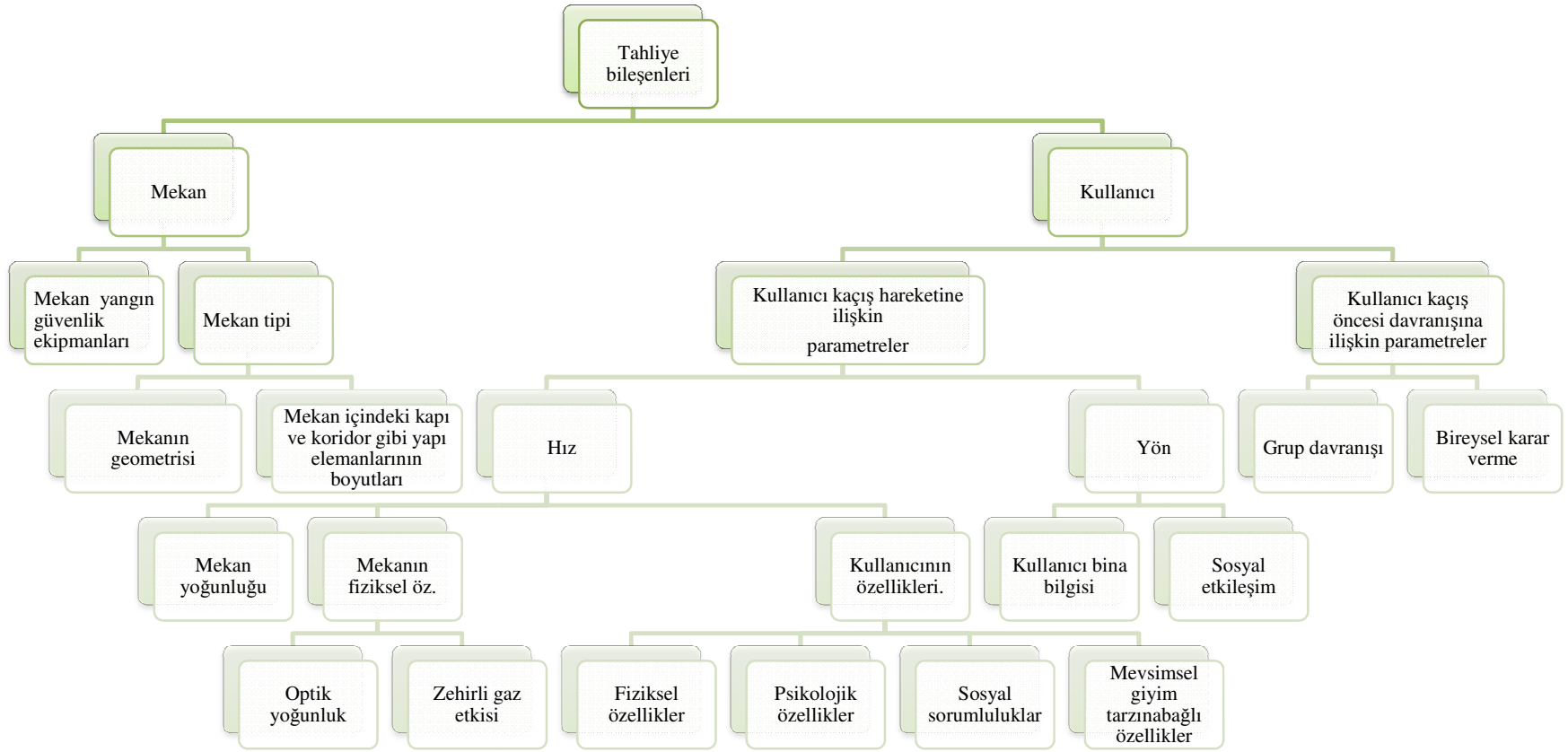
Tahliye süreci, o sürecin yaşandığı mekanların ve o mekanlarda eylem gösteren kullanıcıların özelliklerine bağlı bir süreçtir.

4.1 Kullanıcı

Toplumların, fizyolojik, psikolojik, anatomik ve antropometrik özelliklerinde farklılıklar görülmektedir. Farklılıkların toplumların genetik yapılarına ve yaşadıkları çevresel faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimlerine bağlı olarak geliştikleri bilinmektedir. Bu nedenle, toplumların olaylar karşısındaki tepkileri ve davranışları kendine özgüdür ve diğer toplumların tepkilerinden farklıdır. Tahliye süreci insana ve onun fizyolojik, psikolojik, anatomik ve antropometrik karakterlerine birebir bağlantılı olduğundan bina tahliye sürecini etkileyen bu kullanıcı karakteristikleri net biçimde ortaya konmalıdır. Toplumdan topluma değişen bu karakterler tahliye sürecini farklılaştırmaktadır. Örnek vermek gerekirse Alman ya da Japon toplumunun fiziksel, psikolojik ve kültürel karakteristiklerine göre düzenlenmiş bir tahliye modelini, Türkiye’deki bir binanın tahliye modelinde kullanmak pek doğru olmayan sonuçlar üretecektir. Tahliye sürecinde kullanıcı, kullanıcı davranışları ve kullanıcı hareketi şeklinde iki temel sınıfta incelenmektedir (Bkz. Şekil 4.1).

4.1.1 Kullanıcı antropometrisi

İnsanların vücut ölçüleri mimari tasarımın her aşamasında kullanılmaktadır. Dolayısıyla binalar, insanların ve toplumların boyutsal özelliklerine göre biçimlenmektedir. Bina tahliyesi insanın fiziksel özellikleri ve mekanın boyutları ile birebir ilişkilidir. Kapı çıkışlarında ve koridor tıkanıklardaki sürecin gelişiminde 1 cm bile oldukça belirleyici olabilmektedir (Chow ve Lui, 2002).



Şekil 4.1 : Tahliye sürecinin bileşenleri.

Kuligowski (2003), yaptığı çalışmada EXIT89 ve SIMULEX adlı iki farklı modeli aynı verilerle aynı otel yangınına analiz etmek için kullanmaktadır. Kuligowski modellerde kullanılan verilerin aynı olmasına rağmen analiz çıktılarının farklı olmasını programlarındaki kullanıcıyı temsil eden etmenlerin farklı vücut ölçülerinde tasarlanmış olmasına bağlamaktadır.

Yukarıda bahsedildiği gibi antropometrik veriler çeşitli ırklar, etnik yapı, farklı sosyokültürel ve sosyoekonomik toplumlar, iklim, cinsiyetler ve değişik gelişim evreleri arasında farklılık gösterirler (Pheasant, 1996). Bu nedenle tez kapsamında geliştirilen modelde Anadolu insanının antropometrik verileri kullanılmaktadır.

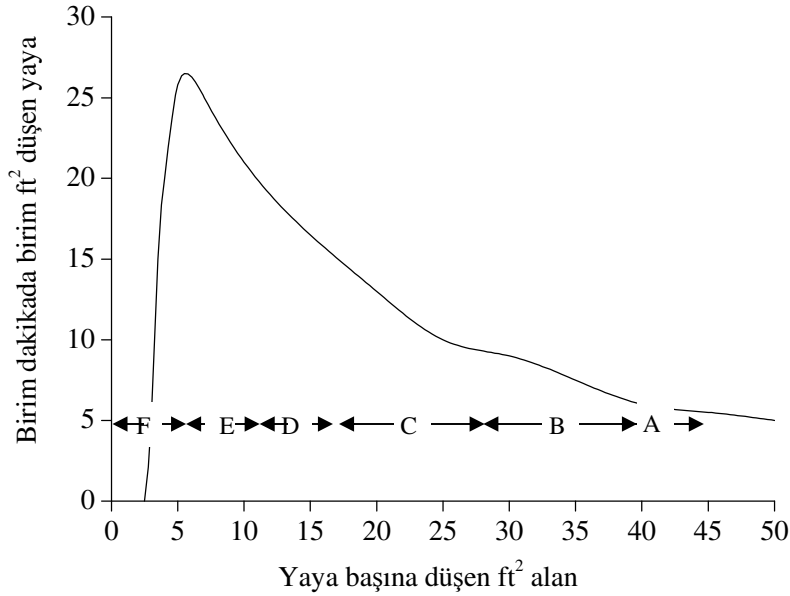
4.1.2 Kullanıcı hareketi

Panik altındaki insan hareketine ilişkin en erken düşünce, kullanıcıların panik altında beşeriyetlerini kaybederek hayvani içgüdülerle hareket ettiklerini öne sürmüştür. 1957 yılında Quarantelli ise, insanların panik altında hayvansal içgüdüleri ile hareket etmediğini ancak kendi ihtiyaçları doğrultusunda hareket ederken diğer kullanıcıların can güvenliğini önemsemediklerini ifade etmiştir (Santos ve Aguirre 2004). 1980 ve 1990'larda ise, (Johnson ve Feinberg 1997) bu iki yaklaşımın da yanlış olduğunu, insanın aslında büyük tehlikeler altında bile sosyal bir varlık olduğunu, bu yüzden de diğer insanların can güvenliğini fazlasıyla önemsediklerini ve asla hayvani içgüdülerle hareket etmediklerini belirtmiştir. Kullanıcıların arkadaşlarını kurtarmak için çabaladıkları, yön değiştirdikleri, hızlarını artırıp azalttıklarını ve tehlikeye direndiklerini bildirmiştir.

Özetlemek gerekirse, gerçek hayatta bina tahliyesi, birbirinden farklı özellikteki kişilerin ve değişik çevresel etmenlerin bir araya gelerek oluşturduğu karmaşık bir süreçtir. Bu farklı kişilerin değişik fiziksel, psikolojik karakterleri, birbiriyle ve çevreyle olan etkileşimleri tahliye sürecine yön vermektedir. Yani kullanıcı ve çevre değiştikçe tahliye süreci de farklı biçimlerde şekillenmektedir. Bu nedenle gerçekçi bir tahliye modellemesi için yukarıda bahsedilen farklı kullanıcıların hareket karakteristiklerinin irdelenmesi ve topluluktaki dağılımlarının belirlenmesi gerekmektedir. Kullanıcı hareketi kullanıcı hızı ve kullanıcı yön tercihi ile şekillenmektedir.

4.1.2.1 Kullanıcı yürüme hızı

Kullanıcı yürüme hızına dair ilk çalışmalar acil olmayan koşullardaki kullanıcı hareketine odaklanmıştır (Fruin, 1971). Sokaktaki yayaların hareketinin incelendiği bu çalışmada mekanlar, servis düzeyi diye (level of service) nitelendirilen yoğunluklarına göre 6 sınıfta (A=35 ft² 1 yaya, B=25-35 ft² 1 yaya, C=15-25 ft² 1 yaya, D=15-20ft² 1 yaya, E=5-10 ft² 1 yaya, F=5 ft² 1 yaya) incelenmektedir. Kullanıcı hızı bu farklı yoğunluklar için saptanmaya çalışılmıştır. Ayrıca çalışma, kullanıcı yoğunluğu ve kullanıcı hızı arasında logaritmik bir ilişki olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Çalışma her ne kadar, bina dışındaki insanların acil olmayan durumlardaki hareketini incelese de çalışma dünyanın her yerinde kabul görmüş (Çagdaş, 1986; Still, 2000; Galea, 2001) ve bina yönetmelik ve yönergeleri bu çalışmadaki veriler temel alınarak hazırlanmıştır. Farklı kullanıcı yoğunluğundaki yaya hızı standardı Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.2 : Farklı yoğunluklara sahip alanlardaki yaya akışı (Fruin, 1971).

Daha sonra yapılan çalışmalar acil durumdaki kullanıcı hızını incelemektedir (Predtechenskii ve Milinskii 1978; Ando vd., 1988; Pauls, 1995; Nelson ve Mowrer 2002). Ancak bu çalışmalarda bile yangın esnasındaki kullanıcı yürüme hızına dair çok az deney olduğu anlaşılmaktadır.

Predtechenskii ve Milinskii (1978), öncelikle kullanıcı yoğunluğunu (D), birim metre karede kullanıcının kapladığı alan (m^2/m^2) olarak tanımlamıştır. Kullanıcı hızını hesaplamak için, deneylerden elde ettikleri sonuçları kullanarak aşağıdaki formülleri (Çizelge 4.1’de verilen denklem 4.1, 4.2 ve 4.3) geliştirmiştir.

Çizelge 4.1 : Kullanıcı hızını hesaplamak için kullanılan denklemler (Predtechenskii ve Milinskii 1978).

Mekan	Yoğunluk	Kullanıcı Hızı Formülü
Düz rota	$0 < D < 0,93$	$V = 112D^4 - 380D^3 + 434D^2 - 217D + 57 \text{ (m/min)} \quad (4.1)$
Merdivenden aşağıya inen kullanıcı için	$0 < D < 0,93$	$V \downarrow = Vm \downarrow \left(\frac{m}{dak}\right) 1$ $m \downarrow = 0.775 + 0.44e^{-0.39D} \cdot \sin(5.61D - 0.224) 1 \quad (4.2)$
Merdivenden yukarı çıkan kullanıcı için	$0 < D < 0,6$ $0,6 \leq D \leq 0,92$	$V \uparrow = Vm \uparrow \left(\frac{m}{dak}\right) 1 \quad (4.3)$ $m \uparrow = 0.775 + 0.09e^{3.45D} \cdot \sin 15.7D \uparrow$ $m \uparrow = 0.775 - 0.1 \cdot \sin(7.85D \uparrow + 1.57)$

V: Kullanıcı yürüme hızı,

D: Birim metre karede kullanıcının kapladığı alan (m^2/m^2)

$D = Nf/wL$

(4.4)

N: Kullanıcı sayısını

f: Kullanıcının yatayda kapladığı alan

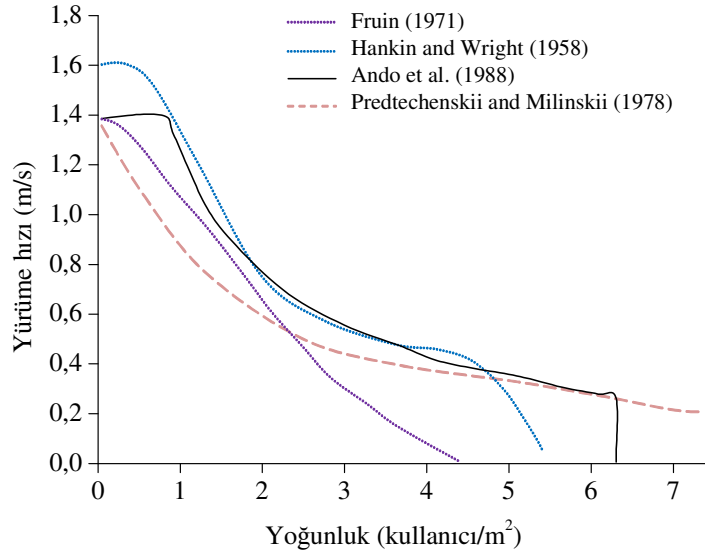
w: Akış genişliği

L: Akış uzunluğunu temsil etmektedir.

Bu denklemi kullanarak farklı modeller farklı vücut yapılarındaki kullanıcılar için yürüme hızı belirleyebilmektedirler (Kendik,1983; Fahy, 1994; Thompson ve Marchant 1995a).

Bu konuda yapılmış bir diğer çalışmanın Ando ve diğerleri (1988) tarafından yapıldığı Fang ve diğerleri (2003), tarafından rapor edilmektedir. Bu çalışma, insan yoğunluğunun fazla olduğu tren istasyonlarındaki insan hareketini incelemektedir. Çalışma, kullanıcı yürüme hızının, kullanıcı yoğunluğu ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada bahsedilen kullanıcı hızı ve kullanıcı yoğunluğu ilişkisinin, Predtechenskii ve Milinskii’nin (1978) yaptığı çalışmayı kanıtlar biçimde benzerlik gösterdiği belirtilmektedir.

Thompson ve Marchant (1995b), kullanıcı hareketini araştıran, Hankin ve Wright (1958), Fruin (1971), Ando ve diğerleri 1988 ve Predtechenskii ve Milinskii'nin (1978) çalışmalarını kıyaslamıştır; bu çalışmalardaki kullanıcı hızı ve yoğunluğunu Şekil 4.3'de görülmektedir.



Şekil 4.3 : Deneysel çalışmalarda ortaya çıkan kullanıcı yoğunluğu ve hızının ilişkisi (Thompson ve Marchant 1995b).

Kullanıcı yürüme hızı, tahliye modellerinde önemli bir parametre olmakla birlikte, Kullanıcının tipine, ortamın koşullarına ve mekanın cinsine göre değişiklik gösterdiği bilinmektedir (Shi vd., 2009). Shi ve diğerleri 2009 yaptığı çalışmada bu konuda yapılmış çalışmaları incelemiştir (Çizelge 4.2).

Ayrıca, Shi ve diğerleri (2009), merdivenlerdeki yürüme hızını merdivenin boyutuna ve eğimine göre sınıflandırmakta ve Çizelge 4.3'deki sonuçları elde ettiğini beyan etmektedir.

Tüm bunlar ile birlikte, kullanıcının içinde bulunduğu ortamın optik yoğunluğunun da kullanıcının hızını etkilediği bilinmektedir. Optik yoğunluk, ışık tutma katsayısı cinsinden Denklem (4.5)'de ifade edilmektedir.

$$D = K / 2.3 \quad (4.5)$$

Bu ifadede;

D: birim metre uzunluk için optik yoğunluğu vermektedir.

K: ışık tutma katsayısını temsil etmektedir. Işık tutma katsayısı, birim kütle duman partikülünün engellediği m² ye düşen ışık akısını (m²/g) vermektedir.

Çizelge 4.2 : Kullanıcı yoğunluğunun 0,43 kişi/m²'den az olması halinde farklı etkenler altında yürüme hızı (Shi vd. 2009).

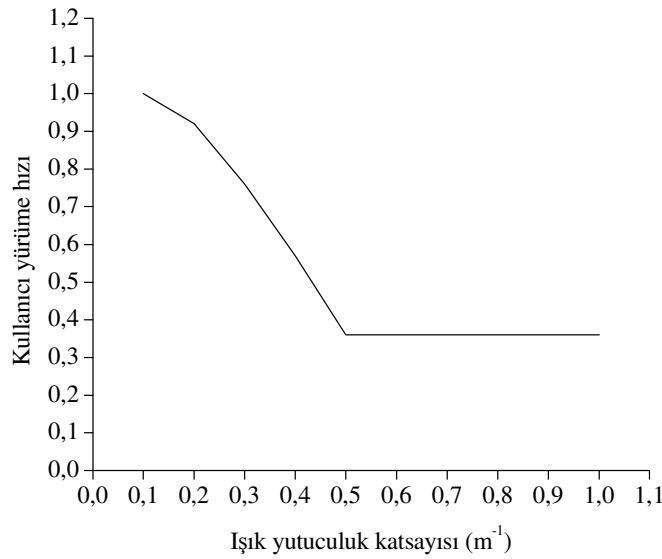
Kullanıcı hızını etkileyen faktör		Yürüme hızı (m/s)	Yürüme hızı aralığı (m/s)
Yürüme tipi	Serbest yürüme		1,2-1,8
	Çıkışa yürüme		0,8-1-5
Yürüme kondisyonu	Yavaş	1,4	
	Optimum	0,7	
	Orta	0,39	
	Hızlı	0,1	
Mekan tipi	Halka açık yerler		0,51-1,27
	Yüksek yapılar	1,05	
	Apartmanlar	0,95	0,56-1,12
Kullanıcı tipi	çocuk	1,08	
	Yaşlı bayan	1,04	
	Yaşlı erkek	1,05	
	Orta yaşlı bayan	1,24	
	Orta yaşlı erkek	1,30	

Çizelge 4.3 : Kullanıcı merdivenlerdeki yürüme hızı (Shi vd. 2009).

Merdiven karakteristiği		Yürüme hızı aralığı (m/s)
Merdiven Boyutları (m)	0,2;0.25	0,85
	0.18;0.25	0,95
	0.17;0.30	1.00
	0.17;0.33	1.05
Merdiven Eğimi (Derece)	20°	0,9
	25°	0,8
	30°	0,7
	35°	0,6
	40°	0,5
	45°	0,4

Bireyin duman içindeki davranışı üzerine tek çalışma Jin'in (1976) deneysel çalışmalarıdır. Gwynne ve diğerleri (2001), rapor ettiği bu araştırmada, bir mekan ışıktutma katsayısı 1.5 m⁻¹ olacak şekilde gazla doldurmuş ve kullanıcıların bu mekan içindeki hareketlerini incelemiştir. Çalışma sonuçları aşağıda özetlenmektedir:

1. Duman içindeki insanın hareket hızı düşmektedir. Işık tutma katsayısına bağlı olan hareket hızı Şekil 4.4’de verilmektedir.
2. Kullanıcılar, dumanlı ortamda görüşleri kısıtlandığından ideal bir rota ve yön belirleyememekte ve düz bir rota üzerinde yürüyememektedirler.
3. Mekan dar ise, kişi yolunu bulabilmek için mekanın duvarını kendine kılavuz olarak belirlemekte ve duvar boyunca tutunarak yolunu bulmaya çalışmaktadır.



Şekil 4.4 : Dumanın kullanıcı hareketine olan etkisi (Jin 1976).

Gwynne ve diğerleri (2005), Beverly Hills Supper Club yangınında elde ettiği vurgulara dayanarak Jin’e (1976), benzer yargılara varmaktadır. Jin (1976), duman içindeki insan hareketleri üzerine yaptığı çalışmalar sonucunda, ışık tutuculuk katsayısına bağlı olarak kullanıcı hareket hızını denklem (4.6)’da verildiği gibi hesaplamaktadır.

$$M = -2.08K^2 - 0.38K + 1.06 \quad (4.6)$$

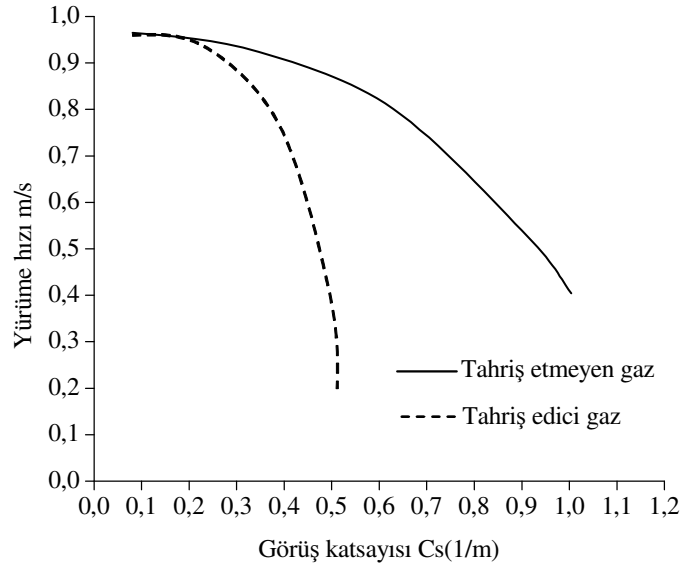
Burada,

M: Kullanıcının duman içinde olan hareket hızını,

K: Işık tutma katsayısını, temsil etmektedir.

Yangında, bir mekandaki ışık tutma katsayısı 0.1 ve 1 m^{-1} arasına düşebilmektedir. Wood’ un (1972) ve Brayn’nın (1977) yaptığı çalışmaları rapor eden Nelson ve Mowrer (2002), tahriş edici duman ile tahriş etmeyen duman konsantrasyonlarında

kullanıcı hareketinin farklı etkilendiğini belirtmektedir. Farklı nitelikteki gazların farklı duman konsantrasyonlarında yürüme hızına olan etkisini Şekil 4.5’de verilen grafikteki gibi özetlemektedir.



Şekil 4.5 : Kullanıcıların farklı nitelikteki gaz konsantrasyonlarındaki yürüme hızı (Nelson ve Mowrer 2002).

Kullanıcının tahriş edici gaza maruz kalma durumundaki yürüme hızı, tahriş edici olmayan gazlara maruz kalma durumuna göre daha fazla yavaşlamaktadır. Sınırlı sayıdaki çalışmalardan çıkan sonuç, kullanıcı hızının, kullanıcı yürüme kondisyonundan, kullanıcı tipinden, mekanın kullanıcı yoğunluğundan, ortamdaki duman cinsinden ve mekanın optik yoğunluğundan etkilendiği yönündedir.

4.1.2.2 Kullanıcı yürüme yönü

Tahliye süresi tahmininde önemli diğer bir konu kullanıcının bu süreçte yönünü nasıl tayin edeceğidir. Proulx ve Reid (2006), 39 katlı Chicago Cook Country Administration binasında 2003 yılında çıkan ve 6 kişinin ölümü ile sonuçlanan yangın sonrasında yaptığı anket sonrasında, yangında binayı yangının zararlarından etkilenmeden tahliye eden kullanıcıların, binada uzun zamandır çalışan insanlar ve tahliye tatbikatlarına katılan kişiler olduğunu belirtmektedir. Çalışmada, kullanıcının binada ikamet ettiği sürenin, kullanıcı yön bilgisini etkileyen en önemli unsurlardan biri olduğu vurgulanmaktadır. Bununla birlikte kullanıcıyı yönlendiren diğer bir etkenin, kullanıcının daha önce yaşadığı tahliye tatbikatı deneyimi olduğu bildirilmektedir. Ayrıca yazarlar, kullanıcının bulunduğu katın da tahliye girişimine

bulunmada oldukça etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Örneğin, eğer bina kullanıcısı üst katlarda yaşıyor ise, binayı terk etmeye daha az eğilim göstermektedir.

Özetle, kullanıcının yönü saptanmasında; kullanıcının binayı ne zamandan beri kullandığı, binadaki konumu ve kullanıcının daha önce yaşadığı tahliye deneyimlerinin etkili olduğu belirtilmektedir (Proulx ve Reid, 2006).

4.1.3 Kullanıcı davranışını etkileyen faktörler

Yangınlardaki insan davranışı ilk olarak 1956 yılında Brayn tarafından Brooklyn Arundel Park yangını sonrasında yaptığı anket çalışması ile ortaya konulmuştur (Pauls,1999; Kuligowski ve Mileti 2009). Bu çalışmayı izleyen diğer bir çalışma 1972 yılında İngiltere’de Wood tarafından gerçekleştirilmiştir. Wood bu çalışmada inceledikleri toplam 1000 yangındaki 2000den fazla insanın davranış analizini aktarmıştır (Wood, 1972). 1980’lerde de Canter ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen 2 çalışma yangındaki insan davranışını incelemektedir. 1992 yılında Sime, 1985-1988 yılları arasında gerçekleşen yangınlardaki kaçış davranışlarını bir araştırma raporunda özetlemektedir (Sime, 1992). Yakın geçmişte ise, benzer çalışmalar Fahy (2002), Brayn (2002) ve Proulx (2006), tarafından gerçekleştirilmiştir.

Yangın anındaki insan davranışını anlamaya ve irdelemeye yönelik bu çalışmalar iki farklı yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bunlardan ilki, araştırmacıların yangın sonrası bina kullanıcıları ile konuşarak kullanıcı davranışlarını analiz etmeye çalışmasıdır. İkinci ve daha kantitatif olan yöntem ise, kullanıcıların davranışlarını çeşitli bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü analiz etmeye yarayan anket formları değerlendirilmesidir (Wood, 1972; Proulx ve Reid 2006; Fahy ve Proulx 1995; Hostikka vd., 2007; Sekizawa vd., 1999). Tüm bu çalışmalarda, kullanıcıların çıkış tercihlerini nasıl belirledikleri, yangınla karşılaştıklarında nasıl davrandıkları, kullanıcıların sosyal davranışlarının nasıl şekillendiği, grup davranışına nasıl karar verdikleri gibi birçok karar verme mekanizması ölçülmeye çalışılmaktadır. Amerika ve İngiltere’de yapılan çalışmalar göstermiştir ki, kullanıcının yangın esnasındaki davranışları kullanıcının yaşına, cinsiyetine ve milliyetine göre farklılık göstermektedir (Whiting, 2005). Bryan’nın Amerika’da yaptığı çalışmaya göre, yangın duyumunu alan kadın kullanıcılar, yangını haber verme eğilimindeyken, erkek kullanıcılar yangını söndürme eğilimindedirler. Saunders (2001) tarafından

yapılan çalışmada, kişilerin yangın karşısında sergiledikleri hareketlerin cinsiyete göre değişimi araştırılmış ve sonuç olarak, kadınların diğer kullanıcıları uarmada ve binayı boşaltmada erkeklere göre daha başarılı oldukları rapor edilmiştir. Ayrıca Çizelge 4.4’de, Wood tarafından yapılan İngiltere’deki kullanıcıların panik altındaki davranışları ile ABD’de Brayn (1995) tarafından yapılan bina kullanıcılarının panik altındaki davranışları karşılaştırılmış ve iki toplumun panik davranış dağılımında farklılıklar bulunmuştur (Bryan 1995).

Çizelge 4.4 : Kullanıcıların panik altındaki davranışları (Bryan 1995).

İlk yapılan iş	İngiltere %	ABD %
Yangını arama ve yangını söndürmeye çalışma	32.7	22.6
Binayı terk etme	11.4	13.5
İtfaiyeyi arama	10.1	9.0
Diğerlerini uyarma	8.1	15.0
Aile bireylerine ulaşma	5.4	7.6
Elektrikli aletleri kapama	4.1	0.9
Yangın alanına bakan kapıları kapama	3.1	1.0
Diğerlerinin itfaiyeyi aramasını sağlama	2.8	2.2
Yangın alarmına basma	2.7	0.9
Giyinme	2.2	8.1
Hiçbir şey	2.1	2.7
Kişisel eşyalarını alma	1.2	2.1
Yakıcı malzemeyi ortadan kaldırma	1.2	1.7
Bina içine girme	0.1	1.6

Proulx (2001), yayımladığı çalışmada, kullanıcının yangın anında korkuya kapılmadıysa, karar verme yetisinin üç ana unsurdan etkilenerek şekillendiğini bildirmektedir. Çizelge 4.5’de detaylı olarak gösterilen bu üç bileşen kullanıcı karakteristiği, bina karakteristiği ve yangının karakteristiği olarak belirtilmiştir.

Bu konuda Amerika, İngiltere, Japonya, Kanada, Yeni Zelanda ve Avustralya’da yapılan araştırmalar incelendiğinde, kullanıcıların yangın esnasında nasıl davrandıkları, yangından nasıl haberdar oldukları, karar verme mekanizmalarının nasıl çalıştığı, yangını nasıl algıladıkları ve değerlendirdikleri irdelenmektedir (Whiting, 2005).

Kullanıcının karar verme mekanizması iki aşamada incelenmelidir;

- Kaçışa başlamadan önceki süreçteki kullanıcı davranışı,
- Kaçışa başladıktan sonraki süreçteki kullanıcı davranışı.

Çizelge 4.5 : Kullanıcının karar mekanizmasına etki eden faktörler (Proulx 2001).

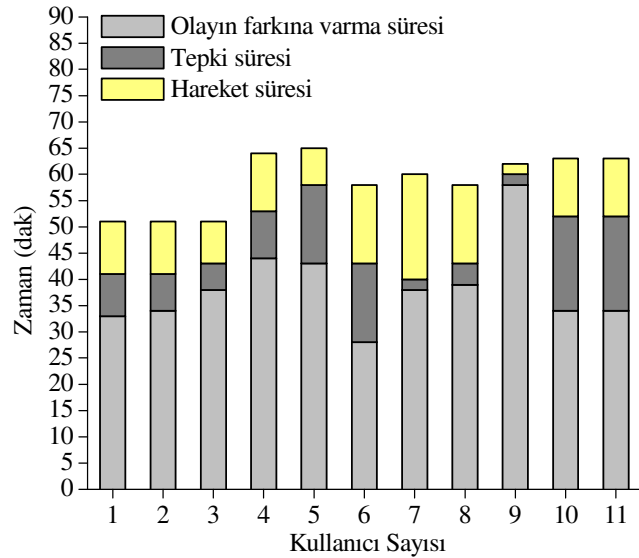
Kullanıcı karakteristiği	Bina karakteristiği	Yangın karakteristiği
Kullanıcı profili	Bina tipi	Görsel işaretler
• Cinsiyet • Yaş • Güç • Fiziksel yeti (özürlülük durumu)	• Ofis • Konut • Fabrika • Hastane • Otel • Sinema • Eğitim • Alışveriş	• Duman • Alev • Duvar veya tabanlarda göçme
Binada olay sırasındaki durumu	Mimari	Koku ipuçları
• Yalnız ya da başkalarıyla birlikte olma durumu • Uyarıyı almış olma ya da olmamam durumu • Alkol ya da herhangi bir ilacın etkisi altında olup olmadığı	• Koridor sayısı • Koridor alanı • Çıkışların konumu • Merdivenlerin yerleşimi ve yeri • Mekanın anlaşılma düzeyi (karmaşıklığı) • Bina şekli • Binadaki görünür alan	• Yanık kokusu • Keskin koku
Kişilik yapısı	Yangın güvenlik önlemleri	Ses ipuçları
• Liderlik yapısına sahip olması • Diğerlerinden etkilenen biri olması • Otoriteye ters biri olması • Tedirgin kişilik yapısı	• Yangın alarımının türü • Komünikasyon sistemi • Yangın güvenlik planı • Sığınak alanlar • Deneyimli görevliler	• Çatlama sesleri • Kırılan cam sesi • Düşen obje sesi
Bina bilgisi ve deneyimi	Binadaki aktiviteler	Diğer ipuçları
• Binaya ait bilgisi • Geçmiş yangın deneyimleri • Tatbikat çalışması deneyimleri • Diğer acil durum deneyimleri	• Çalışma • Uyuma • Yemek yeme • Alışveriş • Gösteri izleme	• Isı artışı
Binadaki görevi		
• Ziyaretçi • Çalışan • Bina sahibi		

Bu tez kapsamında, Anadolu insanına yönelik acil durum davranışı, kaçışa başlamadan önceki süreç ve kaçış esnasındaki süreç olmak üzere Ek B de geliştirilen anket çalışması sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi sonucunda oluşturulmaktadır.

4.1.3.1 Kaçışa başlamadan önceki süreçte kullanıcı davranışı

Kullanıcının kaçışa başlamadan önceki süreç, kullanıcının olayı nasıl algıladığı ve algı sonrasında duruma gösterdiği tepki şeklinde gelişmektedir (Purser ve Bensilum 2001).

Purser ve Bensilum (2001), bir restoranı da bünyesinde bulunduran bir alışveriş merkezinde sesli anons sistemi kullanarak yaptıkları tahliye tatbikatında, kullanıcıların tahliye esnasında en çok vakit harcadıkları evrenin hareket süreci değil, olayın farkına varma evresi olduğunu rapor etmektedir. Şekil 4.6'da kullanıcıların olayı fark etme süreleri, tepki süreleri ve boşaltım ya da hareket süreleri gösterilmektedir. Kullanıcıların, toplam sürenin %65'ini olayı anlamakta, %16'sını tepki göstermede ve %19'unu da kaçış için harcadıkları anlaşılmaktadır. Harekete geçme öncesi sürecinin (pre-movement) toplam sürenin %81'ini oluşturduğu ve bina tahliye modellerinde göz ardı edilmemesi gerektiği ortadadır.



Şekil 4.6 : Kullanıcı davranış süreleri (Purser ve Bensilum (2001)).

Binadaki yangın ikaz sistemi kullanıcının olayı algılamasında çok etkilidir. Siren ya da zil çalan alarmlar bu alarmin içeriğine yönelik bilgilendirme yapmadıklarından dolayı kullanıcılar alarmin içeriğini yorumlayamamaktadır. Alarmin test için

çalındığına ya da yanlış alarm olduğuna kanaat etmektedirler. Bu da kullanıcının felaketi algılamasını geciktirmektedir ve kaçış öncesi sürecin uzamasına neden olmaktadır.

Bryan (1995), uyarıcı bir alarm tatbikatının genellikle bulunmadığı konutlarda, kullanıcıların yangını dumanın kokusundan fark ederek harekete geçtiklerini gözlemiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 : Kullanıcıların, yangından haberdar olma şekli ve yüzdeleri (Bryan, 1995).

Haberdar olma şekli	Kullanıcı sayısı	%
Dumanın kokusunu algılayarak	148	26.6
Diğerlerinin uyarması sonucu	121	21.3
Gürültüden	106	18.6
Aile bireylerinin uyarması ile	76	13.4
Dumanı görmek sureti ile	52	9.1
Yangını görmek sureti ile	46	8.1
Patlama	6	1.1
Isıyı hissederek	4	0.7
İtfaiye görevlilerini görmek ya da duymak sureti ile	4	0.7
Elektriklerin gitmesi ile	4	0.7
Evcil hayvanlar vasıtası ile	2	0.3

Fahy ve Proulx (2001), ofis ve apartman binalarını içeren beş farklı tahliye tatbikatına ait çıkış sürelerini kıyaslamışlardır. Sonuç olarak, apartman kullanıcılarının kaçmadan önce giyinmek ve değerli eşyalarını yanlarına alabilmek için çok zaman harcadıkları, ofis çalışanlarının ise hemen binayı boşalttıkları rapor edilmektedir. Bu nedenle kaçış öncesi süreçte kullanıcının binayı iyi tanıyıp tanımadığının çok da önemli olmadığı, ancak kullanıcı bina aidiyet ilişkisinin önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bryan (1995), 584 kişi ile yaptığı çalışmada ilk, ikinci ve üçüncü hareketlerin ne olduğu konusunda araştırma bulgularını sunmaktadır. Çizelge 4.7'den anlaşılaacağı üzere, kişilerin ilk hareketleri yine doğrudan kaçışa yönelik olmamaktadır.

Çizelge 4.7 : Yangında kullanıcıların ilk, ikinci ve üçüncü hareketleri ve yüzdeleri (Brayn 1995).

Hareketler	1. hareket %	2. hareket %	3. hareket %
Yangın alanına gitme	41.5	16.3	25.8
Diğerlerini uyarma	15.0	9.6	5.8
Binayı terk etme	13.5	26.1	37.5
İtfaiyeyi arama	9.0	14.6	12.7
Giyinme	8.1	1.8	0.3
Aile bireylerine ulaşma	7.6	5.9	1.4
Diğer	3.9	8.8	6.6
Uyanma	3.1	0	0
Hiçbir şey	2.7	0	0
Diğerlerinin itfaiyeyi aramasını sağlama	2.2	4.0	4.1
Kişisel eşyalarını alma	2.1	3.8	0.8
Yakıcı malzemeyi ortadan kaldırma	1.7	1.0	1.1
Yangın alarmına yönelme	1.6	1.8	1.1
Bina içine girme	1.6	0.8	1.1
Yakınlarını telefonla arama	1.2	0.6	1.1
Yangın alanına bakan kapıları kapama	1.0	0.2	0.3
Elektrikli aletleri kapama	0.9	0.6	0.3
Yangın alarmına basma	0.9	0.6	0.5
Evcil hayvanları kontrol etme	0.9	1.4	0.5
Balkona çıkma	0.2	0.8	2.7
Kapı ve pencereleri açma	0.2	0.4	1.1
F.D.nin gelmesini bekleme	0	1.0	3.6
İtfaiye tarafından kurtarılma	0	0	1.6

Kullanıcıların kaçışa başlamadan önceki süreci nasıl değerlendirdiği, tahliye tatbikatı öncesinde binaya yerleştirilen kamera kayıtlarının izlenmesi sonucunda belirlenmektedir. Ayrıca bu kayıtlardan kullanıcının psikolojik tutumu da gözlemlenebilmektedir.

4.1.3.2 Kaçış süreci

Bina kullanıcısının kaçışa başladıktan sonra başlayan ve kaçış esnasında karşılaştıkları duruma göre değişen durumları içeren bir süreçtir. Örneğin kullanıcının birbirleriyle olan sosyal etkileşimleri, duman, ateş ve kargaşayla karşılaşmaları durumundaki davranışlarıdır. İtfaiye erlerinin veya bina güvenlik görevlilerinin kullanıcıları yönlendirmesi bu aşamanın içindedir.

4.2 Mimari Form, Yatay ve Düşey Sirkülasyon Alanları

Yapıya ait mimari plan ne kadar karmaşık ve komplike olursa olsun acil kaçış yollarının kolay ulaşılabilir ve kaçışa elverişli boyutlarda ve yapı tefrişinin de kaçışı engellemeyecek şekilde planlanması önemlidir. Yapı tasarım aşamasında aktif (otomatik sulama, basınçlandırma ve havalandırma) ve pasif (yangın ısı, duman yalıtımı ve kompartmanlama) yangın önlemleriyle donatılmış olmalıdır. Bu önlemler kullanıcıyı kaçış sürecinde büyük ölçüde koruyabilmektedir.

Yangın çıktığı zaman oluşan alev ve duman, yanacak materyal ve oksijen buldukça büyür, binada yayılmaya başlar. Oluşan duman ve alevin yayılması yukarı doğrudur. Mimari form, yangının bu yukarıya olan seyir eğilimini azaltıcı nitelikte tasarlanmalıdır. Bina formu içinde duman kolayca yayılıyorsa bu durum insan sağlığını ve görüşü olumsuz etkilemekte ve kaçışı oldukça zorlaştırmaktadır. Özellikle merdiven kovaları dumanın yayılmasının yaşandığı düşey sirkülasyon alanlarıdır. Bu düşey sirkülasyon alanlarının mutlaka duman ve aleve karşı yalıtımlı tasarlanması özellikle acil kaçışlar için tahsis edilmiş merdivenlerin dumanı içine almaması ve yatayda da kolay erişilebilir olması gerekmektedir. Yapı acil kaçış yollarının kolay ulaşılabilir ve dumanın seyredebileceği güzergahın dışında planlanması önemlidir. Özellikle atriumlu binalarda duman atriuma doğru sirayet edeceğinden kaçış merdivenlerinin atrium dışında tasarlanmaları gerekmektedir (Chiang vd., 2002).

4.3 Çevresel Etkiler

Binadaki yangın sonucunda, yanan maddenin cinsine göre değişen niteliklerde çeşitli gazlar, havada uçuşan yanma ürünleri ve farklı derecelerde ısı ortaya çıkmaktadır. Çeşitli maddelerin yanması sonucu açığa çıkan gazlar Çizelge 4.8’de verilmektedir.

Kullanıcıların, bu uçuşan yanma ürünlerine ve gazlara maruz kalması, soluması çeşitli fizyolojik etkilere ve sonunda da ölümüne neden olmaktadır. Bu fizyolojik etkiler oluşma sırası ile aşağıda verilmektedir:

1. Görüş bozukluğu ve gözlerde yanma,
2. Solunum güçlüğü ya da solunum organlarının tahriş olması,

3. Solunan toksik gazların uyuşukluk hissine ve bilinç kaybına neden olması,
4. Deride şiddetli acı ve yanma ya da hipetermi (vücut sıcaklığının 37° üstüne çıkması).

Çizelge 4.8 : Çeşitli malzemelerin yanması ile ortaya çıkan toksik bileşikler, (Butcher ve Parnel, 1999).

Yanma Ürünü (Toksik Gaz ya da Buharı)	Kaynak Malzeme
Karbon dioksit (CO ₂)	Karbon içeren bütün yanıcı malzemeler (ahşap, kağıt, pamuk, yün, plastik, kauçuk, vs).
Karbon monoksit (CO)	
Azot dioksit (NO ₂)	
Azot monoksit (NO)	Selüloit, poliüretan, plastikler
Azot tetra oksit (N ₂ O ₄)	
Hidrojen siyanür (HCN)	Yün, ipek, deri, azot, içeren plastikler, suni ipek, akrilik, melamin, naylon
Akrolein (C ₃ H ₅ O)	Odun, kağıt, kauçuk, yün
Kükürt dioksit (SO ₂)	
Fosgen (COCL ₂)	PVC, (polivinil klorür), yangın geciktirici
Hidroflorik asit (HF)	
Hidrobromik asit (HBr)	
Hidroklorik asit, (HCL)	
Amonyak (NH ₃)	Melamin, naylon, üre formaldehit reçinesi, ipek
Form aldehit (HCHO)	Fenol formaldehit, odun, naylon, polyester
Asetaldehit (CH ₃ COH)	reçinesi, kağıt, pamuk
Benzen (C ₆ H ₆)	Polisteren
Formik asit (HCOOH)	Ahşap, kağıt, pamuk
Metil Alkol (CH ₃ OH)	Kağıt, ahşap, pamuk
Hidrojen sülfür (H ₂ S)	Kauçuk, yün
Asetik asit (CH ₃ COOH)	Pamuk kağıt

Yukarıda belirtilen bu fizyolojik etkiler kaçma kabiliyetini önemli ölçüde etkilemektedir. Kaçma kabiliyeti üzerindeki bu etkiler sayısı az da olsa birkaç model tarafından modelin içine dahil edilmeye çalışılmıştır. Literatürde de detaylı olarak anlatılan bu modeller, yangın sonrasında oluşan zehirli gazlardan bir kısmını (CO, CO₂, HCN ve O₂ azalması), mekandaki ısı değişimini ve duman dağılımını modelde gösterebilmektedir (Bkz. Çizelge 4.9). Bu modellerde ya gazların ve ısı artışının zamana bağlı değişimi, mekanın koordinatlarındaki gazların yoğunluğu elle girilebilmekte, ya da yangını modelleyen başka bir modelden (CFAST, CONTAM, FIRAC, HAZARD, MELCOR ve FDS adlı yazılımlar) alınan veriler modele kullanıcı ara yüzü vasıtasıyla işlenebilmektedir. Sadece ‘CRISP’ adlı modelin kendine ait bir yangın alt modelinin olduğu bildirilmektedir.

Çizelge 4.9 : Modeller ve çeşitli özellikleri (Kuligowski, 2004).

Model İsmi	Yangının Modellenmesi	CAD Kullanımı
ALLSAFE	Elle ya da başka bir programdan yangın verisi girilebilmekte	Yok
ASERI	Elle ya da başka bir programdan yangın verisi girilebilmekte	Yok
BFIRES- 2	Başka bir programdan yangın verisi girilebilmekte	Yok
BGRAF	Elle ya da başka bir programdan yangın verisi girilebilmekte	Yok
BldEXO	Elle ya da başka bir programdan yangın verisi girilebilmekte	Var
CRISP	Kendi yangın modeli var	Var
Çagdaş's	Yok	Yok
EESCAPE	Yok	Yok
EGRESS 2002	Başka bir programdan yangın verisi girilebilmekte	Yok
EgressPro	Elle yangın verisi girilebilmekte	Yok
ENTROPY	Yok	Yok
E-SCAPE	Başka bir programdan yangın verisi girilebilmekte	Yok
EVACNET4	Yok	Yok
EvacSim	Başka bir programdan yangın verisi girilebilmekte	Yok
EXIT89	Yok	Yok
EXITT	Elle ya da başka bir programdan yangın verisi girilebilmekte	Yok
GridFlow	Yok	Var
Legion	Başka bir programdan yangın verisi girilebilmekte	Var
Magnetic Model	Yok	Yok
PathFinder	Yok	Var
PED/PAX	Yok	Var
Simulex	Yok	Var
STEPs	Yok	Var
Takahashi's	Yok	Yok
TIMTEX	Yok	Yok
VEgAS	Elle ya da başka bir programdan yangın verisi girilebilmekte	Var
WAYOUT	Yok	Yok

4.3.1 Çıkan gazların etkisi

Yanma sonucu, etkisi itibariyle 2 tür gaz açığa çıkmaktadır;

- Tahriş edici gazlar,
- Narkotik gazlar.

Tahriş edici gazlar, deri ve solunum yollarında tahrişlere yol açmaktadır. Bu, gazların kimyasal bileşikleri, hangi maddelerin yanma ürünü oldukları ve 4 saate ile 30 dakika arasında değişen maruz kalmada tehlikeli doza ulaşabilmektedir. Tahriş edici gazlar, maruz kalma sırasında ve sonrasında iki kademedede insan hareketlerinin kısıtlanmasına yol açmaktadır; göz, üst solunum yolu ve akciğerleri etkileyen acı verici tahrişin neden olduğu baygınlık, tahriş edici gazların akciğerlere nüfus etmesi sonucu akciğerlerde ödem oluşması ile meydana gelen bilinç kaybı ve ardından 6 ile 24 saat içinde oluşan ölüm meydana gelmektedir. Tahrişe neden olan gazlar inorganik asidik gazları HCL, SO₂, NO vs. organik moleküler ağırlığı az olan aldehitleri, formaldehit ve akrolin v.s. içermektedir. Duman içerisinde yirmiden fazla tahriş edici materyal saptanmaktadır. Geri kalanlar henüz anlaşılamamıştır.

Duyuları etkileyen tahriş edici gaz konsantrasyonu gözlerde, burunda ve boğazda yanmaya neden olmaktadır. Daha sonra solunum yollarında acı ve buna bağlı olarak da solunum güçlüğü oluşmaktadır. Bu etkiler binadan kaçış sırasında kullanıcıyı yavaşlatabilmekte ya da kullanıcının kaçış verimini düşürebilmektedir. Bina yangınlarında yangın olarak ortaya çıkan inorganik asidik gazlardan hidrojen klorür (HCL) için bu konsantrasyonun yaklaşık olarak 100 ppm ile 500 ppm arasında değiştiği belirlenmektedir (Bkz. Çizelge 4.10). Ancak 1000 ppm ve üstündeki konsantrasyonların kaçışı ciddi biçimde engelleyebileceği rapor edilmektedir.

Tahriş edici gazların binadan kaçış aşamasında kişileri iki şekilde etkileyeceği araştırmacılarca iddia edilmektedir (Purser, 1995):

1. Kişiler tahriş edici gazın gözlere ve üst solunum yollarına yaptığı etki ile baygınlık geçirebilmektedir.
2. Tahriş edici gazların kaçışı engelleyen bir etkisi olmamaktadır, aksine kişilerin kaçması için uyarıcı olabilmektedir.

Narkotik gazlar, merkezi sinir sistemini ve kardiovasküler sistemi etkileyerek önce güçsüzlüğe sonra ölüme sebep olurlar. Yanma sonucu oluşan en belli başlı narkotik gazlar karbon monoksit (CO) ve hidrojen siyanür (HCN) dür. Karbon monoksit (CO) karbon içeren maddelerin yanması sonucu oluşan ve her tür yanma olayında karşılaşılan toksik bir üründür. Buna karşılık hidrojen siyanür (HCN), sadece nitrojen içeren materyallerin yanması sonucu ortaya çıkmaktadır. Poliüretan köpükleri,

melamin, naylon, yün ya da akrilik hidrojen siyanürü (HCN) yanma ürünü olarak ortaya çıkaran belli başlı yapı malzemelerindendir. Siyanür, kanda belli bir oranı aşmadığı takdirde ölçülememektedir ve zehirleyicilik özelliği karbon monoksitten (CO) 40 kat fazladır (Purser, 1988). Ortamda %5'ten yüksek konsantrasyonda karbondioksitin bulunmasının ve hatta oksijen eksikliğinin de narkotik etki yarattığı bilinmektedir.

Çizelge 4.10 : Tahriş edici yanma ürünlerinin hassasiyet oranları (Purser, 1995).

Tahriş edici gaz	Fareler için 4 saatte tehlikeli doz konsantrasyonu RD ₅₀ (ppm)	İnsanlarda tahriş konsantrasyonu (ppm)	Memeliler için 30 dak. tehlikeli doz konsantrasyonu LC ₅₀ (ppm)	LC ₅₀ /RD ₅₀
Toluen diizosiyanit	0.20	1.0	100	500
Akrolin	1.7	1-5.5	140-170	91
Formaldehit	3.1	5-10	700-800	242
Klor	9.3	9-20	100	11
Krotanaldehit		4-45	200-1500	
Akronolitrit		>20	4000-4600	
Pentenon			1000	
Fenol		>50	400-700	
SO ₂	117	50-100	300-500	3
NH ₃	303	700-1700	1400-8000	16
HF		120	900-3600	
HCL	309	100	1600-6000	12
HBR		100	1600-6000	
NO	349	80	60-250	0.4
Stiren	980	>700	10000-80000	46
Asetaldehit	4946	>1500	20000-128000	15
Etil alkol	27314	>5000	400000	15
Aseton	77516	>12000	128000-125000	2

Toksikoloji bilimi, bazı gazlar (Karbon monoksit (CO), Hidrojen siyanür (HCN), Karbon dioksit (CO₂) ve Oksijen (O₂) azalması) için fiziksel bulgu ve teorik bilgilere dayanarak, baygınlık ve ölüm süresini tahmin edebilmektedir. Bu tahminler, kişinin kişisel teneffüs kapasitesi (RMV) değeriyle, yani kişinin dakikada soluyabildiği gaz hacmi ile ilişkilendirilmektedir.

‘CFAST’ ve ‘HAZARD’ gibi yazılımlar zamana bağlı olarak mekandaki bazı gazların (Karbon monoksit (CO), Hidrojen siyanür (HCN), Karbon dioksit (CO₂) ve Oksijen (O₂) azalması) konsantrasyonunu ve yayılmasını hesaplayabilmektedir.

Hatta ‘CFAST’ (Consolidated Fire and Smoke Transport Model) mekandaki bu konsantrasyonu alt ve üst seviyeler bazında hesaplamaktadır.

4.3.2 Duman ve görüş yoğunluğu

Yanma esnasında ortaya çıkan gazın fizyolojik etkisinin yanı sıra, içindeki parçacıkların yoğunluğu ve havada asılı kalması nedeni ile ortamın görüş mesafesi etkilenmektedir. Bu etki kullanıcıların kaçış hızını ve kaçış yönünü değiştirebilmektedir. Bu etki detaylı olarak bölüm 4.1.2.1’de anlatılmaktadır.

4.3.3 Yangının ısı etkisi

Binada yangın çıkması halinde, bu kimyasal reaksiyon sonucu ortamda alev, duman ve ısı olduğu daha önce belirtilmişti. Yukarıda bahsedilen tüm diğer etkiler gibi ısı da oldukça hayati bir öneme sahiptir. Isı ortamda sürekli yayılma eğilimindedir. Isının binada yayılımı taşınım (convection), ışıyım (radiation) ve iletim (conduction) olmak üzere toplam 3 şekilde gerçekleşmektedir.

Yangının ısı etkisi, yangının kullanıcıya etkisi, yangının yayılma etkisi ve yapının taşıyıcı sistemine etkisi olmak üzere üç aşamada incelenebilir.

Isının kullanıcıya etkisi kullanıcı ölümlerinin meydana geldiği bina yangınlarına ait raporlar incelendiğinde anlaşılmaktadır. Holborn vd., (2003) kullanıcıların sadece %19’unun yanarak öldüğü ve en öldürücü etkinin, yanma sonucu oluşan zehirli gazlar olduğu bilinmektedir (Bkz. Çizelge 4.11). Yanmaya dayalı ölümler de vücut sıcaklığı $37C^0$ ’nin üstüne çıkmakta ve vücutta şiddetli acı hissedilmektedir. Vücut sıcaklığının $42C^0$ ’nin üstüne çıkması durumunda vücuttaki protein yapılarında geri dönüşü mümkün olmayan bozulmalar meydana gelmektedir.

Çizelge 4.11 : Kasıtsız konut yangını ölüm nedenleri (Holborn vd., 2003).

Ölüm nedeni	Yangından ölen kişi sayısı	Ölüm %
Duman teneffüsü	101	36
Kombine yanma+zehirlenme	69	25
Yanma	53	19
Diğer	20	7
Kalp krizi, felç, düşmeye bağlı yaralanma	20	7
Boğularak ölmek	8	3
Bronş yangısı	8	3

Hymes vd. 1996, 210-700 °C derece arasındaki sıcaklığın vücuda teması halinde 2. Derece yanık meydana gelebileceğini belirtmektedir. Ortam sıcaklığının 300 °C derecenin üstünde olması halinde ise insan vücudunun en fazla 10 sn dayanabileceği bildirilmektedir (Torvi vd. 2000). Hockey ve Rew (1997), yayınladığı çalışmada, yangın dolayısıyla artan ısıнын ışınlama (radiation) yayıldığını bildirmektedir. Metrekareye düşen ısınım yayılımının (I (kW/m²)) etkisinin Çizelge 4.12’de listelendiği gibi olduğunu belirtmektedir.

Çizelge 4.12 : Isıl ısınım etkileri (Hockey ve Rew 1997).

I (kW/m ²)	Neden olduğu durum
0.8-1.2	Solar etkiye neden olmaktadır.
1.6	Uzun süre maruz kalınması halinde rahatsızlığa neden olmaktadır.
2.1	60 sn sonrasında minimal acıya neden olmaktadır.
4.0	Ölüm olmadığı bildirilmektedir.
4.7	15-20 sn sonra acıya, 30 sn sonra yaralanmalara neden olmaktadır.
9.5	8 sn sonra acı, 20 sn sonra 2. derece yanığa neden olmaktadır.
12,5	Ahşap tutuşmasına neden olmaktadır.
37,5	Tüm donanımın zarar görmesine neden olmaktadır.

Diğer taraftan, bina içindeki kapalı mekanda yanma dolayısı ile sıcaklığın 500 °C’ye çıkması halinde, bu sıcaklığın oluşturacağı basınç dolayısı ile ani bir parlama (flash over) meydana gelmektedir. Bu ani parlama ile o mekanda dışarıya açılan camlar patlamakta ve yangın üst katlara yayılmaya başlamaktadır. Bu andan itibaren yangın ileri yanma sürecine girer ki bu durum yangının yayılma hızını ve şiddetini misli ile arttırmaktadır.

Isı yayılımının 37,5kW/m² çıkması ile birlikte artık yapının taşıyıcı sistemi de zarar görmeye başlamaktadır. Isı derecesinin daha da artması özellikle, yangın yalıtımı iyi olmayan veya yangın esnasında yangın yalıtımı zarar gören binalarda, tıpkı 11 Eylül 2001’ de World Trade Center binalarında yaşandığı gibi, binaların yıkılması ile sonuçlanabilmektedir.

Özetle, bina tahliye süresinin, kullanıcı, mimari form ve tahliyeyi gerektiren durumun yarattığı çevresel etkiler olmak üzere 3 ana unsurdan etkilendiği anlaşılmaktadır. Bunlardan bina kullanıcısı, kullanıcının antropometrisi, hareket kabiliyeti ve mental yapısı ile biçimlenmektedir. Yapının mimari formu, ise kaçışa elverişliliği açısından değerlendirilmektedir. Çevresel etkilerde ise yangın esnasında çıkan gazların kullanıcı üzerindeki toksik etkisi, optik yoğunluğu ve ısı etkisi tahliye sürecini şekillendirmektedir.

5. ETMEN TABANLI BİNA TAHLİYE MODELİ

Binaların tahliye performansını 2 boyutlu plan şeması üzerinden değerlendirmek, kullanıcı hareketine ve tahliye dinamiklerine dayalı karar destek modellerinin analiz sonuçları üzerinden süreç olarak değerlendirmek kadar etkili değildir. Bu bölümde, bina tahliye sürecini ve süresini tahmin etmek için geliştirilen ve etmen tabanlı bir karar destek modeli olan ‘*ABEvac*’ (Agent Based Evacuation) adlı modelin yapısı, özellikleri ve tasarım ilkeleri anlatılacaktır.

5.1 Tahliye Modeli Tasarımı, Modelleme Dili ve Yöntemi

Benzetim modellerinin sayısı, tekniği, kapsamı ve amacı bilgisayarların hızlanmasıyla ve uygulama sınırlarının genişlemesiyle doğru orantılı olarak gelişmekte ve çeşitlenmektedir. Daha önce de anlatıldığı gibi, insan davranışlarını modelleme yaklaşımlarından birisi benzetim ile modellemedir. Kısa zaman önce ortaya çıkmış bir benzetim ile modelleme tekniği olan etmen tabanlı modelleme yaklaşımı ile insan davranışlarının (ya da kararlarının) benzetimini yapmak mümkündür. Tahliye sürecindeki karmaşık ilişkileri, etkileşimleri ve temsiliyetleri etmen tabanlı bir modelle benzetimini gerçekleştirmek için nesneye yönelik programlama dillerinden birini kullanmak gerekmektedir. Nesne tabanlı programlama dilleri, ‘Simula’, ‘Smalltalk’, ‘C++’, ‘Object Pascal’ (Delphi), ‘Objective-C’, ‘Eiffel’, ‘Python’, ‘Java’, ‘C Sharp Programlama Dili’, ‘Visual Basic’ ve ‘Realbasic’ olarak sıralanabilir. Windows ortamında çalışabilmesi, nesneye dayalı olması ve çok gelişmiş bir grafik ortamı olması nedenleri ile tezde geliştirilen modelin yazılımında Java 1.6 programlama dili kullanılmaktadır. Java ‘eclipse’ ortamında kullanılmaktadır. ‘Eclipse’ açık kaynak kodlu çok dilli yazılım geliştirme ortamıdır. Java dili için tasarlanmış olsa da C++, C, PHP ve Python gibi dilleri desteklemektedir. Java'nın ana grafik sistemi olan Swing yerine, bulunduğu platformda bulunan özellikleri doğrudan kullanan SWT'yi (Standart Widget Toolkit) yani birçok bileşenden meydana gelen ve Java ile kolayca arabirimler (GUI)

üretebilmemize yarayan bir kütüphaneyi kullanmaktadır. Bu bölümde, ‘*ABEvac*’ adlı modelin yapısı, özellikleri ve tasarım ilkeleri anlatılacaktır.

Kullanıcı, tez kapsamında geliştirilen ‘*ABEvac*’ (Agent Based Evacuation) adlı benzetim modelinde, fiziksel ve psikolojik özelliklerine göre karar verme yetisine sahip, birbirinden bağımsız tekil etmenlerle temsil edilmektedir. Etmen tabanlı modelleme yaklaşımının tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında, bu yaklaşımın belirme’ye (‘emergent phenomena’) egemen olması, mekana ait doğal çevreyi modelleyebilmesi, etmenlerin mekana uyum sağlayabilmesi, esnek olması ve özellikle geomekansal (geospatial) modellerle ilişkili olması gelmektedir (Bonebeau, 2002). Ayrıca bireylerin farklı karakteristiklerinin de etmen aracılığı ile tanımlanabildiği bu modelleme yaklaşımıyla bireysel bazdaki hareket ve bireylerin birbirleriyle olan etkileşimi de modellenmektedir.

Mekanın temsili, şimdiye kadar yapılan tüm modellerde sık ağ sistemi, gevşek ağ sistemi ve devamlı ağ sistemi olmak üzere üç farklı şekilde yapılmıştır. ‘*ABEvac*’ modelinde ise, bahsi geçen bu üç ağ örüntüsünden devamlı ağ sistemi kullanılmıştır. Bu yöntemle, kullanıcının gerçekte olduğu gibi, -modül üzerinde değil- mekanın her bir noktasına ulaşabilmesine olanak veren bir teknikte temsili gerçekleştirilmektedir.

Tez kapsamında, çalışılan kullanıcı hareketinin benzetimine dayalı, tahliye süresi hesabı yapan tahmin modelinde, etmen tabanlı modelleme yaklaşımına olanak veren Java programlama dili kullanılmaktadır. Windows ortamında çalışan model, mekanın temsili CAD çizimlerinden yararlanabilmekte ve etmenlerle temsil edilen kullanıcılar bireysel olarak hareket edebilmektedir. Tüm bunların yanı sıra modelin kullanıcı ara yüzü kolay anlaşılan bir formdadır.

5.2 Modelin Kurgusu ve Akış Diyagramı

‘*ABEvac*’ adlı model ile tasarım aşamasındaki binanın, daha inşa edilmeden tüm olumsuz senaryolar karşısındaki performansının analiz edilebilmesi hedeflenmektedir. Model, mimarların sirkülasyon tasarımına yardımcı olması ve yol göstermesi için geliştirilmiştir. ‘*ABEvac*’ modelinin, aşağıda özetlenen durumları tahmin etmesi beklenmektedir:

- Kullanıcıların binayı terk edip edemedikleri,
- Terk ediyorlarsa bu kaçışın ne kadar zaman (sn) aldığı,

- Kullanıcının binayı terk edememe nedenleri,
- Kullanıcıların kaçış rotaları,
- Kullanıcı psikolojisinin kaçış üzerindeki etkileri.

Bu tahminleri gerçekleştirebilen bir benzetim modeli için, sirkülasyonun gerçekleştiği çevreye, bu çevrenin fiziksel şartlarına ve sirkülasyonu gerçekleştiren kullanıcıya ilişkin tüm parametrelere ihtiyaç vardır. Bu parametrelerin birbirleriyle olan etkileşimleri ve bu etkileşim sonuçları, modele, gerçek durumda olduğu gibi aktarılmalıdır. Bu etkileşimler ve parametreler ‘ABEvac’ modeline 2 temel alt model oluşturmaktadır.

- Mekan temsil modeli,
- Kullanıcı temsil modeli,

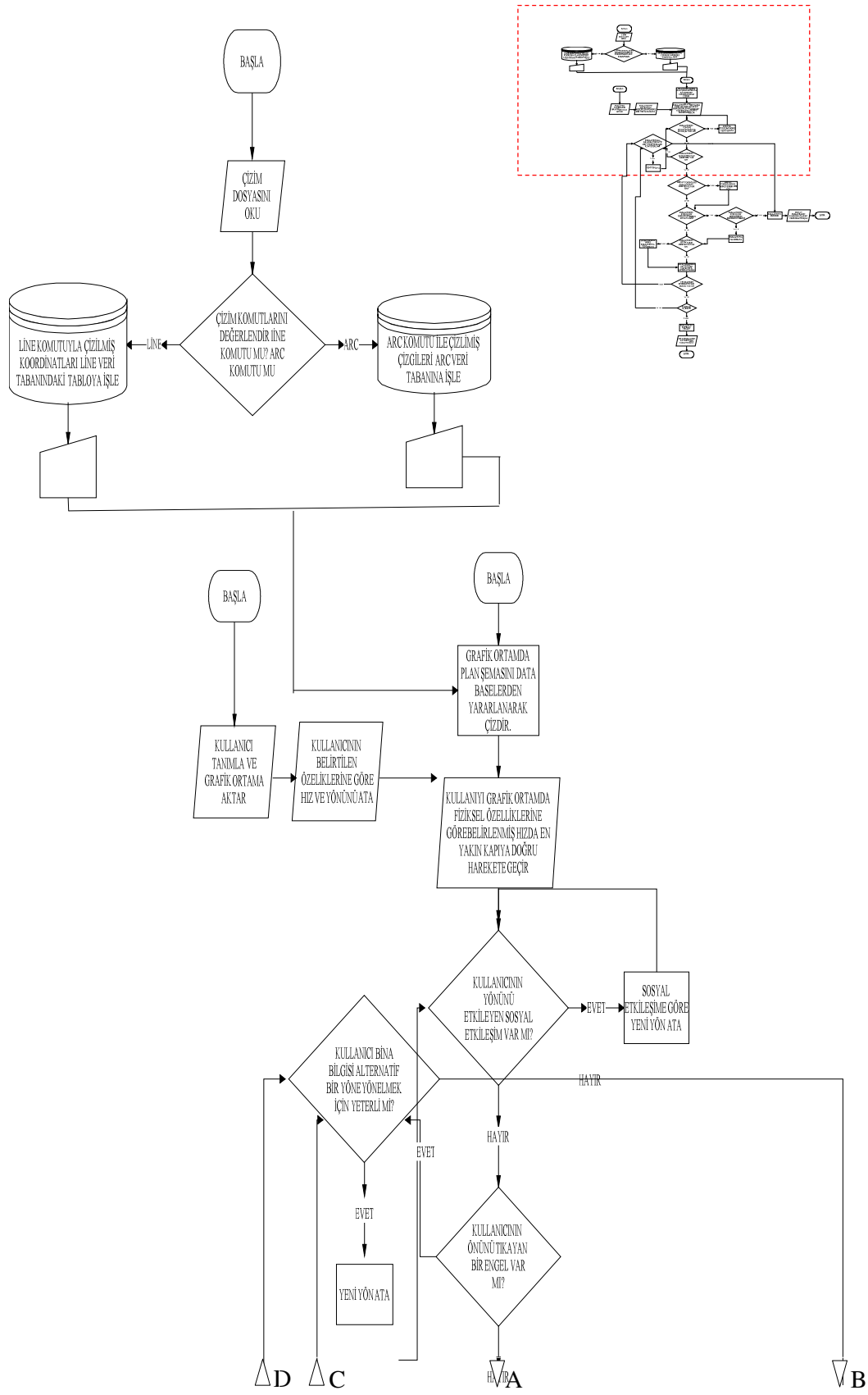
‘ABEvac’ modeli önce mekanı, sonra etmenlerle temsil edilen kullanıcıyı modellemektedir. Kullanıcıyı temsil eden etmenlerin ana hedefi kendilerine en yakın konumdaki çıkış kapısına ulaşmaktır. Ancak kullanıcı hedef yönünde ilerlerken bazı fiziksel, sosyal ve psikolojik engellerle karşılaşmaktadır. Kullanıcının engeller karşısında nasıl hareket edeceği ve bahsi geçen iki temel modülün etkileşiminden ve birlikteliğinden ortaya çıkan modelin işleyişi akış diyagramında adım adım gösterilmektedir (Bkz. Şekil 5.1 ve 5.2).

5.3 Modelin Parametreleri

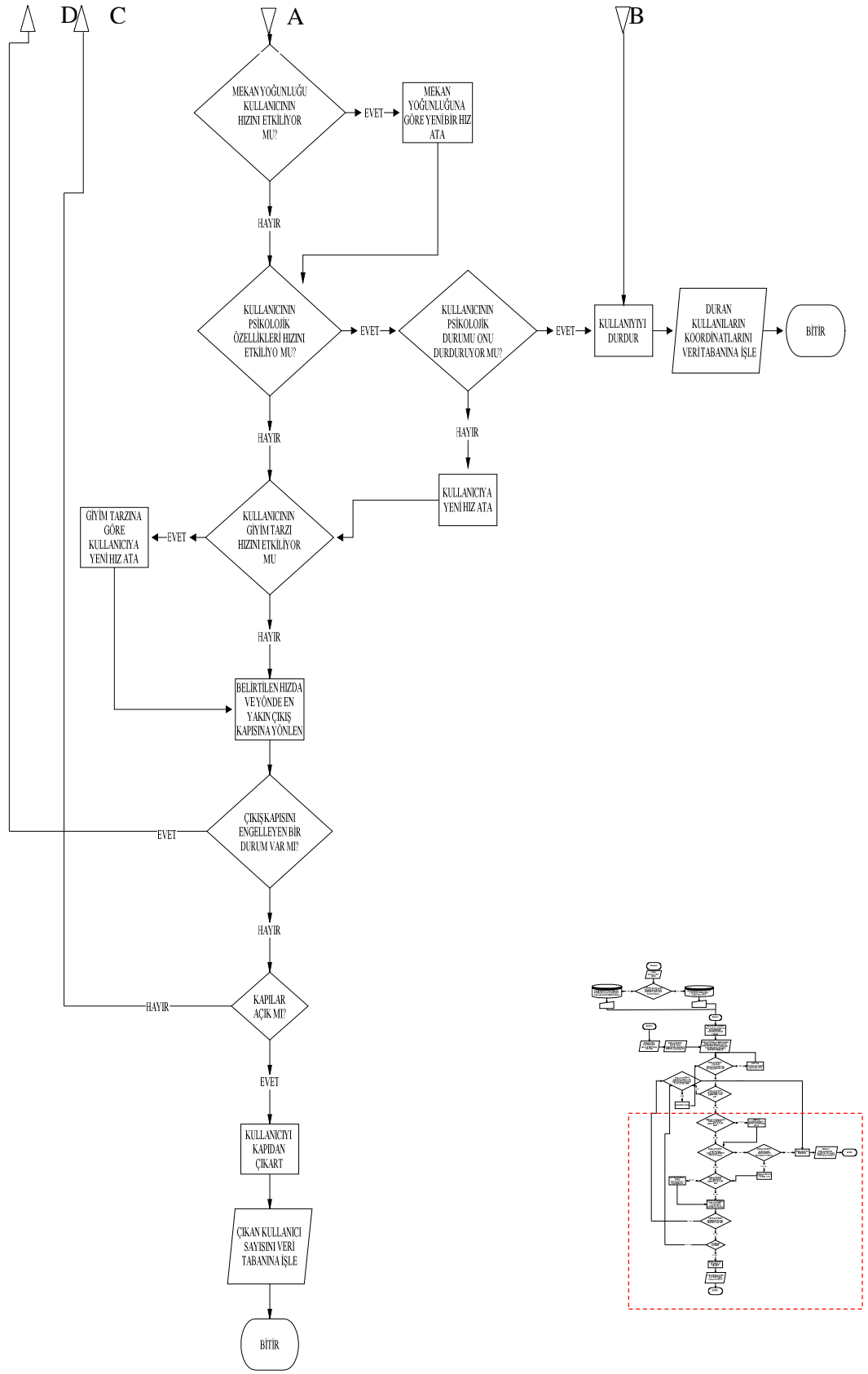
‘ABEvac’ modelinde irdelenen ve modele dahil edilen tahliye bileşenleri Şekil 5.3’te kesikli çizgi ile çerçeve içinde gösterilmektedir. Mekan ve kullanıcı bileşeni modelin ana strüktürünü oluşturmaktadır. Bu iki bileşene ait parametreler aşağıda bildirilen kapsamda irdelenmektedir:

- Mekana ait parametreler, bina planının model içinde temsil edilmesi için gerekli olan koordinat düzlemindeki parametrelerdir.
- Kullanıcıya ait parametreler:
 - Kullanıcının fiziksel ve fizyolojik özelliklerinin temsili için gerekli parametreler,
 - Kullanıcının hareket kabiliyetinin temsiline dair parametreler,
 - Kullanıcının karar verme yeteneğine ait parametreler.

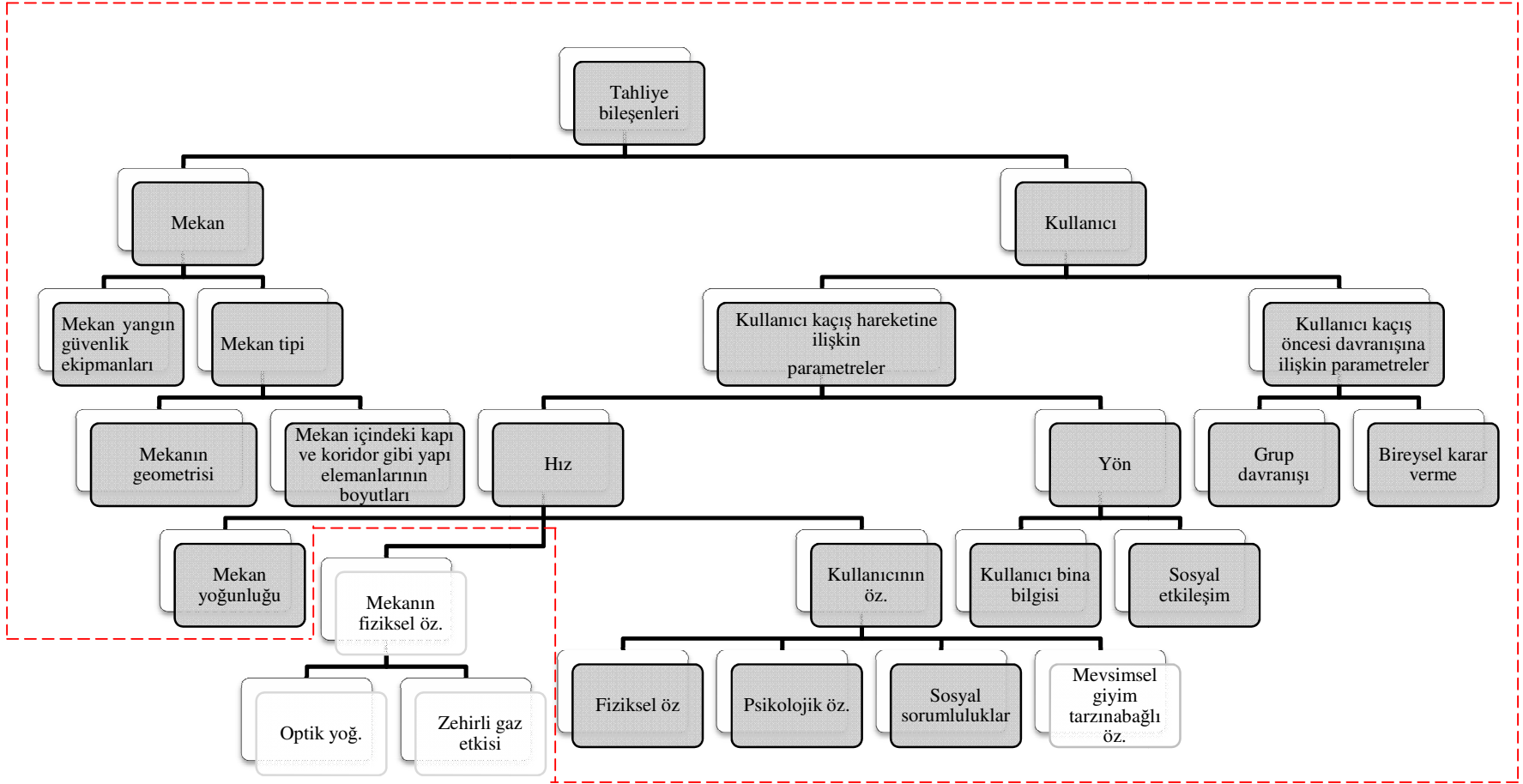
Bu parametrelere ilişkin değerler ve bu değerlerin belirlenme yöntemleri bölüm 5.4 ve 5.5 de detaylandırılmaktadır.



Şekil 5.1 : 'ABEvac' modelinin akış diyagramı.



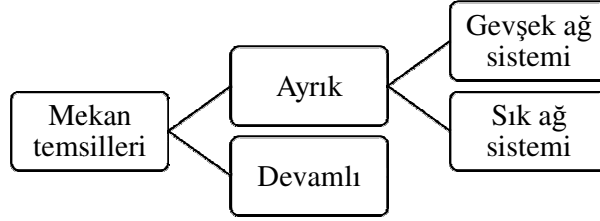
Şekil 5.1(devam): 'ABEvac' modelinin akış diyagramı devamı.



Şekil 5.2 : ABEvac modelinin bileşenleri.

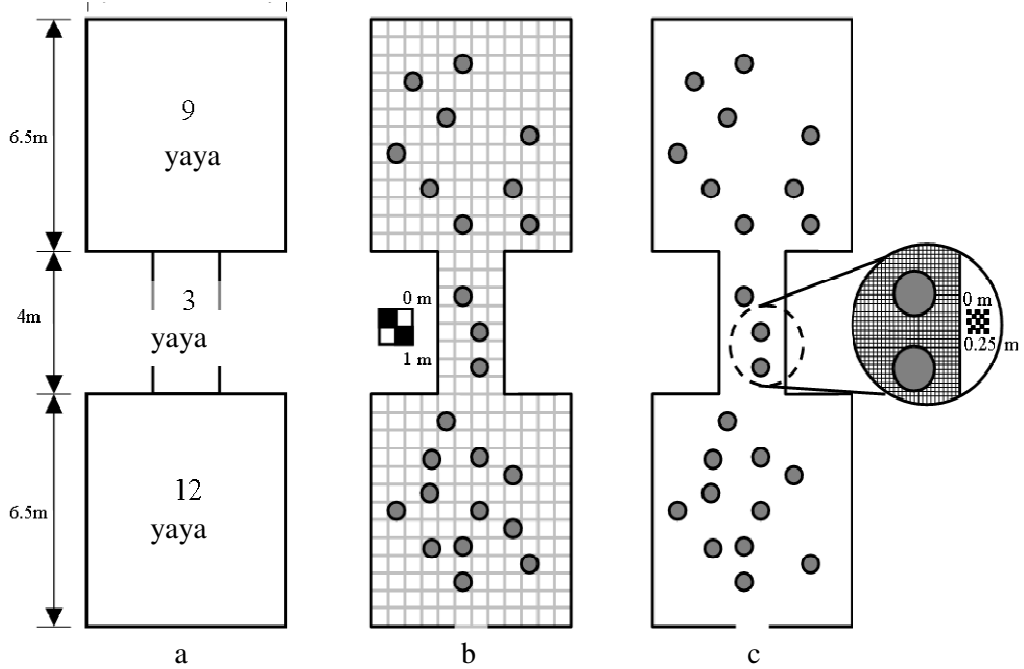
5.4 Modelde Mekanın Temsili ve Uygulama Yöntemi

Bina geometrisinin modele temsili için tahliye modellerinde sık ağ sistemi (*fine network*) gevşek ağ sistemi (*coarse network*) ve devamlı ağ sistemi (*continious network*) olarak adlandırılan üç farklı yaklaşım söz konusudur (Bkz. Şekil 5.3) (Gwynne vd., 1999; Kuligowski, 2004; Castle vd., 2007).



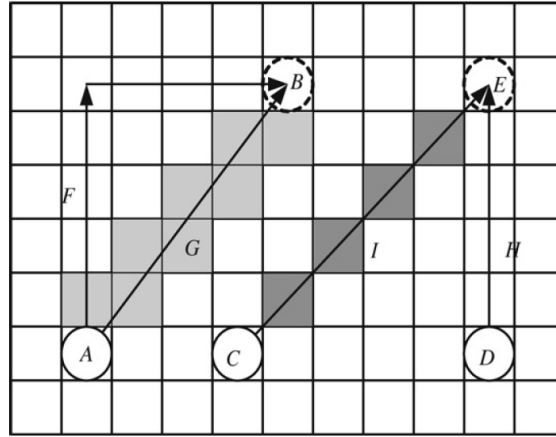
Şekil 5.3 : Mekan temsil biçimleri.

Gevşek ağ yaklaşımında, mekan, odalar, koridorlar ve merdivenler gibi geometrik parçalara ayrılır (Bkz. Şekil 5.4). Bu yaklaşımı kullanan modellerde bina kullanıcısı, bina bölümleri arasında hareket eden bir kitle ya da küme gibi temsil edilmektedir ve kullanıcıların bireysel hareketleri gözlemlenmemektedir.



Şekil 5.4 : Aynı mekanın 3 değişik yöntemle gösterimi (Castle vd., 2010). a) gevşek ağ sistemi. b) sık ağ sistemi. c) devamlı ağ sistemi.

Sık ağ mekan temsil yaklaşımında ise, plan geometrisi, CAD dosyasından bir resim dosyası gibi okunup birbirine eşit karelere bölünür (0.5x0.5m, 0.4x0.4m) ve bu kareler birbirlerine düğüm noktaları ile bağlanır (Bkz. Şekil 5.5). Her bir karede 1 kullanıcı ikamet edebilmektedir. Kullanıcılar bu karelere bölünmüş alanlar ve onları birbirine bağlayan düğümler üzerinde hareket etmektedir. Sık ağ mekan temsiline gevşek ağ mekan temsiline farklı olarak mekandaki tefriş elemanları ve bölüntülerde modüllerin tefriş elamanı olarak tanımlanması halinde temsil edilmektedir. Bu mekan temsiline, kullanıcılar bireysel hareketler sergileyebilmektedir. Kullanıcılar modüller ve düğüm noktaları hattında hareket ettikleri için kullanıcı kaçış rotası gerçek rotadan biraz farklıdır, çünkü kaçış işlemi modüllerin izlenmesi sonucunda çıkan rota kadar doğrusal değildir (Bkz. Şekil 5.5).



Şekil 5.5 : Sık ağ mekan temsil yaklaşımında kullanıcı hareketi Normal kullanıcı çıkış davranışı (Guo ve Huang, 2008).

Devamlı ağ sistemi (*continious network*) olarak adlandırılan bu üçüncü yaklaşımda, sık ağ mekan temsiline ait tüm özellikler bulunmaktadır. Bu temsil sisteminde, modüller milimetre düzeyinde daha küçüktür bundan dolayı mekan ve mekanın içindeki tefriş elemanları daha hassas bir biçimde temsil edilebilmektedir. Bu durumda kullanıcı hareketi daha az doğrusal ve daha gerçekçi biçimlenmektedir. Devamlı ağ sistemini bilgisayara yüksek hesaplama yükü gerektirmesi nedeni ile dezavantajlı olabilmektedir (Castle, 2007). Bu güne kadar çok az bilgisayar modeli bu mekan temsil yaklaşımını uygulamıştır (Bkz. Çizelge 5.1). Literatürdeki 28 modelin modeldeki mekanı oluşturma strüktürleri ve mekanı CAD dosyasından tanımlayanlar Çizelge 5.1’de verilmektedir.

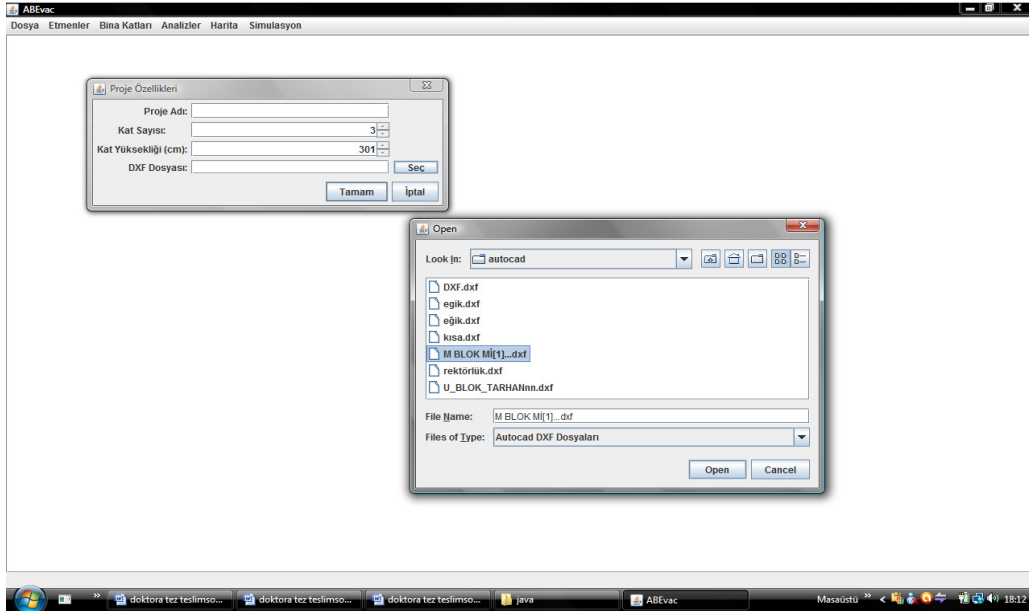
Çizelge 5.1 : Modellerin mekanı temsil etme yöntemleri ve CAD çizimlerini dönüştürebilme yetenekleri.

Model	Mekan oluşumu	CAD dönüştürme özelliği
Allsafe	Gevşek ağ sistemi	Yok
Aseri	Devamlı ağ sistemi	Yok
Bfires- 2	Sık ağ sistemi	Yok
Bgraf	Sık ağ sistemi	Yok
Bldexo	Sık ağ sistemi	Var
Çağdaş's	Gevşek ağ sistemi	Yok
Crisp	Sık ağ sistemi	Var
Eescape	Gevşek ağ sistemi	Yok
Egress 2002	Sık ağ sistemi	Yok
Egresspro	Gevşek ağ sistemi	Yok
Entropy	Gevşek ağ sistemi	Yok
E-scape	Gevşek ağ sistemi	Yok
Evacnet4	Gevşek ağ sistemi	Yok
Evacsim	Sık ağ sistemi	Yok
Exit89	Gevşek ağ sistemi	Yok
Exit	Gevşek ağ sistemi	Yok
Gridflow	Devamlı ağ sistemi	Var
Legion	Devamlı ağ sistemi	Var
Magnetic model	Sık ağ sistemi	Yok
PathFinder	Sık ağ sistemi	Var
Ped/pax	Gevşek ağ sistemi	Var
Simulex	Devamlı ağ sistemi	Var
Steps	Sık ağ sistemi	Var
Takahashi's	Gevşek ağ sistemi	Yok
Tımtex	Gevşek ağ sistemi	Yok
Vegas	Sık ağ sistemi	Var
Wayout	Gevşek ağ sistemi	Yok

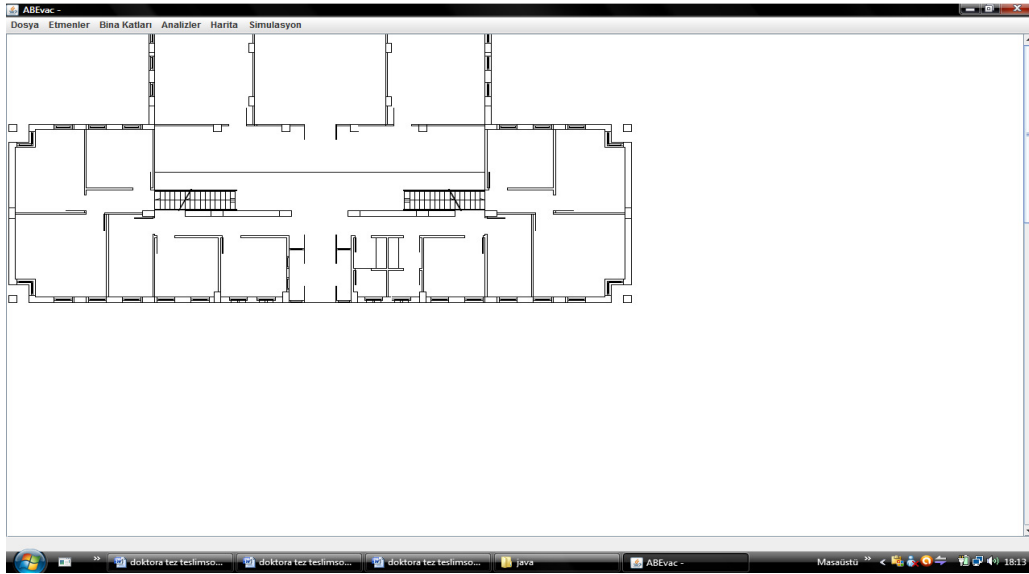
‘ABEvac’ modelinde devamlı ağ sistemi (*continious network*) ile mekan temsil edilmektedir. Modelde mekan, programa dili Java tarafından, dxf uzantılı CAD çiziminden elde edilen koordinatların Java grafik ortamı koordinat düzlemine dönüştürülerek yeniden çizdirilmesi ile elde edilmektedir (Bkz. Şekil 5.6). Bu durum, modelde mekanın, resim olarak değil grafik olarak Java grafik ortamında temsil edildiği anlamına gelmektedir. Bu dönüşüm aşağıdaki metotların uygulanması ile gerçekleştirilmektedir.

‘ABEvac’ bilgisayar modelinde, 2 boyutlu dxf uzantılı CAD çizim dosyası bir java geometri kütüphanesi olan *kabeja* tarafından okutulmaktadır. Bu işlem sonrasında proje dosyasında, dxf uzantılı dosyadaki tüm çizim komutları ve o çizime ait koordinatlar kayıt edilmektedir. Bu koordinatlar Java grafik ortamının koordinat

sistemine dönüştürülmekte ve Şekil 5.7’de de görüldüğü gibi grafik ortam çizim kodları kullanılarak Java ortamında çizdirilmektedir.



Şekil 5.6 : ‘ABEvac’ modelinde dxf uzantılı Auto-Cad dosyasının açılması.



Şekil 5.7 : Auto-Cad dosyasının Java grafik ortamında temsili.

Ancak gerçekleşen bu çizim Java grafik oluşturma komutlarından ‘line’ prosedürü ile gerçekleştiği için, sadece ‘line’ prosedüründe gösterilen (x_1 , y_1 , x_2 , y_2) noktalarını tanımlayabilmektedir, grafik ortamda doğruyu oluşturan tüm noktaların koordinatları belli değildir. Bu belli olmayan koordinatları bulmak için, plan şemasındaki bütün doğruların o doğru istikametindeki tüm noktalarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu

nedenle bir veri tabanı tablosuna grafik ortamdaki tüm doğru parçalarının o doğru boyunca izlediği tüm noktaların x ve y koordinatları kayıt edilmekte ve mekan yeniden tüm bu noktaların kullanılarak çizdirilmesi şeklinde oluşturulmaktadır. Şekil 5.8'den de anlaşılacağı gibi, bu yöntem ile plan şeması içindeki tefriş elemanları da tanımlı hale gelmektedir. Diğer bir değişle modeldeki etmen kullanıcı, çevresindeki tefrişleri görebilmektedir.

Mekan modülünde her kat için ayrı bir program penceresinde kat planının çizilmesi ve bunların merdivenlerle birbirlerine bağlanması modelin çok katlı binalarda da uygulanmasına olanak sağlamaktadır.

5.5 Modelde Kullanıcının Temsili

Tahliye modellerinde, kullanıcının modellenmesinde, iki farklı yaklaşım söz konusudur. Bunlardan ilki kullanıcıların bir grup gibi ele alındığı ve tüm kullanıcıların aynı kurallar çerçevesinde hareket ettiği 'global' olarak adlandırılan modelleme prensibidir. Bu prensip ile geliştirilen benzetim modellerinde kullanıcıların birey bazında nasıl hareket ettikleri benzetim içinde gözlemlenemez. İkinci yaklaşımsa, bizim de kullanıcıyı modellemek için kullanmayı amaçladığımız ve etmen tabanlı modellemeyi seçmemizin sebeplerinden biri olan 'bireysel' modelleme tekniğidir. Bu modelleme seçeneğinde, her birey ayrı ayrı modellenir ve benzetim içinde bireyler gözlemlenebilir. Bu yaklaşım da bireylerin temel özellikleri ve davranış karakteristikleri aynı modellenirse bile, bireyin davranışları bulunduğu ortam koşullarına göre şekillenmekte ve diğer bireylerden farklı davranışlar sergilemektedirler. Bu yaklaşımın en önemli avantajı bireyin nasıl davrandığının gözlemlenebilmesine olanak vermesidir. Literatürde tahliye analizi yaptığı bilinen modellerin kullanıcı temsil etme yaklaşımları Çizelge 5.2'de listelenmektedir.

Çizelge 5.2 : Tahliye modellerinin kullanıcı temsil etme biçimleri.

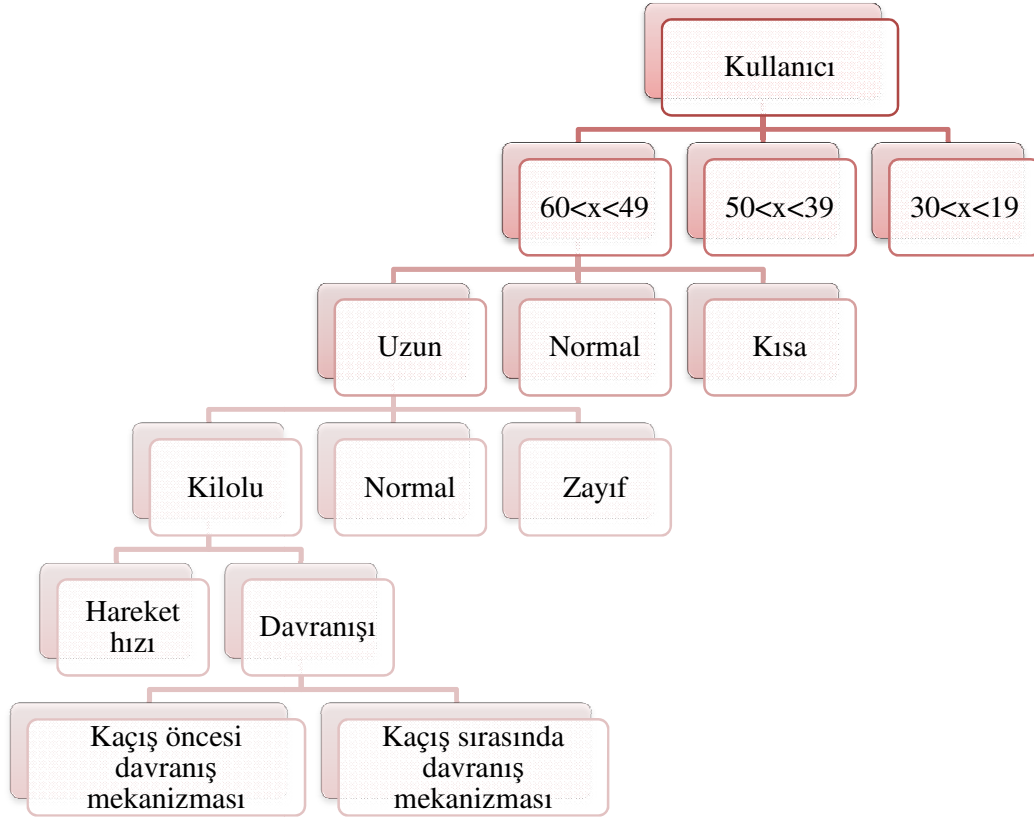
Model	Kullanıcıyı temsil etme şekli
ALLSAFE	Global
ASERI	Bireysel
BFIRES- 2	Bireysel
BGRAf	Bireysel
BldEXO	Bireysel
CRISP	Bireysel
Çağdaş's	Global
EESCAPE	Global
EGRESS 2002	Bireysel
EGressPro	Global
ENTROPY	Global/Bireysel
E-SCAPE	Bireysel
EVACNET4	Global
EvacSim	Bireysel
EXIT89	Bireysel
EXITT	Bireysel
GridFlow	Bireysel
LeGalion	Bireysel
Magnetic Model	Bireysel
PathFinder	Global/Bireysel
PED/PAX	Global
Simulex	Bireysel
STEPS	Bireysel
Takahashi's Fluid	Global
TIMTEX	Global/Bireysel
VEGAS	Bireysel
WAYOUT	Global

'ABEvac' adlı modelde, kullanıcı etmenlerle temsil edilmekte ve kullanıcılar veri tabanına işlenmiş karar ağaçları vasıtası ile davranış eğilimleri ve fiziksel karakterleri belirlenmektedir. Karar ağacı olası tüm eylemlerin yönlerini, eylemlerin yönlerine etkisi olabilecek tüm olası faktörleri ve tüm bu faktörlere dayanan her bir olası sonucu, verilere bağlı olarak değerlendiren, çizgi, kare, daire gibi geometrik semboller kullanımı yoluyla karar vericiye sorunu anlamada kolaylık sağlayan bir çizelge olarak tanımlanmaktadır. Öncelikle kullanıcılar, fiziksel özelliklerine göre (cinsiyet, yaş, boy ve kilo) sınıflandırılır ve karar ağacının en son dallarında o kullanıcılar için bir yön, hız ve karar verme şekli atanır (Bkz. Şekil 5.8). Daha sonra kullanıcılar, mekanda karar ağacının atadığı hız ve yön doğrultusunda gezinmeye başlamaktadır. Ayrıca mekanın fiziksel durumuna göre de, çeşitli karar ağaçları oluşturulacaktır. Kullanıcı mekanda gezinirken, mekanın fiziksel özellikleri değiştikçe kullanıcı karşılaştığı duruma göre o durumun karar ağacına gidecek ve

yeni davranışını ve hızını belirleyecektir. Mekanın özelliklerine göre düzenlenen karar ağaçları iki başlık altında sıralanabilir;

- Kullanıcı yoğunluğu karar ağacı
- Sosyal etkileşim karar ağacı

Bu karar ağaçlarının karar dallarının oluşturulması, yapılacak olan anket sonuçlarının değerlendirilmesinden sonra gerçekleştirilecektir.



Şekil 5.8 : ‘ABEvac’ modelinin kullanılabilecek bir kullanıcı karar ağacı örneği.

5.5.1 Kullanıcının fiziksel özelliklerinin modellenmesi

Modelde, kullanıcıların yaşı, cinsiyeti, boyu, kilosu, göğüs derinliği ve basen çevresi gibi fiziksel değerler kullanıcıyı modellemek, temsil etmek ve bazı karar mekanizmalarında kullanmak için gerekmektedir. Programda, kullanıcının cinsiyeti karar verme mekanizmasının seçilmesinde, ağırlık, boy ve kilo kullanıcının hareket kabiliyetinin belirlenmesinde ve göğüs derinliği ve basen çevresi ise kullanıcının programda 2 boyutlu olarak plan şeması içinde elips şeklinde grafik olarak temsil edilmesinde yardımcı olmaktadır (Bkz. Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 : Fiziksel verilerin programdaki kabiliyetleri.

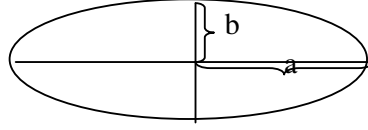
Fiziksel özellik	Programdaki kabiliyeti
Cinsiyet	Kullanıcı karar verme mekanizması
Ağırlık Boy	Kullanıcının hareket kabiliyeti için
Göğüs derinliği, Basen çevresi	Kullanıcının programda grafikleştirilmesinde

Kullanıcıya ait bu fiziksel değerler ‘*ABEvac*’ adlı modele, 2006 yılında Ankara Üniversitesinin gerçekleştirdiği ve Anadolu insanına ait verileri istatistiksel olarak analiz eden araştırma projesinin sonuçlarından aktarılmaktadır. Bu araştırmanın, Türkiye’deki her coğrafik bölgeden iki il olmak üzere toplam 14 ilden ve her ilden 20-65 yaşları arasından 75’i kadın ve 75’i erkek olmak üzere 150 bireyin antropometrik ölçülerinin alınmasıyla gerçekleştirildiği belirtilmektedir (Akın G., v.d.). Çalışmada kullanıcıların yaş ve cinsiyetlerine, göre boy, kilo, göğüs derinliği ve basen çevresi dağılımlarının SPSS programı kullanılarak saptandığı belirtilmektedir. ‘*ABEvac*’ adlı modele ara yüz kullanıcı tarafından bina kullanıcısına ait yaş ve cinsiyet bilgileri girildiğinde otomatik olarak ortalama boy, kilo, göğüs derinliği ve basen genişliği değerleri otomatik olarak atanmaktadır. EK A Çizelge A.1-10’da Anadolu insanının cinsiyetine ve yaşına göre ortalama boy, kilo göğüs derinliği ve basen genişliği değerleri verilmektedir. Çizelge 5.4’te ise Anadolu insanının bu vücut ölçülerine ilişkin ortalama değerler 20-65 yaş arası kadın ve erkek bireyler için listelenmektedir.

Çizelge 5.4 : Kadın ve erkek Bireylere Ait Antropometrik Değişkenlerin Ortalama ve Standart Sapma Değerleri (Akın G., ve ark. 2006).

20-65 yaş kadın için	Ortalama (x)	20-65 yaş erkek için	Ortalama (x)
Boy (cm)	155.03	Boy (cm)	168.88
Ağırlık (kg)	67.12	Ağırlık (kg)	74.74
Göğüs Derinliği	203.90	Göğüs Derinliği	212.53
Basen Çevresi	1042.13	Basen Çevresi	976.39
Beden Kitle İndisi (kg/m ²)	28.02	Beden Kitle İndisi (kg/m ²)	26.23

Modelde elips formun çevresinin, kullanıcının basen çevresine eşit olduğu varsayılmaktadır (Bkz. Şekil 5.10ve Denklem 5.1). Elipsin mekanda kaplayacağı alan içinse kullanıcının basen çevresi ve göğüs derinliği ile ilişkilendirilen denklemler kullanılmaktadır (5.2-5.5).



Şekil 5.9 : Kullanıcının elips ile temsilinde kullanılan değerler.

$$\text{elips çevresi} = \text{basen çevresi} \quad (5.1)$$

$$\text{alan elips} = \pi ab \quad (5.2)$$

$$a = \frac{\sqrt{\text{basen çevresi}^2 - 2\pi^2(\text{göğüs derinliği}/2)^2}}{\pi\sqrt{2}} \quad (5.3)$$

$$b = \text{göğüs derinliği}/2 \quad (5.4)$$

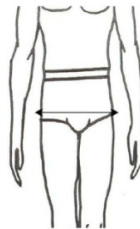
$$\text{alan elips} = \pi \left(\frac{\sqrt{\text{basen çevresi}^2 - 2\pi^2(\text{göğüs derinliği}/2)^2}}{\pi\sqrt{2}} \right) \left(\frac{\text{göğüs derinliği}}{2} \right) \quad (5.5)$$

Göğüs Derinliği: vücut eksenine dik olarak daha önce işaretlenmiş olan 3. ve 4. sternalan birleştiği yerin ölçülmesi ile elde edilir (Bkz. Şekil 5.10).



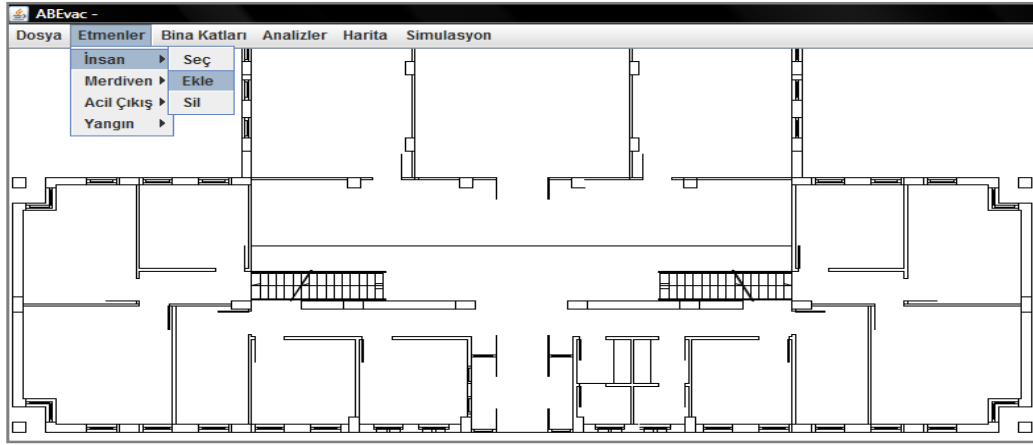
Şekil 5.10 : Göğüs Derinliği.

Basen çevresi: Bu ölçü kalçanın en geniş noktaları arasından geçmektedir (Bkz. Şekil 5.11).



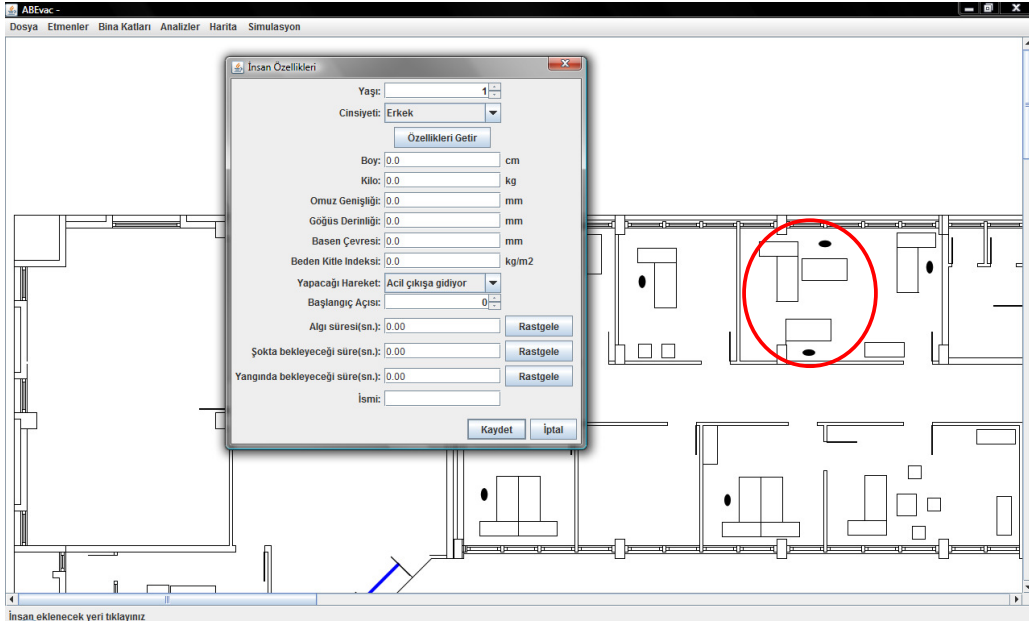
Şekil 5.11 : Basen çevresi.

Şekil 5.12’den de görüleceği üzere, ‘ABEvac’ modelinde insan tanımlama, etmenler araç çubuğundan insan ekleme seçeneği ile gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5.12 : ‘ABEvac’ Grafik ortamında kullanıcı oluşturulması.

İnsan ekleme seçildikten sonra karşımıza çıkan ‘insan özellikleri’ sorgu ekranında kullanıcıya ait yaş ve cinsiyet bilgileri girilip kullanıcının boy, kilo, omuz genişliği, göğüs derinliği, basen çevresi ve beden kitle endeksi bilgileri ‘özellikleri getir’ butonu ile veri tabanından çağrılabilir. Ancak arayüz kullanıcısı bina kullanıcısının bu fiziksel özelliklerini biliyorsa manüel olarak modele kendisi de atayabilmektedir. Şekil 5.13’de görüldüğü gibi kullanıcının başlangıç açısı ve biliniyorsa acil durum davranışı tanımlanabilmektedir.



Şekil 5.13 : ‘ABEvac’ modelinde kullanıcının temsili.

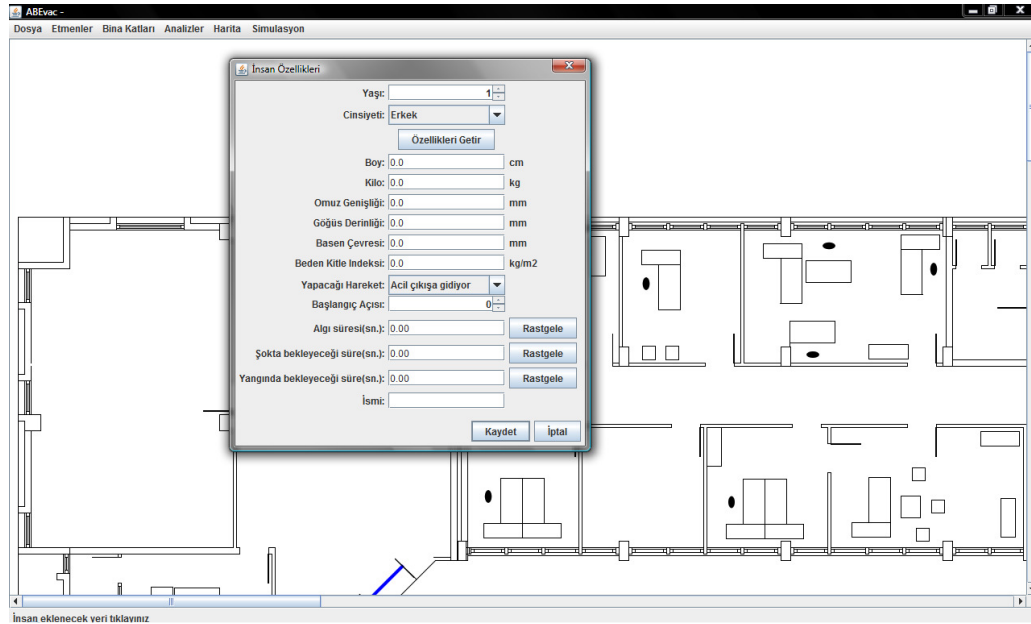
5.5.2 Kullanıcı davranışının modellenmesi

Tahliye modellerinde, kullanıcının karar verme yeteneğinin temsili için farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler kullanıcının ve mekanın temsil edilme yöntemi ile bağlantılı olarak şekillenmektedir. Bu temsil biçimleri, oluşum sırasına göre; davranışsız yaklaşım (no behaviour), kuralların kompleks matematiksel ifadelerle dayandırıldığı Örtük Davranış (implicit behaviour), hareket denklemlerinin akışkanlar mekaniği ve ya manyetik alan denklemlerine dayandırıldığı İşlevsel analogi yaklaşımı, (Functional Analogy), kural tabanlı yaklaşım (rule based behaviour) ve yapay zeka yaklaşımı (artificial intelligence behaviour) olarak sıralanmaktadır (Gywen, 1999; Kuligowski, 2004; Castle, 2007). Tahliye modellerinin kullanıcı davranışını modelleme yaklaşımları Çizelge 5.5'te özetlenmektedir.

Çizelge 5.5 : Modellerin kullanıcı davranışını modelleme yaklaşımları.

Model	Davranış modelleme yöntemi
ALLSAFE	Örtük Davranış
ASERI	Kural tabanlı yaklaşım
BFIRES- 2	Kural tabanlı yaklaşım
BGRAF	Kural tabanlı yaklaşım
BldEXO	Kural tabanlı yaklaşım
CRISP	Kural tabanlı yaklaşım
Çağdaş's	Davranışsız yaklaşım
EESCAPE	Davranışsız yaklaşım
EGRESS 2002	Kural tabanlı yaklaşım
EgressPro	Davranışsız yaklaşım
ENTROPY	Davranışsız yaklaşım
E-SCAPE	Kural tabanlı yaklaşım
EVACNET4	Davranışsız yaklaşım
EvacSim	Kural tabanlı yaklaşım
EXIT89	Örtük Davranış
EXITT	Kural tabanlı yaklaşım
GridFlow	Örtük Davranış
Legion	Yapay zeka yaklaşımı
Magnetic Model	İşlevsel analogi
PathFinder	Davranışsız yaklaşım
PED/PAX	Örtük Davranış
Simulex	Örtük Davranış
STEPS	İşlevsel analogi
Takahashi's Fluid	İşlevsel analogi
TIMTEX	Davranışsız yaklaşım
VEgAS	Yapay zeka yaklaşımı
WAYOUT	Davranışsız yaklaşım

Kullanıcı davranışının 'ABEvac' modelinde nasıl temsil edileceği, yapılan anket sonuçlarının analiz edilmesi ve istatistiksel değerlendirme ile belirlenmektedir. Eğer kullanıcının nasıl davranacağı biliniyorsa kullanıcıya ait davranış manüel tanımlanabilir (Şekil 5.14). Bununla birlikte kullanıcının algı süresi, şokta kalacağı süre ve yangın yerini ziyaret ediyorsa orda kalacağı süre yine manüel olarak tanımlanabilmektedir. Kullanıcı davranışına ilişkin yapılan anket çalışması alt başlıklarda detaylıca anlatılmaktadır.

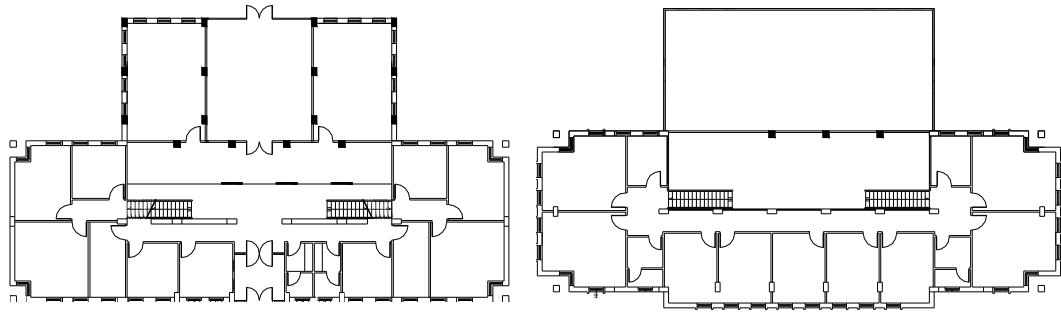


Şekil 5.14 : İnsan özelliklerinin modele atanması.

5.5.2.1 Kullanıcı davranışının anket çalışması ile ölçülmesi

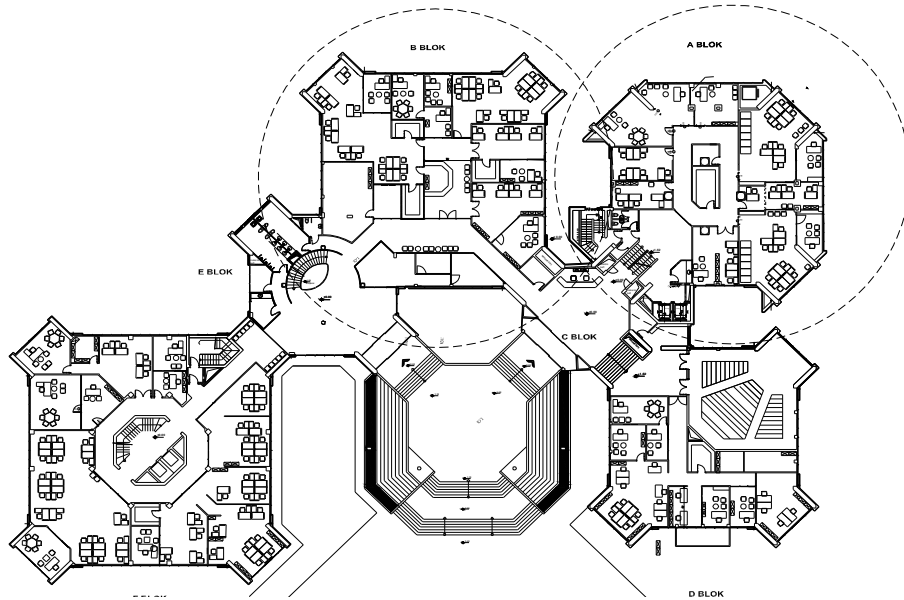
Tez kapsamında kullanıcı acil durum davranışını ve psikolojisini ölçmek amacı ile iki ayrı binada iki farklı anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan bu anketler acil durum davranışı konusunda yapılan farklı çalışmalar (Wood, 1972; Fahy ve Proulx 1995; Sekizawa vd., 1999; Proulx ve Reid 2006) incelenerek ve değerlendirilerek hazırlanmıştır. Bu anketleri düzenlemedeki ve analiz etmedeki temel amaç, kullanıcıların acil durum davranışlarının ve psikolojilerinin dağılımını elde etmektir. Bununla birlikte, bu dağılımların kullanıcıların farklı özellikleri dahilindeki değişimi incelenmektedir. Sonrasında elde edilen bu farklı özellikteki kullanıcıların acil durum davranış dağılımları, modeldeki kullanıcıların davranışını temsil etmek için kullanılacaktır.

Bu anketlerden ilki (Bkz. Ek. B) 01.04.2010 tarihinde Şekil 5.15’de mimari planı gösterilen Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü (G.Y.T.E.) Mimarlık Fakültesi binasında zemin katta çıkan yangın sonrasında, yangın esnasında binada bulunan kullanıcılara uygulanmıştır. Zemin ve 1. kattan oluşan mimarlık fakültesi binasında toplam 27 kişi çalışmakta ve haftanın bazı saatlerinde binada yüksek lisans dersleri verilmektedir. Yangının çıktığı saatte binada, toplam 17 kişi bulunmaktaydı. Anket soruları, yangın esnasında binada bulunan bu 17 kişiye yöneltilmiştir. Kullanıcıların yaş, cinsiyet ve idari görevlerine göre nasıl davranışlar sergileyecekleri SPSS 16 programı yardımıyla test edilmektedir.

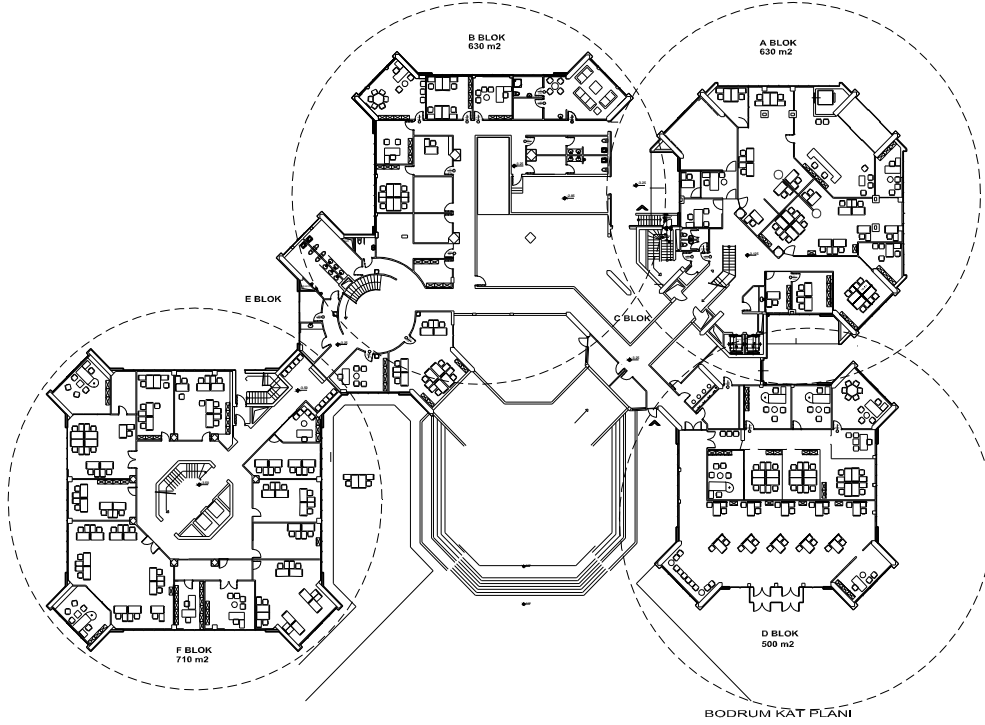


Şekil 5.15 : G.Y.T.E Mimarlık Fakültesi Binası Zemin ve 1. Kat planı.

İkinci anket (Bkz. Ek C) ise Kocaeli İtfaiye Daire Başkanlığı’nın (KİDB) olanaklarla Kocaeli Büyük Şehir Belediyesi (K.B.B.) Hizmet Binası çalışanlarına uygulanmıştır (Bkz. Şekil 5.16 ve 5.17).



Şekil 5.16 : KBB hizmet binası zemin kat planı.



Şekil 5.17 : KBB hizmet binası bodrum kat planı.

Anket, önce, kullanıcının fiziksel özelliklerini, bina bilgisini, acil durum davranışını, sosyal etkileşimini ve grup davranışını değerlendirmek için hazırlanmıştır. Anket çalışmasındaki amaç kullanıcının acil durum davranışını ve psikolojisini, kullanıcının cinsiyet, yaş, binaya ait bilgisi ve bina konumuna göre yangın anı davranış dağılımlarını istatistiksel olarak belirlemektir.

1. Yaş ve cinsiyete göre davranış,
2. Yaş ve cinsiyete göre psikoloji,
3. Bulunduğu kata göre davranış,
4. Bulunduğu kata göre bina bilgisi,
5. Bina bilgisine göre davranış,
6. Daha önceki deneyimine göre davranış,
7. Daha önceki deneyimine göre psikoloji,
8. Çıkış bilgisi dağılımı.

170 kişinin katıldığı 2. ankette tamamlanmış 123 anket formu mevcuttur. Kullanıcıların hepsi 2. anketteki 6. soruya daha önce binada, binayı terk etmelerini gerektiren bir durumla karşılaşmadıklarını beyan ettiklerinden kullanıcıların acil durumla karşılaşma deneyimine göre davranışlarında herhangi bir değişiklik olup olmadığı ölçülememiştir.

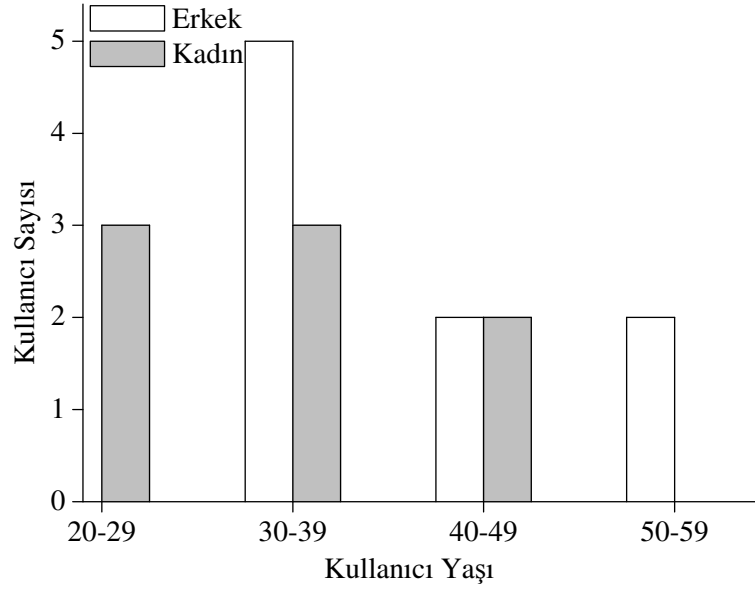
5.5.2.2 Anket sonuçları

G.Y.T.E. Mimarlık Fakültesi'nde yapılan ankette, verilerin normal dağılıp dağılmadıkları test edilmiş, çarpıklık katsayıları (*skewness*) incelenmiştir (Skewness -0,3 ile +0,79 arasındadır). İnceleme sonucunda verilerin normal dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır (Bkz. Ek E). Analizlerde kullanılacak değişkenler Çizelge 5.6'da verilmektedir.

G.Y.T.E. Mimarlık Fakültesi'nde gerçekleşen yangın sırasında Fakülte'de bulunan kullanıcıların yaşı kategorik olarak incelendiğinde sırasıyla, 20-29 yaş 3 kişi(%17,6), 30-39 yaş arası 8 kişi (%47,1) ve 40-49 yaş arası 4 kişi (%23,5) ve 50-59 yaş arası 2 kişi (%11,8) olmak üzere binada toplam 17 kişi olduğu anlaşılmaktadır. Kullanıcıların cinsiyet yaş dağılımı ise Şekil 5.18'de grafikleştirilmiştir.

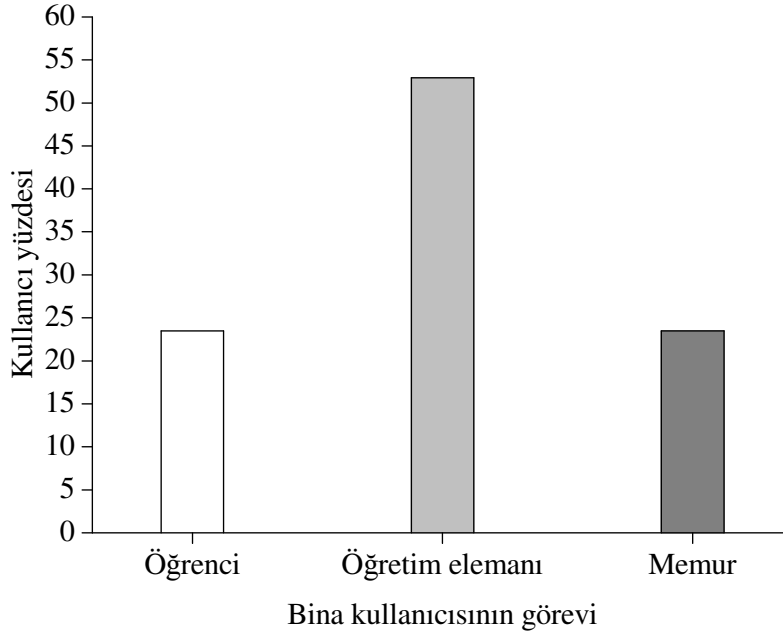
Çizelge 5.6 : Bağımlı ve bağımsız değişkenler.

Değişkenler türü	Değişkenler
Bağımlı değişkenler:	• Yaş • Cinsiyet • Boy • Kilo • Kullanıcının görevi • Kullanıcının binada ne kadar süredir çalıştığı • Çıkış bilgisi • Kullanıcının çalıştığı kat • Kaçış rotası bilgisi
Bağımsız değişkenler:	• Kullanıcının alarma tepkisi • Kullanıcının acil durum kanaati • Yangını fark ettikten sonraki ilk eylemi • Yangın psikolojisi • Acil durum davranışı • Acil durumu önemseme düzeyi • Kaçış istikameti • Dumanla karşı karşıya kalma durum davranışı • Binaya yeniden girme eğilimi



Şekil 5.18 : Kullanıcıların yaşlarına göre dağılımları.

Binada yangın esnasında, görevleri itibari ile 4 öğrenci, 9 öğretim elemanı ve 4 memur olmak üzere toplam 17 kullanıcı bulunmaktadır (Bkz. Şekil 5.19).



Şekil 5.19 : Kullanıcıların görevlerine göre dağılımları.

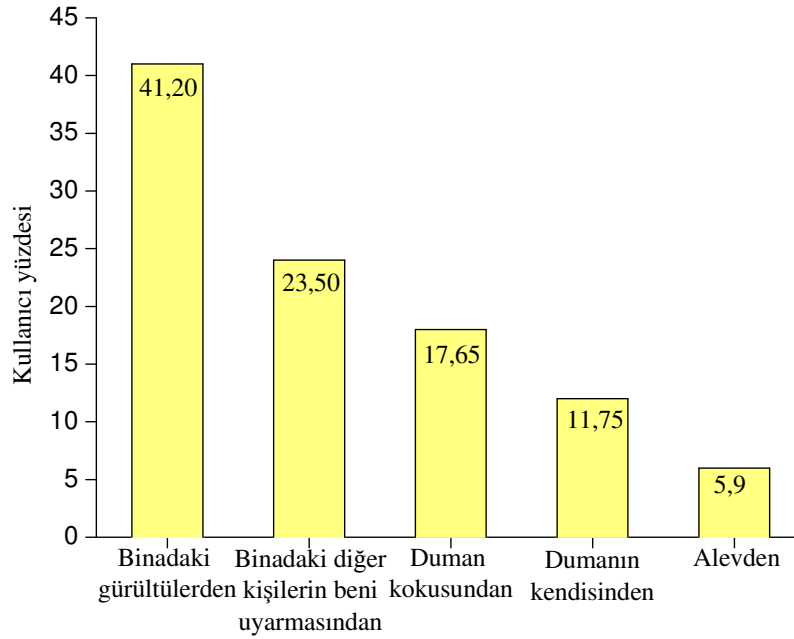
Kullanıcıların binayı tanıma süreleri ise 1 yıl ile 10 yıl arasında değişmektedir. Kullanıcıların binada bulunma süreleri (çalışma süreleri) Çizelge 5.7’de özetlenmektedir.

Çizelge 5.7 : Kullanıcıların binada çalışma süresi dağılımları.

Binada bulunma süresi	Kullanıcı sayısı	% yüzde
0-24 ay	8	47,1
25-48 ay	3	17,6
49-72 ay	3	17,6
72-96 ay	3	17,6
Toplam	17	100,0

Zemin ve 1. kattan oluşan G.Y.T.E Mimarlık Fakültesi'nde yangın esnasında binada bulunan 17 kişinin 13'ü zemin katta, 4'ü ise 1. katta bulunmaktadır.

Bina kullanıcılarına yangını nasıl algıladıkları sorulduğunda; kullanıcıların büyük bir kısmı (%41'i) binada ki gürültülerden kuşkulandıklarını, %24'ü binadaki diğer kişiler tarafından haberdar edildiklerini beyan etmiştir. %35'i ise direkt yangına dair bulguları (alev ve duman) görmeleri veya dumanın kokusunu duymaları üzerine anladıklarını belirtmektedirler (Bkz. Şekil 5.20).



Şekil 5.20 : Kullanıcıların yangından haberdar olma şekilleri.

Yangını fark eden bina kullanıcısının psikolojisini ölçmek için, ankette kullanıcıya ne hissettiği sorulmuştur. Kullanıcıların verdiği cevaplar ve bu cevapların dağılımı Çizelge 5.8'de özetlenmektedir. Buna göre kullanıcıların %47,1'i hafif bir endişe duyduklarını, %23,5'i korktuklarını, %17,6'sı heyecanlandığını %5,9'u kafasının karıştığını ve %5,9'u hemen binayı terk etmek istediğini beyan etmektedir.

Çizelge 5.8 : Kullanıcıların yangın psikolojisi ve dağılımı.

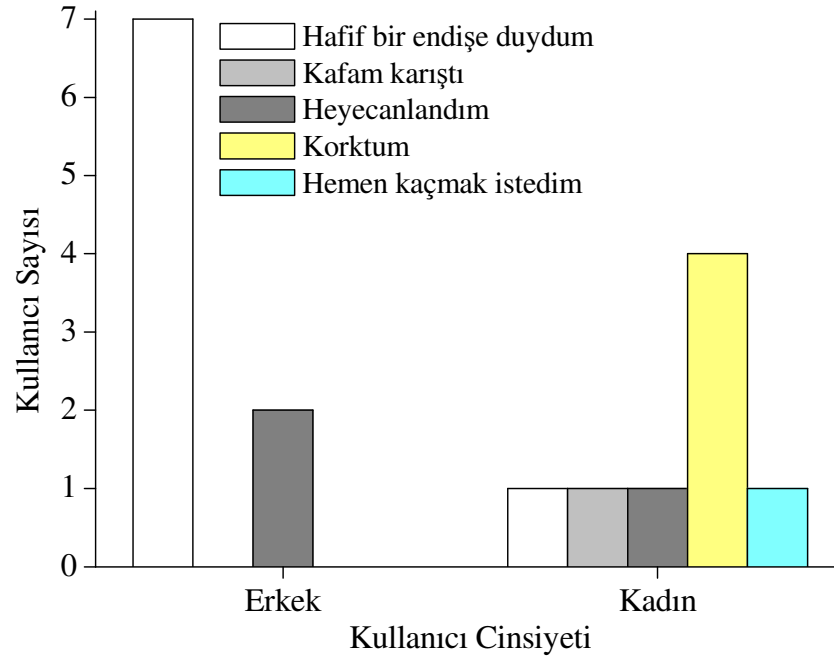
Kullanıcı psikolojisi	Kullanıcı Sayısı	% Yüzde
Hafif bir endişe duydum.	8	47,1
Korktum.	4	23,5
Heyecanlandım.	3	17,6
Hemen kaçmak istedim.	1	5,9
Kafam karıştı.	1	5,9
Umursamadım.	0	0

Bir sonraki adımda, bina kullanıcısının, yaşı, cinsiyeti, boyu, kilosu, görevi, binada çalışma süresi, çıkış bilgisi, gün içinde bulunduğu kat ve acil kaçış rota bilgisi ile yangını fark etmesiyle sergilediği psikolojik durumun dağılımı arasında bir farklılık olup olmadığı araştırılmaktadır. Bu amaçla SPSS yazılımı kullanılarak, parametrik olmayan veriler için, gruplar arası tek yönlü varyans analizi yapan Kruskal–Wallis testi uygulanmıştır. Test sonucuna göre, kullanıcı psikolojisinin, kullanıcı cinsiyet ve boyu açısından farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır (anlamlılık düzeyi $p<0,05$). (Bkz. Çizelge 5.9).

Çizelge 5.9 : Farklı kullanıcı gruplarının yangın psikolojisinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Yas	Cinsiyet	Boy	Kilo	Görev	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	B.Kat	Kaçış rotası bilgisi
Chi-square	2,563	10,176	9,830	7,258	1,167	6,152	3,565	2,667	1,939
df	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Asymp. Sig.	,633	,038	,043	,123	,884	,188	,468	,615	,747

Kullanıcıların cinsiyetlerine göre psikolojik durumlarının dağılımı Şekil 5.21’de grafikleştirilmektedir. Bu dağılıma göre kadınlar yangını fark ettiklerinde %50 oranında yangından korkarken, erkekler %77 oranında hafif bir endişe duymaktadırlar. Kullanıcı psikolojisinin cinsiyete göre dağılımı Çizelge 5.10’da detaylandırılmıştır.

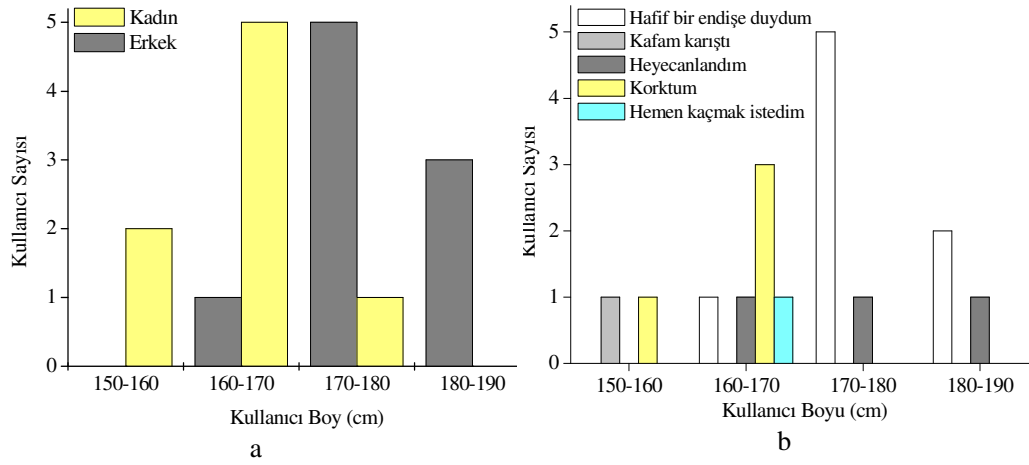


Şekil 5.21 : Kullanıcı psikolojisinin cinsiyete göre dağılımı.

Kruskal-Wallis testinde kullanıcı boyu ile psikolojik durum dağılımının değiştiği saptanmaktadır. Ancak bu örnekleme kullanıcı boyunun kullanıcı cinsiyeti ile birebir örtüştüğü anlaşılmaktadır (Bkz. Şekil 5.22). Bu açıyla değerlendirildiğinde cinsiyetin kullanıcı psikolojisinde farklı dağılımlar sergilediği bir kez daha doğrulanmaktadır.

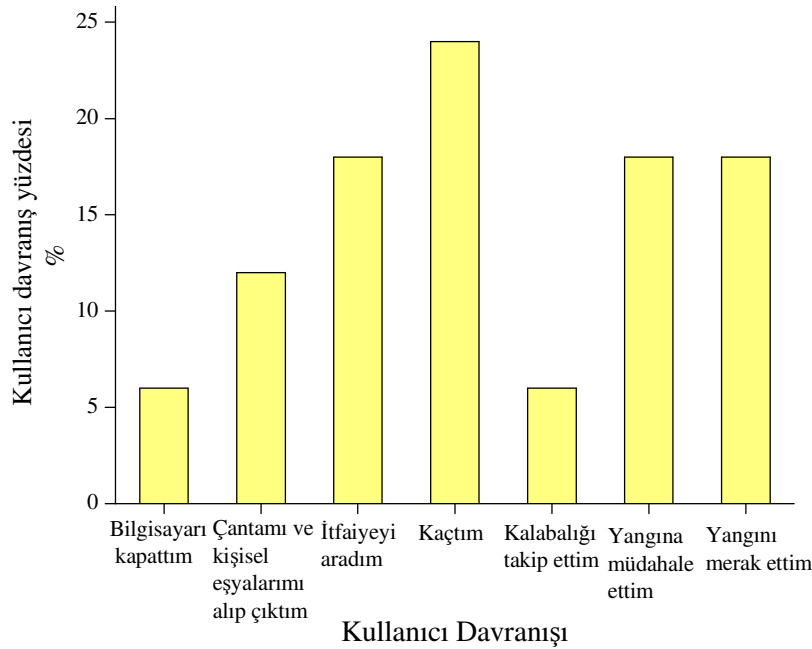
Çizelge 5.10 : Kullanıcı psikolojisinin cinsiyete göre dağılımı.

Kullanıcı psikolojisi	Kullanıcı sayısı ve yüzdesi	Cinsiyet		
		Erkek	Kadın	Toplam
Hafif bir endişe duydum	Kullanıcı sayısı	7	1	8
	% cinsiyete göre	77,8%	12,5%	47,1%
Kafam karıştı.	Kullanıcı sayısı	0	1	1
	% cinsiyete göre	,0%	12,5%	5,9%
Heyecanlandım.	Kullanıcı sayısı	2	1	3
	% cinsiyete göre	22,2%	12,5%	17,6%
Korktum.	Kullanıcı sayısı	0	4	4
	% cinsiyete göre	,0%	50,0%	23,5%
Hemen kaçmak istedim.	Kullanıcı sayısı	0	1	1
	% cinsiyete göre	,0%	12,5%	5,9%



Şekil 5.22 : a. Kullanıcı cinsiyet boy diyagramı. b. Kullanıcı boy-psikolojik durum dağılımı.

Kullanıcıların kaçış eylemine başlamadan önceki süreçte nasıl davrandıklarını anlamak için kullanıcılara yangını fark ettiklerinde yaptıkları ilk eylemin ne olduğu sorulmuştur. Kullanıcıların yangın öncesi davranışlarının dağılımı Şekil 5.23’de görülmektedir. Buna göre kullanıcıların, %23,5’i ilk olarak kaçma % 17,6’sı itfaiyeyi arama %17,6’sı yangına müdahale %17,6’sı yangın yerini merak etme eğilimindedir. Bu dağılım kullanıcıların yangını fark eder etmez hemen binayı tahliye etme sürecine girmediklerini de göstermektedir.



Şekil 5.23 : Kullanıcıların yangını fark ettiklerinde yaptıkları ilk eylemler.

Bina kullanıcısının yaşı, cinsiyeti, boyu, kilosu, görevi, binada çalışma süresi, çıkış bilgisi, gün içinde bulunduğu kat ve acil kaçış rota bilgisi ile yangını fark etmesiyle gösterdiği ilk davranışın dağılımı arasında bir farklılık olup olmadığı SPSS ortamında Kruskal-Wallis testi ile değerlendirilmektedir. Test sonucuna göre, kullanıcı davranışı dağılımının, yukarıda sayılan bağımlı değişkenlerin hiçbirinde farklılık göstermediği anlaşılmaktadır (değişkenler için anlamlılık düzeyi $p>0,05$). (Bkz. Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11 : Farklı kullanıcı gruplarının yangın çıktığında ilk yaptığı eylemin Kruskal-Wallis ile analizi.

Test	Yas	Cinsiyet	Boy	Kilo	Görev	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	Bulund uğu kat	Kaçış rotası bilgisi
Chi-square	8,06	7,185	3,202	9,225	10,50	7,781	4,667	4,548	2,857
Df	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Asymp. Sig.	,234	,304	,783	,161	,105	,255	,587	,603	,827

Anket ile kullanıcının panik davranışı da irdelenmektedir. Bu bağlamda, kullanıcılara yangını algıladıktan sonra ne hissettikleri sorulmuştur. Kullanıcıların %43,8'i kaçış planlaması yapacaklarını, %18,8' yangını merak edeceklerini ve sadece %12,5'i panikleyebileceklerini beyan etmektedir (Bkz. Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12 : Kullanıcıların panik davranışı dağılımı.

Davranış	Kullanıcı sayısı	% Yüzde
Hemen bir plan yaparım ve plana göre davranırım	7	43,8
Acil duruma neden olan durumu merak ettim	3	18,8
Elim ayağım dolaştı, bir müddet sonra kendime geldim	2	12,5
Sakin olmaya çalıştım	1	6,2
Birilerine haber verdim	1	6,2
Yangını söndürmek istedim	1	6,2
Çıkışı düşündüm	1	6,2
Toplam	16	100,0

Kullanıcı panik davranışı dağılımının, kullanıcı yaşı, cinsiyeti, boyu, kilosu, görevi, binada çalışma süresi, çıkış bilgisi, bulunduğu kat, kaçış rotası bilgisi ile değişim gösterip göstermediği SPSS yazılımının ile test edilmiştir. Çizelge 5.13’de görüleceği üzere test sonucunda, anlamlılık değeri $p>0,05$ olduğu için tüm grupların eşit dağılım sergiledikleri sonucuna varılmıştır.

Çizelge 5.13 : Farklı kullanıcı gruplarına ait panik davranışının Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Yas	Cinsiyet	Boy	Kilo	Görev	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	B.kat	Kaçış rotası bilgisi
Chi-square	3,982	4,025	4,958	7,416	6,786	4,869	7,143	4,111	1,885
Df	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Asymp. Sig.	,679	,673	,549	,284	,341	,561	,308	,662	,930

Kullanıcıların ankete verdikleri cevaba göre, kaçmadan önce yaptıkları ilk eylemler, öncelikli olarak %25 oranında yangın alarmına basmak ve yine %25 oranında yangının çıktığı noktaya gitmek şeklindedir. Ayrıca kullanıcıların %12,5 itfaiyeyi aradığını, %12,5 kişisel eşyalarını topladığını %12,5’i binadan hemen uzaklaştığını ifade etmektedir (Bkz. Çizelge 5.14).

Çizelge 5.14 : Çalıştığınız binada yangın çıktığında kaçmadan önce yapılan ilk eylemler.

Kullanıcı Davranışı	Kullanıcı sayısı	% Yüzde
Yangın alarmına basarım.	4	25
Yangının çıktığı noktaya giderim.	4	25
İtfaiyeyi ararım.	2	12,5
Kişisel eşyalarımı toplarım.	2	12,5
Binadan hemen uzaklaşıyorum.	2	12,5
Bilgisayarımı kapatırım.	1	6,2
Acil durumlarda binadan uzaklaştırmam gereken evrak ve değerli şeyleri yanıma alırım.	1	6,2
Toplam	16	100,0

Kullanıcı kaçış öncesindeki davranış dağılımlarının kullanıcı yaşı, cinsiyeti, boyu, kilosu, görevi, çalışma süresi, çıkış bilgisi ve kaçış rota bilgisi ile değişim gösterip göstermediği Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmiştir (Çizelge 5.15). Test hiçbir grupta kaçış öncesi davranış dağılımının değişmediğini göstermektedir (anlamlılık değeri (Asymp. Sig.) $p>0,05$).

Çizelge 5.15 : Farklı kullanıcı gruplarının yangın öncesi kaçış davranışı için Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Yaş	Cinsiyet	Boy	Kilo	Görev	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	B. kat	Kaçış rotası bilgisi
Chi-Square	11,492	6,562	5,610	6,834	6,408	11,407	5,625	4,446	6,500
df	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Asymp . Sig.	,074	,363	,468	,336	,379	,077	,466	,616	,370

2 adet bina çıkışı bulunan G.Y.T.E. Mimarlık Fakültesi binasında kullanıcılara hangi çıkışı tercih ettikleri sorulmadan önce kaç adet çıkış bildikleri soruldu. Yangın esnasında binada bulunan 17 kullanıcıdan 8'i bir çıkışı bildiğini 9'u ise her iki çıkışı da bildiğini belirtmektedir. Kullanıcıların yangın esnasında da her zaman kullandıkları çıkış kapısını kullandıkları, yalnızca zemin katta bulunan 1 kullanıcının camdan çıktığı anket formlarından tespit edilmiştir (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.16 : Kullanıcı çıkış tercihleri.

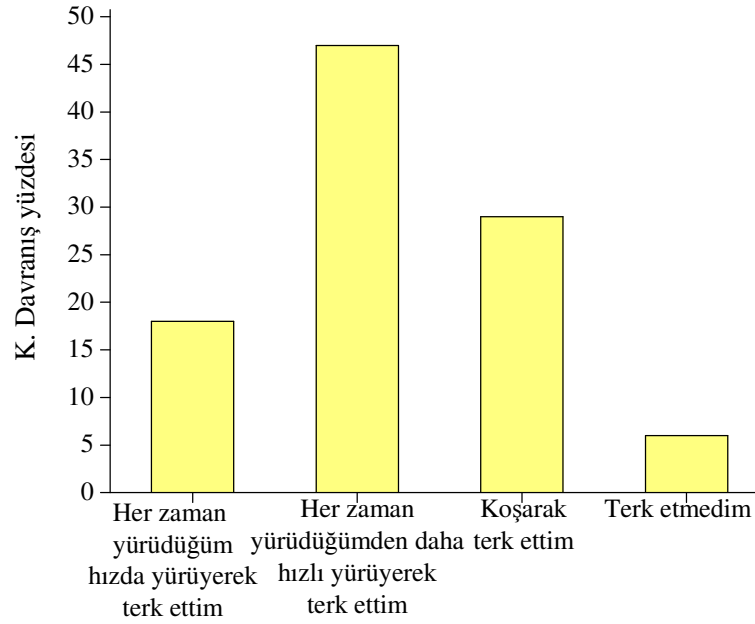
Kullanıcının çıkış	Kullanıcı sayısı	% Yüzde
Her zaman kullandığım çıkış kapısını kullandım.	16	94,1
Camdan çıktım.	1	5,9
Toplam	17	100,0

Bir kısım kullanıcının yangın esnasında binayı terk etmediği rapor edilen çalışmalardan bilinmektedir. Bu durumun varlığı ve nedeni tez çalışması kapsamında da araştırılmaktadır. Çizelge 5.17'de de görüldüğü gibi, %54'ü yangına müdahale etmek için binadan uzaklaşmadığını, %31'i binadaki diğer kullanıcıları uyarmak ve yardım etmek için terk etmediklerini bildirmiştir. Sadece kullanıcıların %15'i bina içinde hiçbir eyleme girişmeden binayı terk ettiklerini belirtmektedir.

Çizelge 5.17 : Kullanıcının binada yangın olduğunu bildiği halde kaçmak istememe sebepleri.

Kullanıcı Davranışı	Kullanıcı sayısı	% Yüzde
Yangına müdahale etmek için.	7	53,8
Binadaki diğer insanları uyarmak için.	1	7,7
Binadaki diğer insanlara yardım etmek için.	3	23,1
Kaçtım	2	15,4
Toplam	13	100,0

Kullanıcıların binayı takriben ne hızda terk ettiklerini ölçmek için kullanıcılara binayı terk etme hızları sorulmuştur. Kullanıcıların çıkış hızları yüzdelik dilimler halinde Şekil 5.24’de grafikleştirilmiştir.



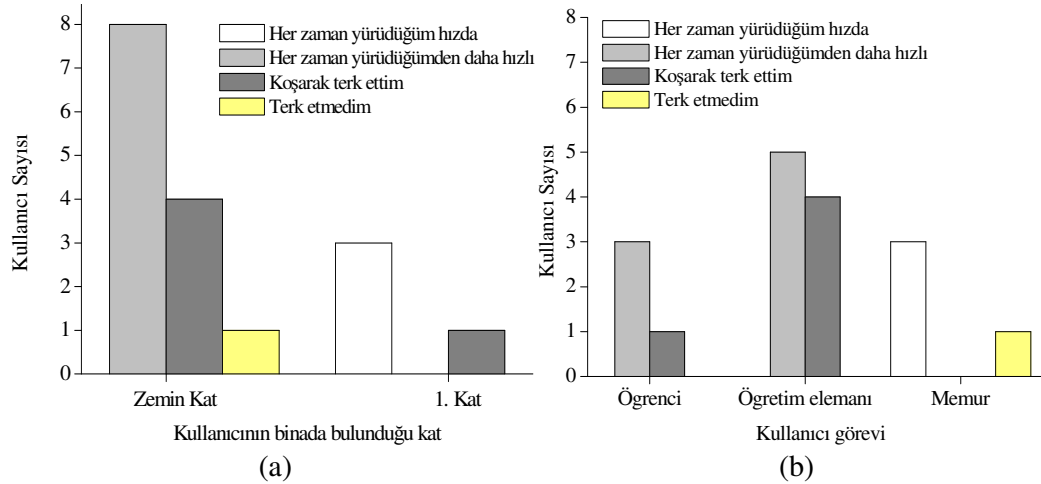
Şekil 5.24 : Kullanıcıların binayı terk etme hızı.

Kullanıcıların binayı terk etme hızı dağılımının, kullanıcının cinsiyeti, boyu, yaşı, kilosu, görevi, binada çalışma süresi, çıkış bilgisi, bulunduğu kat ve acil kaçış rotası ile değişiklik gösterip göstermediği SPSS yazılımı ile Kruskal-Wallis testi ile ölçülmeye çalışılmıştır (Bkz. Çizelge 5.18). Analiz sonucu kullanıcının görevi ve bulunduğu kata göre yürüme hızı dağılımının değiştiği anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olduğu için anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.18 : Farklı kullanıcı gruplarının çıkış hızının Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Cinsiyet	Yas	Boy	Kilo	Görev	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	B. kat rota bilgisi	Çıkış
Chi-Square	7,311	4,732	3,076	3,334	10,650	2,411	1,865	11,81	3,857
df	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Asymp. Sig.	,063	,192	,380	,343	,014	,492	,601	,008	,277

Kullanıcı hızının kullanıcı görevine göre dağılımı Şekil 5.25’de grafiklerle ifade edilmektedir. Grafikten de anlaşılacağı üzere, zemin katta bulunan kullanıcıların üst katta bulunan kullanıcılara göre daha hızlı hareket ettikleri belirlenmektedir. Büyük ihtimalle yangının zemin katta çıkması ve zemin kattaki kullanıcıların yangını doğrudan görmeleri bu sonucun oluşumunda önemli rol almıştır.



Şekil 5.25 : a.Kullanıcının bulunduğu kata göre yürüme hızı dağılımı. b.Kullanıcının binadaki görevine göre yürüme hızı dağılımı.

Bununla birlikte kullanıcıların görevlerine göre kaçış hızları değerlendirildiğinde öğrenci ve öğretim görevlilerinin binadaki memurlara oranla daha hızlı hareket ettikleri anlaşılmaktadır (Şekil 5.25 b).

Kullanıcılara binada dumanla karşılaştıklarında dumanın karşısında nasıl hareket ettikleri sorulmuştur. Kullanıcıların %46’sı dumanın içinden geçtiğini, %31 başka bir kaçış yolu bulmaya çalıştığını ve %23’ü dumanla karşılaşmadan binayı terk ettiklerini belirtmektedirler (Çizelge 5.19).

Çizelge 5.19 : Kullanıcıların dumanla karşılaşması halinde sergilediği davranış dağılımı.

Kullanıcı davranışı	Kullanıcı sayısı	% Yüzde
Dumanın içine girdim ve çıkışa ulaşmaya çalıştım.	6	46,2
Başka bir kaçış yolu bulmaya çalıştım.	4	30,8
Dumanla karşılaşmadım	3	23,1
Toplam	13	100,0

Kullanıcının duman içinde sergilediği davranış dağılımının farklı gruplarda farklı dağılım sergileyip sergilemediği SPSS ortamında Kruskal-Wallis testi ile incelenmiştir. Grupların farklı davranışlar sergilemedikleri anlaşılmaktadır (Çizelge 5.20).

Çizelge 5.20 : Farklı kullanıcı gruplarının duman karşısındaki davranışının Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Cinsiyet	Yas	Boy	Kilo	Görev	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	Bulunduğu kat	Kaçış rota bilgisi
Chi-square	4,262	,245	4,451	3,904	1,433	,986	5,190	2,545	2,250
df	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Asymp. Sig.	,119	,885	,108	,142	,488	,611	,075	,280	,325

G.Y.T.E. Mimarlık Fakültesi bina kullanıcılarına yöneltilen bir diğer soru, kullanıcıların yangın esnasında panik ve tıkanıklık olması durumunda nasıl davranacaklarını ölçmek amacıyla soruldu. Kullanıcıların tıkanıklık olması halinde, %58,3'ü çevresindekileri sakin olmalarını telkin edeceklerini, %8,3'ü başka bir çıkış yoluna yöneleceklerini, %8,3'ü çok korkacağını, %8,3'ü tıkanıklığa müdahale edeceklerini belirtmektedir (Çizelge 5.21).

Çizelge 5.21 : Kullanıcının tıkanıklık olması halinde sergilediği davranış dağılımı.

Kullanıcı davranışı	Kullanıcı sayısı	% Yüzde
Çevremdekilere sakin olmalarını telkin ederdim	7	58,3
Başka bir çıkış yolu arardım	1	8,3
Çok korkardım	1	8,3
Müdahale ederdim	1	8,3
Pencereden çıkardım	1	8,3
Sakinleşmeye çalışırdım	1	8,3

Kullanıcıların tıkanıkla karşılaşması durumunda gösterdiği tepkilerin dağılımı kullanıcı yaşı, cinsiyeti, boyu, kilo, görevi, çalışma süresi, çıkış bilgisi kullanıcının bulunduğu kat ve acil kaçış rotası bilgisi gruplarında farklı dağılımlar sergileme durumu Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmiş ve kullanıcıların farklı gruplarda farklı davranışlar sergilemedikleri anlaşılmaktadır (Çizelge 5.22).

Çizelge 5.22 : Farklı kullanıcı gruplarının tıkanıkla karşılaşması durumunda gösterdiği tepkilerin Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Cinsiyet	Yaş	Boy	Kilo	Görev	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	B. kat	A.kaçış rota bilgisi
Chi-Square	4,714	1,438	7,071	6,246	3,280	7,199	4,535	4,016	,833
Df	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Asymp. Sig.	,452	,920	,215	,283	,657	,206	,475	,547	,975

K.B.B. hizmet binası çalışanlarına uygulanan ikinci anket için, ilk olarak yine verilerin normal dağılıp dağılmadıkları test edilmiş, çarpıklık katsayıları (*skewness*) incelenmiştir (Skewness -0,3 ile +0,79 arasındadır). İnceleme sonucunda verilerin normal dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. (Bkz. *Ek E*). Bu anket analizinde kullanılacak değişkenler Çizelge 5.23’de verilmektedir. Modelde kullanılacak bağımsız değişkenlerin metrik olmamaları nedeni ile non parametrik yöntemlerle analiz edilmektedirler.

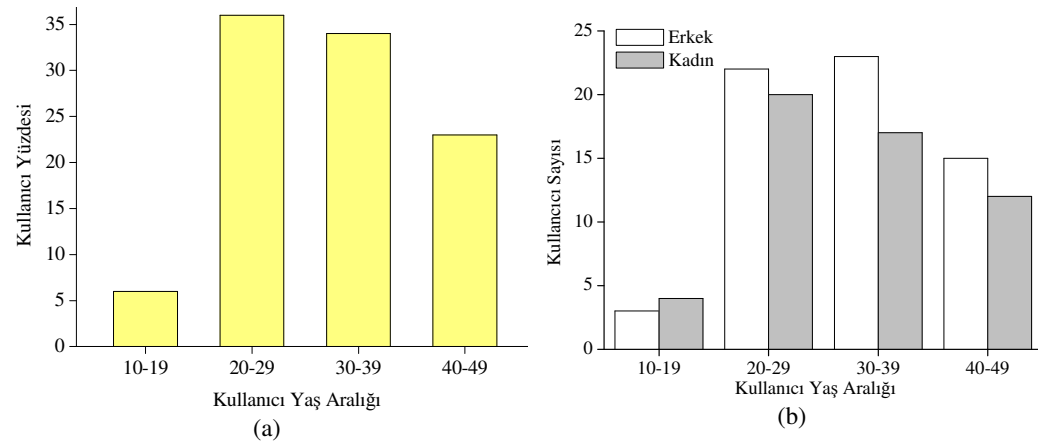
Çizelge 5.23 : Bağımlı ve bağımsız değişkenler.

Değişkenler türü	Değişkenler
Bağımlı değişkenler:	• Kullanıcı yaşı • Kullanıcı cinsiyeti • Kullanıcının çalıştığı kat • Kullanıcının binada çalışma süresi
Bağımsız değişkenler:	• Kullanıcı alarm tepkisi • Kullanıcı acil durum kanaati • Yangını fark ettikten sonraki ilk eylemi • Yangın psikolojisi • Acil durum davranışı • Acil durumu önemseme düzeyi • Kaçış istikameti • Dumanla karşı karşıya kalma durum davranışı • Binaya yeniden girme eğilimi

İkinci ankete katılan kullanıcıların yaşı Çizelge 5.24’de verildiği gibi kategorik olarak incelendiğinde sırasıyla 10-19 yaş (%6) 20-29 yaş (%36,2), 30-39 yaş arası (%34,5) ve 40-49 yaş arası (%23,3) olarak dağıldığı görülmektedir. Kullanıcıların cinsiyet yaş dağılımı ise Şekil 5.26’da grafikleştirilmiştir.

Çizelge 5.24 : K.B.B. ankete katılan kullanıcı yaş cinsiyet dağılımı.

Kullanıcı Cinsiyeti	Kullanıcı Yaşı				Toplam
	10-19	20-29	30-39	40-49	
Erkek Sayısı	3	22	23	15	63
% kullanıcı cinsiyeti	4,8%	34,9%	36,5%	23,8%	100,0%
Kadın Sayısı	4	20	17	12	53
% kullanıcı cinsiyeti	7,5%	37,7%	32,1%	22,6%	100,0%
Toplam Sayı	7	42	40	27	116
% kullanıcı cinsiyeti	6,0%	36,2%	34,5%	23,3%	100,0%



Şekil 5.26 : Kullanıcının yaş dağılımı Kullanıcı yaş cinsiyet dağılımı.

Bağımsız değişken olarak atanan kullanıcı çalışma süresi sırasıyla 0-6ay, 6-12ay, 12-24ay, 24-30ay, 30-36ay olmak üzere toplam 6 kategoriye incelenmektedir. Bina çalışanlarının çalışma süresi dağılımı Çizelge 5.25’de özetlenmektedir.

Çizelge 5.25 : Kullanıcıların binada çalışma süreleri.

Çalışılan ay	Kişi sayısı	%
0-6 Ay 1	24	19,5
6-12 Ay 2	14	11,4
12-18 Ay 3	34	27,6
18-24 Ay 4	42	34,1
24-30 Ay 5	1	0,8
30-36 Ay 6	5	4,1

Ankete katılan kullanıcıların bulundukları kata göre dağılımları ise sırasıyla; zemin kat kullanıcısı %54,2, 1.kat kullanıcı sayısı %37,5 ve 2. Kat kullanıcısı %8,3 olarak belirlenmektedir (Bkz. Çizelge5.26).

Çizelge 5.26 : Anket yapılan kullanıcıların bulundukları kata göre dağılımları.

Çalışılan kat	Çalışan kişi sayısı	%
Zemin	65	54,2
1.Kat	45	37,5
2.Kat	10	8,3
Toplam	122	100

Ankette ölçülmek istenen verilerden biri de yangınla veya tahliye tatbikatı ile karşılaşan kullanıcıların karşılaşmayan kullanıcılara göre gösterdikleri davranış farklılıklarının ölçülmesidir. Ancak kullanıcılar daha önce yangınla ve buna bağlı panikle karşılaşmadıklarını ve herhangi bir tahliye tatbikatına da dahil olmadıklarını beyan etmektedirler. Bu nedenle kullanıcıların yangınla karşılaşanlar ve karşılaşmayanlar arasındaki farkı gözlemlenememiştir.

Kullanıcının bina bilgisi 3 ayrı soru ile test edilmeye çalışılmıştır. Bu sorular binanın kaç katı olduğu, binada kaç adet çıkış kapısı olduğu ve binada sığınak olup olmadığı olarak sıralanmaktadır. Kullanıcıların bu sorulara verdikleri yanıtlar Çizelge5.27-29’da özetlenmektedir.

Çizelge 5.27 : Kullanıcıların çıkış bilgileri.

Kapı bilgisi	Kişi sayısı	%
1	5	4,1
2	29	23,6
3	12	9,8
4	21	17,1
5	21	17,1
6	10	8,1
<u>7</u>	<u>9</u>	<u>7,3</u>
8	2	1,6
9	4	3,3
10	2	1,6

Anket sonuçlarına göre, kullanıcıların büyük bir oranı % 82,1’i bulunduğu binanın kaç katlı olduğunu bilmektir, ancak çalıştıkları binada kaç adet çıkış kapısı olduğunu tam olarak bilememektedirler. “Binada kaç adet çıkış kapısı var?” sorusuna cevap

veren 115 kişinin sadece 9'u doğru cevap vermiştir (Bkz. Çizelge 5.28). Bu durumun, kaçış esnasında, özellikle çıkış yolları tıkaandığı ve kullanıcının dumanla karşılaşması durumlarında alternatif rota üretme noktasında kullanıcıları sınırlandırabileceği ve zor durumda kalmalarına neden olabileceği ön görülmektedir. İkinci ankete verilen bu cevaplar G.Y.T.E. Mimarlık Fakültesi bina kullanıcılarına uygulanan ilk anket cevapları ile kıyaslandığında, cevaplar arasında anlamlı bir fark olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun, kullanıcının bina geometrisi karmaşıklaştıkça ve kat sayısı arttıkça, binayı algılamalarında bir düşüş olduğu şeklinde yorumlanmaktadır.

Çizelge 5.28 : Anket sonuçlarına göre kullanıcıların bina kat bilgisi.

Bina kat bilgisi	Kişi sayısı	%
2 katlı	3	2,6
3 katlı	5	4,3
4 katlı	8	6,8
<u>5 ve 6 katlı</u>	<u>96</u>	<u>82,1</u>
7katlı	5	4,3
Toplam	120	100
Cevaplanmayan	4	
Toplam	123	100

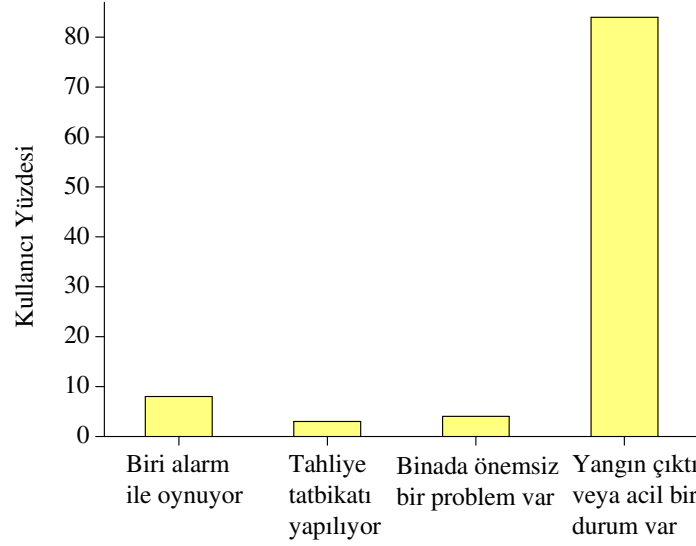
Çizelge 5.29'daki kullanıcı sığınak bilgisi dağılımından anlaşılabacağı üzere, kullanıcıların %80,2'si binada sığınak olmadığını düşünmektedir. Bu durum bina kullanıcılarının acil durumlarda çıkış yollarının kapanması halinde kendilerini koruma altına almak için bina sığınağını kullanamayacaklarını göstermektedir.

Çizelge 5.29 : Kullanıcıların bina sığınak bilgisi ve dağılımları.

Sığınak bilgisi	Kişi sayısı	%
Evet	<u>21</u>	<u>18,1</u>
Hayır	93	80,2
Bilmiyorum	2	1,7
Toplam	117	100

Ankette kullanıcılara alarmı ne kadar önemsedikleri de sorulmaktadır. Kullanıcı cevapları alarmın acil durumlarda çok önemli bir uyarı olduğunu ortaya koymaktadır. Kullanıcıların sırayla, % 85'i alarmın yangın dolayısıyla çaldığı konusunda hemfikirken, % 8'i birinin alarmla oynadığını, % 4,2'si binada önemsiz bir problem olduğunu, % 3,5 binada tatbikat olduğunu düşündüklerini beyan

etmişlerdir (Bkz. Şekil 5.27). Bu dağılım bize kullanıcıların% 85'inin binada alarm çalması durumunda acil durumu algılayacaklarını ve tahliye sürecinin içine gireceklerini ifade etmektedir.



Şekil 5.27 : Kullanıcıların alarma tepkileri.

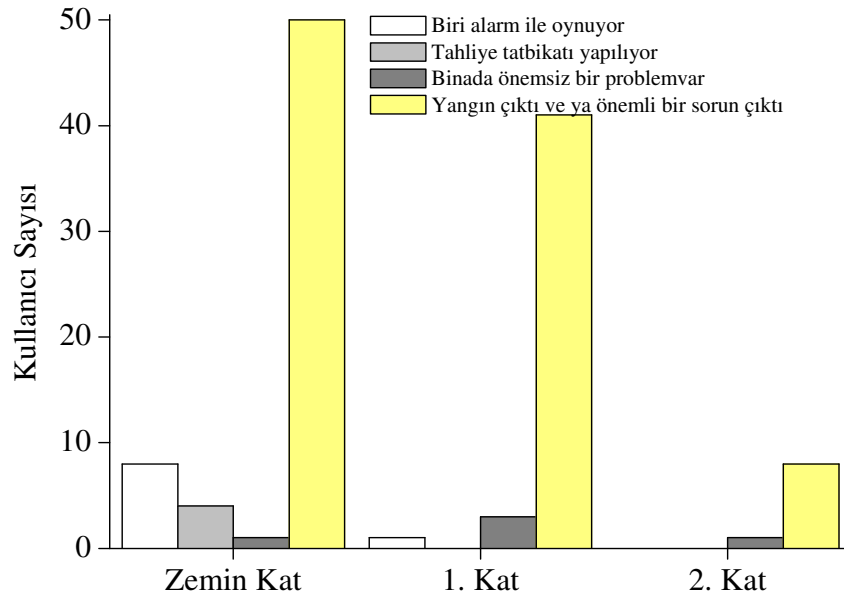
Kullanıcıların alarma olan tepkisinde, cinsiyet farkı, yaş, binada çalışma süresi, çalıştığı kat ve bina bilgisi arasında istatistiksel olarak bir bağlantının olup olmadığı Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmiştir. İncelenen örneklem kümesinde, kullanıcının yaşı, cinsiyeti, binada çalışma süresi, çıkış bilgisi ve kat bilgisi $P>0.05$ ten büyük olduğu için bu değişkenler bu analiz için anlamlı çıkmazken kullanıcının çalıştığı katla anlamlılık düzeyi (Asymp. Sig=P) $P=0,021$ olduğu ve bu düzey $P<0,05$ olduğu için anlamlı olduğu anlaşılmaktadır (Bkz. Çizelge 5.30).

Çizelge 5.30 : Farklı kullanıcı gruplarının alarm tepkilerinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Kullanıcı yaşı	Kullanıcı cinsiyeti	Binada çalışma süresi	Kullanıcının ikamet ettiği kat	Çıkış kapısı bilgisi	Kullanıcı kat bilgisi
Chi-Square	4,514	,507	2,869	9,781	5,075	,696
df	3	3	3	3	3	3
Asymp. Sig.	,211	,917	,412	,021	,166	,874

Kullanıcıların alarmı duydukları zaman alarmın çalma nedenine yönelik kanaat dağılımları (Bkz. Şekil 5.28) katlara göre incelendiğinde, zemin katta bulunan kullanıcıların alarmı %10 oranında daha fazla önemsedikleri, ayrıca birinin alarmla

oynadığı kanısı diğer kattaki kullanıcı kanaatleri ile kıyaslandığında %10 oranında daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.



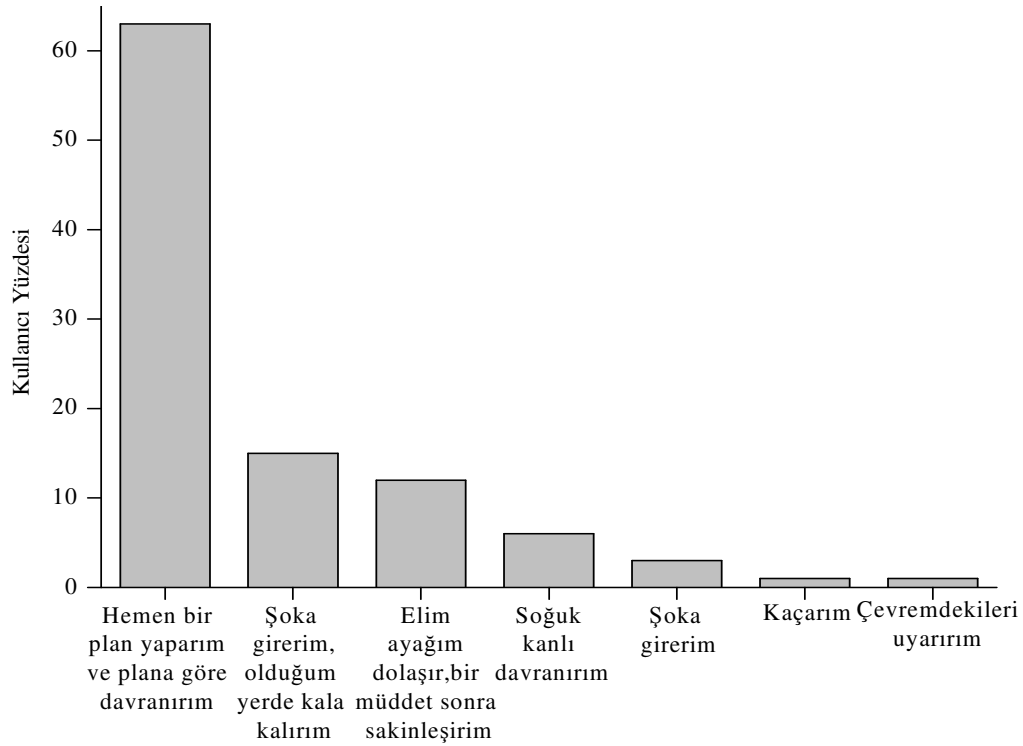
Şekil 5.28 : Kullanıcıların bulundukları kata göre alarm tepkileri ve dağılımı.

Ankette kullanıcılara yöneltilen bir diğer soru, kullanıcıların acil durum kanaatinin nasıl oluştuğunu değerlendirmek için sorulmuştur. Kullanıcıların verdikleri cevaplar Çizelge 5.31’de yüzdelik dilimlerine göre sıralanmıştır. Kullanıcıların büyük bir oranı (% 60,2’si) binada çalan alarm ile acil bir durum olduğuna kanaat getirdiklerini belirtmektedirler. Bu durum bir önceki anket sonucu ile de örtüştüğünden kullanıcıların alarma oldukça itibar ettiklerini ve acil durumlarda mutlaka kullanıcıyı alarla haberdar etmek gerektiğinin önemini ortaya koymaktadır.

Çizelge 5.31 : Kullanıcıların acil durum muhakemesi ve dağılımı.

Davranış	Kullanıcı sayısı	%
Alarm sesinden	65	60,2
Binadaki gürültülerden	16	14,8
Binadaki diğer kişilerin beni uyarmasından	13	12
Elektrik kesintisinden	5	4,6
Dumanın kendisinden	3	2,8
Duman kokusundan	2	1,9
Patlama sesinden	2	1,9
Etrafta itfaiye çalışanı veya aracı olmasından	1	0,9
Alevden	1	0,9

Kullanıcıların yaşlarına göre acil durumu nasıl algıladıkları Şekil 5.29’da özetlenmektedir.



Şekil 5.29 : Kullanıcıların acil durum psikolojisi.

Kullanıcıların acil duruma kanaat etmelerini sağlayacak durumları, cinsiyet farkı, yaş, binada çalışma süresi ve çalıştığı kat ve bina bilgisi arasında istatistiksel olarak bir bağlantının olup olmadığı Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmiştir. İncelenen örneklem kümesinde, kullanıcının yaşı, cinsiyeti, binada çalışma süresi, çıkış bilgisi ve kat bilgisi anlamlılık düzeyi (Asymp. Sig=P) $P>0.05$ ten büyük olduğu için bu değişkenler bu analiz için anlamlı çıkmamıştır (Bkz. Çizelge 5.32).

Çizelge 5.32 : Farklı Kullanıcı gruplarının acil durum kanaatinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Yaşı	Cinsiyet	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	Kat bilgisi	Sığınak bilgisi	Çalıştığı kat
Chi-Square	7,119	6,777	7,604	6,900	8,865	5,929	6,574
df	8	8	8	8	8	8	8
Asymp. Sig.	,524	,561	,473	,547	,354	,655	,583

Ankette kullanıcılara yöneltilen başka bir soru “binada yangın çıkması halinde ilk yapacakları eylemin ne olduğudur?”. Kullanıcıların bu soruya verdikleri cevaplar

Çizelge 5.33’de sıralanmaktadır. Kullanıcıların %30’u yapacakları ilk eylemin kaçmak olduğunu, %10’u ise yangınla mücadele edeceğini beyan etmektedir.

Çizelge 5.33 : Kullanıcıların yangın halinde ilk yapacakları eylemlerin dağılımı.

Davranış şekli	Kullanıcı sayısı	Yüzdelik dilim %
Kaçarım	33	30
İtfaiyeye haber veririm	14	12,7
Yangınla mücadele ederim	12	10,9
Camdan çıkarım	11	10
Arkadaşlarımı uyarırım	7	6,4
Acil çıkış kapısından çıkarım	5	4,5
Alarma basarım	4	3,6
Belgelerimi ve bilgisayarımı alır kaçarım	4	3,6
En yakın çıkış kapısına yönelirim	4	3,6
İnsanlara yardım ederim	4	3,6
Bina giriş çıkış kapısına yönelirim	3	2,7
Can güvenliğini emniyet altına alırım	2	1,8
Panik yapmadan kaçarım	2	1,8
Elektrikleri kapatırım	1	0,9
Eşimi kurtarırım	1	0,9
Odamı kontrol ederim	1	0,9
Sönmesini beklerim	1	0,9
Yangın hakkında bilgi edinmeye çalışırım	1	0,9

Kullanıcıları yangın esnasındaki ilk eylemlerinin yaş, cinsiyet, binada bulunma süresi, ikamet ettiği kat ve acil kaçış rotası bilgisi ile dağılımın değişime uğrayıp uğramadığını SPSS istatistik programı ile Kruskal-Wallis testi ile anlaşılmaya çalışılmıştır. Test sonuçları anlamlılık düzeyi (Asymp. Sig=P) $P>0.05$ ’ten büyük olduğu için bahsi geçen gruplarda davranış dağılımının farklılık göstermediği anlaşılmaktadır (Bkz. Çizelge 5.34).

Çizelge 5.34 : Farklı kullanıcı gruplarının yangın esnasındaki ilk eylemlerinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Yaş	Cinsiyet	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	İkamet ettiği kat	Kaçış rotası bilgisi
Chi-Square	12,096	17,970	23,149	11,016	18,633	16,867
df	16	17	17	17	17	17
Asymp. Sig.	,737	,391	,144	,856	,350	,463

Kullanıcının yangın anı psikolojisini ölçmeye yönelik soru “acil bir durumla karşılaştığınızda nasıl davranırsınız?” şeklindedir. Kullanıcıların bu soruya verdikleri cevapların dağılımı Çizelge 5.35’de sıralanmaktadır. 110 kişinin cevapladığı bu soruya 69 kullanıcı “önce ne yapacağıma karar veririm sonra hareket ederim” şeklinde cevaplamıştır. Kullanıcıların sadece % 3’ü şoka gireceklerini beyan etmektedir.

Çizelge 5.35 : Kullanıcı acil durum psikolojisinin genel dağılımı.

Kullanıcı	Kullanıcı sayısı	%
Hemen bir plan yaparım ve plana göre davranırım	69	62,7
Acil duruma neden olan durumu merak ederim.	16	14,5
Elim ayağım dolaşır, bir müddet sonra kendime gelirim	13	11,8
Soğukkanlı davranırım	7	6,4
Şoka girerim, olduğum yerde kala kalırım	2	1,8
Şoka girerim ama sonra kendime gelirim	1	0,9
Kaçarım	1	0,9
Çevremdekileri uyarırım	1	0,9
Toplam	110	100,0

Kullanıcı acil durum psikolojisi yaş, cinsiyet, binada ikamet etme süresi, çıkış bilgisi ve kullanıcının bulunduğu katla kullanıcı davranış dağılımının değişime uğrayıp uğramadığı gruplar arası tek yönlü varyans analizi yapan Kruskal-Wallis testi ile değerlendirilmiştir (Bkz. Çizelge 5.36). Testte anlamlılık düzeyi (Asymp. Sig=P) $p>0.05$ olduğu için grupların davranış dağılımlarının değişmediği anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.36 : Farklı kullanıcı gruplarının acil durum psikolojisinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Yaş	Cinsiyet	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	Bulunulan kat
Chi-Square	3,816	9,918	1,494	4,142	8,897
df	6	7	7	6	7
Asymp. Sig.	,702	,193	,983	,657	,260

Kullanıcıların kaçmaya başlamadan önce yapacakları eylemleri sıralamalarını istediğimizde, 55’i yangın alarmina basarak diğer kullanıcıları uyaracaklarını %31’i itfaiyeye haber vereceklerini ve sadece %5 hiçbir şey yapmadan kaçacaklarını beyan etmiştir (Bkz. Çizelge 5.37).

Çizelge 5.37 : Kullanıcıların binada yangın çıkması halinde kaçmadan önce yapacakları ilk eylemlerin dağılımları.

	Kullanıcı sayısı	%
Yangın alarmına basarım	55	55
İtfaiyeyi ararım.	31	31
Binadan hemen uzaklaşıyorum.	5	5
Bilgisayarımı kapatırım	3	3
Kişisel eşyalarımı toplarım.	2	2
Birilerine itfaiyeyi aramasını söylerim.	1	1
Binada tanıdığım ve sevdiğim kişileri uyarırım.	1	1
Binadan kaçamayacak durumdaki yaşlı ve özürlülere yardım ederim	1	1
Yangının çıktığı noktaya gidip kontrol altına alınmasına yardımcı olurum.	1	1
Toplam	100	100,0

Kullanıcıların davranışlarının yaş, cinsiyet, binada çalışma süresi, bina çıkış bilgisi, kullanıcının binada çalıştığı kat ve kullanıcının kat bilgisinin değişmesiyle davranış dağılımlarının değişip değişmediği Kruskal-Wallis testi ile SPSS ortamında test edilmiştir. Anlamlılık düzeyi $p>0,05$ olduğundan değişkenlerden hiçbirinde dağılımın değişmediği anlaşılmaktadır (Bkz. Çizelge 5.38).

Çizelge 5.38 : Farklı kullanıcıların kaçış öncesi davranışlarının Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Yaş	Cinsiyet	Binada çalışma süresi	Bina çıkış bilgisi	K.ikamet ettiği kat	Kullanıcı. kat bilgisi
Chi-Square	10,864	7,288	11,422	11,062	9,696	7,482
df	8	8	8	8	8	8
Asymp. Sig.	,210	,506	,179	,198	,287	,486

Kullanıcılara yangını fark ettiklerinde ilk önce nereye yönelecekleri sorulmuştur. Kullanıcıların çıkış tercihleri dağılımı Çizelge 5.39’da tablolastırılmıştır. Buna göre; Kullanıcıların %62,3’ü acil kaçış merdivenlerine yönelirken, %29,8’i pencereye, %7,9’u ise günlük kullandıkları merdivenlere yönelmiştir. Bu tablo, kullanıcıların %7,9’unun duman korumalı inşa edilen acil kaçış merdivenine yönlenmemeleri nedeni ile yangın esnasında dumana maruz kalacaklarını ve dumandan etkileneceklerini işaret etmektedir.

Çizelge 5.39 : Kullanıcı kaçış yönlenmesi dağılımı.

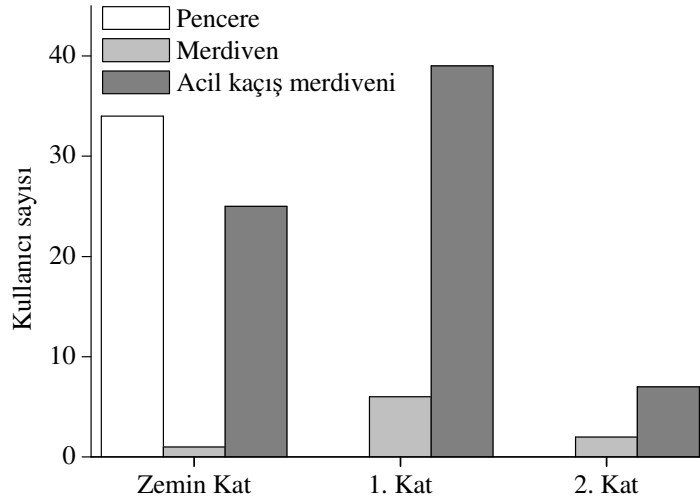
Yönelme yönü	Kullanıcı sayısı	% Yüzde
Acil kaçış merdivenine	71	62,3
Pencereye	34	29,8
Merdivene	9	7,9
Toplam	114	100,0

Çizelge 5.39’da sıralanan kaçış yönlenmesi dağılımının, kullanıcı yaşı, cinsiyeti, çalışma süresi, çıkış bilgisi ve kullanıcının bulunduğu kat ile değişip değişmediği Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmiştir. Anlamlılık düzeyi $p=0,00$ olduğu için kullanıcının bulunduğu kata göre bu dağılımın değiştiği anlaşılmaktadır (Bkz. Çizelge 5.40).

Çizelge 5.40 : Farklı kullanıcı gruplarının kaçış yönlenmelerinin Kruskal-Wallis testi ile analizi.

Test	Yaş	Cinsiyeti	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	Bulunduğu kat
Chi-Square	4,669	1,157	3,361	,124	43,166
Df	2	2	2	2	2
Asymp. Sig.	,097	,561	,186	,940	,000

Bu sonuçtan yola çıkarak, kullanıcıların bulundukları katlara göre kaçış yönelmelerinin dağılımı Şekil 5.30’da grafikleştirilmiştir. Bu dağılım zemin kattaki kullanıcıların daha çok camdan çıkma eğiliminde olduğunu ve 1. ve 2. kattaki kullanıcıların ise daha çok acil kaçış merdivenlerine yöneldiklerini göstermektedir.

**Şekil 5.30 : Kullanıcıların çalıştıkları katlara göre kaçış yönlenmeleri.**

Kullanıcılara çıkış kapısı tercihleri sorulduğunda; %56'sı en yakın çıkıştan, % 36'sı güvenlik memurlarının yönlendireceği çıkıştan ve %6'sı ise günlük kullandıkları çıkış kapısından kaçmak istediklerini belirtmişlerdir (Bkz. Çizelge 5.41).

Çizelge 5.41 : Binada yangın çıkması halinde kullanıcıların çıkış tercihleri ve dağılımları.

Davranış	Kişi sayısı	%
Bana o an en yakın olan çıkışa	67	56
Güvenlik memurlarının ya da itfaiye erlerinin yönlendirdiği çıkışa	36	31
Her zaman kullandığım çıkışa	6	5
O an birlikte hareket ettiğim grubun yöneldiği kapıya	5	4
Acil çıkış kapısına	2	2
Pencereye	2	2
Toplam	118	100

Çizelge 5.41'de özetlenen kullanıcı çıkış kapısı tercihlerindeki dağılımın, kullanıcının yaşı, cinsiyeti, binada çalıştığı süre, bina bilgisi ve kullanıcının bulunduğu kat ile değişip değişmediği Kruskal-Wallis testi ile SPSS ortamında analiz edilmiştir. Test sonucu her grubun anlamlılık düzeyi $p>0,05$ olduğu için tüm guruplar için dağılımın değişmediği ve çizelge 5.42'de sıralandığı gibi olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.42 : Farklı kullanıcı gruplarına ait çıkış tercihlerinin Kruskal Wallis testi ile analizi.

Test	Yaş	Cinsiyet	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	Bulunduğu kat
Chi-Square	5,319	7,234	3,880	1,928	9,386
df	5	5	5	5	5
Asymp. Sig.	,378	,204	,567	,859	,095

Kullanıcılara, binayı tahliye ederken hangi hızla hareket edecekleri sorulduğunda, kullanıcıların %52'si koşarak terk edeceklerini, %42'si her zamanki yürüme hızlarından daha hızlı yürüyeceklerini, %5'i önlerine çıkan engelleri bile bertaraf edeceklerini, %2'si ise her zamanki yürüme hızında terk edeceklerini bildirmiştir (Bkz. Çizelge 5.43).

Çizelge 5.43 : Kullanıcı çıkış hızı dağılımı.

Davranış eğilimi	Kullanıcı sayısı	%
Koşarak terk ederim.	62	52,5
Her zaman yürüdüğümünden daha hızlı yürüyerek terk ederim.	49	41,5
Önüme çıkan engelleri bile savurarak terk ederim.	5	4,2
Her zaman yürüdüğüm hızda yürüyerek terk ederim.	2	1,7
Toplam	118	100,0

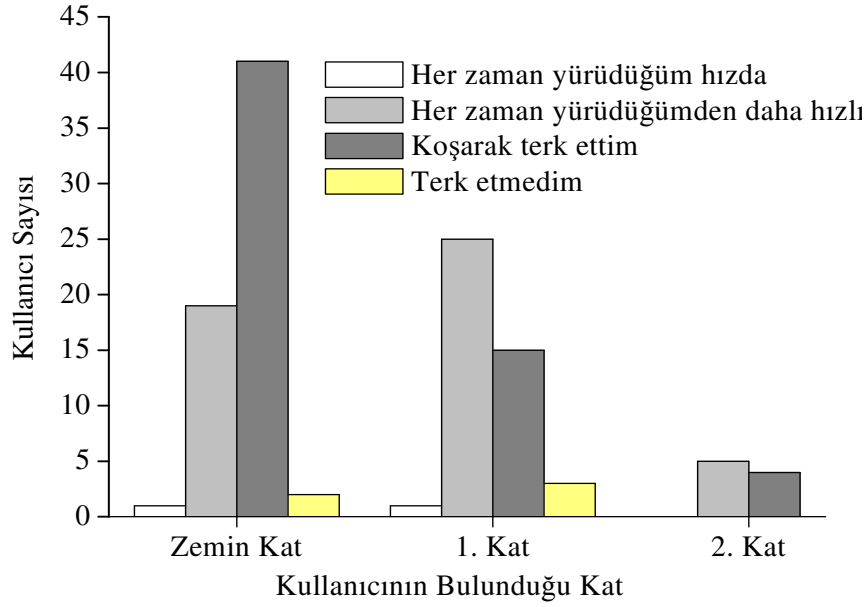
Kullanıcıların yürüme hızının, yaş, cinsiyet, binada çalışma süresi, çıkış bilgisi ve kullanıcının bulunduğu katla ilişkisi SPSS istatistik programı ile değerlendirilmeye çalışılmıştır. Kruskal-Wallis testi sonucunda anlamlılık değeri $p=0,033<0,05$ olması nedeni ile farklı katlardaki kullanıcıların çıkış hızı dağılımının farklılık göstereceği anlaşılmaktadır (Bkz. Çizelge 5.44).

Çizelge 5.44 : Farklı kullanıcı gruplarına ait yürüme hızının Kruskal Wallis testi ile analizi.

Test	Yaş	Cinsiyet	Çalışma Süresi	Çıkış Bilgisi	Bulunduğu kat
Chi-Square	2,832	3,155	5,580	1,385	8,711
df	3	3	3	3	3
Asymp. Sig.	,418	,368	,134	,709	,033

Bu analiz ışığında, kullanıcıların katlara göre yürüme hızlarının dağılımı düzenlendiğinde zemin kattaki kullanıcıların, binayı birinci ve ikinci kattaki kullanıcılara göre daha hızlı boşaltma eğiliminde oldukları anlaşılmaktadır.

Kullanıcıların katlara göre yürüme hızı dağılımı incelendiğinde (Bkz. Şekil 5.31), zemin kattaki kullanıcıların binayı koşarak terk etme eğilimindeyken, 1. ve 2. kattaki kullanıcıların her zaman yürüdüklerinden daha hızlı yürüyerek terk etme eğiliminde oldukları anlaşılmaktadır.



Şekil 5.31 : Kullanıcının bulunduğu kata göre çıkış hızı.

Tahliye sırasında kullanıcının dumanla karşılaşması halinde nasıl davranacağı irdelenmesi gereken önemli öğelerden biridir. Anketi cevaplayan 110 kişinin verdiği cevaplara göre kullanıcıların %65'i dumanla karşılaşması halinde başka bir kaçışa yöneleceklerini, %24'ü güvenli buldukları bir bölgede görevlilerin onları kurtarmasını bekleyeceklerini, %9'u ise dumanın içine girmek suretiyle mutlaka bildikleri çıkıştan binayı terk edeceklerini belirtmektedirler (Bkz. Çizelge 5.45).

Çizelge 5.45 : Duman engeliyle karşılaşınca kullanıcının davranış eğilimi.

Davranış Eğilimi	Kullanıcı Sayısı	%
Başka bir kaçış yolu bulmaya çalışırım.	72	64,9
Güvenli bir yer veya sığınak bulup itfaiyenin gelip beni kurtarmasını beklerim.	27	24,3
Dumanın içine girerim ve çıkışa mutlaka ulaşmaya çalışırım.	10	9
Camdan atlarım.	1	0,9
Şoka girerim.	1	0,9

Kullanıcıların dumanla karşılaşması durumunda sergilediği davranışın yaş, cinsiyet, binada çalışma süresi, bina çıkış bilgisi ve kullanıcının bulunduğu kat ile dağılımda değişme olup olmadığı, parametrik olmayan verilerin incelenmesinde kullanılan ve tek yönlü varyans analizi yapan Kruskal-Wallis testi ile anlaşılmaya çalışılmıştır. Ancak Çizelge 5.46'dan da görüleceği üzere, tüm değişkenlerin anlamlılık düzeyinin

$p>0,05$ olması nedeni ile değişkenlerin hiçbirinin bu davranışta etkili olmadığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.46 : Farklı kullanıcı gruplarının dumanla karşılaşınca gösterdikleri tepkinin Kruskal Wallis testi ile analizi.

Test	Yaş	Cinsiyet	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	Bulunduğu kat
Chi-Square	2,927	3,399	2,486	2,945	4,436
df	4	4	4	4	4
Asymp. Sig.	,570	,493	,647	,567	,350

Yangın esnasında binayı terk etmesine rağmen, kullanıcıların bir kısmının binaya ya içeride kalan yakınları dolayısı ile ya da içeride unuttukları değerli eşya ya da evrak dolayısı ile tekrar girdikleri bilinmektedir (Bryan 1995). K.B.B. hizmet binası çalışanlarına tekrar binaya girmeleri gerekirse sebebinin ne olduğu sorulduğunda; %47'si yardım amaçlı olarak, %11'i bina elektrik ve gazını kapatmak için, %10'u içeride kalan eşyalarını almak için girebileceklerini ve %7'si ise yangın devam ettiği sürece asla binaya tekrar girmeyeceklerini beyan etmektedirler (Çizelge 5.47).

Çizelge 5.47 : Kullanıcının binayı terk ettikten sonra binaya tekrar girme eğilimi.

Davranış	Kullanıcı sayısı	%
Yardım etmek için	34	32,7
Binadaki diğer insanları kurtarmak için.	15	14,4
Elektrik ve gaz hattını kapatmak için.	11	10,6
İçeride kalan eşyalarını almak için.	10	9,6
Binadaki acil durum görevimi yapmak için.	6	5,8
Girmezdim	6	5,8
İnsanlara binayı boşaltmalarını söylemek için.	6	5,8
İtfaiye erlerini yönlendirmek için.	6	5,8
Alarma basmak için.	4	3,8
İtfaiyeyi aramak için.	3	2,9
Ailemden birilerini kurtarmak için	2	1,9
Yangının sönmesi halinde girerim	1	1

Kullanıcının yangın devam ederken bina içine tekrar girme eğilimi yaş, cinsiyet, binada çalışma süresi, çıkış bilgisi ve bulundukları katla ilişkili durumu Kruskal-Wallis testi ile değerlendirilmektedir. Test sonucunda, bütün değişkenler için anlamlılık değeri $p>0,05$ olduğu için ilişki tespit edilememiştir (Çizelge 5.48).

Çizelge 5.48 : Farklı kullanıcı gruplarının binaya tekrar girme eğilimlerinin Kruskal Wallis testi ile analizi.

Test	Yaş	Cinsiyet	Çalışma süresi	Çıkış bilgisi	Bulunduğu kat
Chi-square	5,392	18,001	5,120	9,386	13,575
Df	11	11	11	11	11
Asymp. Sig.	,911	,082	,925	,586	,257

5.5.2.3 Anket değerlendirmesi

Kullanıcıların yangının oluşturduğu gerçek ortamı deneyimlemeleri ve böyle bir acil durumla yüz yüze gelmeleri nedeni ile G.Y.T.E. Mimarlık Fakültesi kullanıcılarına uygulanan anket çalışması oldukça önemlidir ve kullanıcı davranışına dair gerçekçi sonuçlar vermektedir. Binanın çalışan sayısı ve boyutları itibarıyla oldukça küçük bir bina olması, kullanıcıların binayı kolay kavramalarına ve yangın esnasında problemsiz bir şekilde tahliye etmelerine olanak sağlamıştır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Hizmet Binası'na uygulanan ikinci anket karmaşık bir binadaki kullanıcı bina algısı ve acil durum davranışı hakkında bilgi vermektedir.

G.Y.T.E. Mimarlık Fakültesi çalışanlarına uygulanan ilk anketle Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Hizmet binası çalışanlarına uygulanan ikinci anket sonuçları kıyaslanmıştır. Kıyaslamanın amacı, tatbikat ile gerçek durum arasındaki kullanıcı davranışı dağılım değişimindeki sapmaları veya benzerlikleri ortaya koymaktır. İlk olarak bu iki bina kullanıcılarının panik davranışları karşılaştırılmıştır. Kullanıcıların panik davranışında kayda değer bir farklılık olmadığı gözlenmiştir (Bkz. Çizelge 5.49).

Çizelge 5.49 : G.Y.T.E. Mimarlık Fakültesi binası ve K.B.B. Hizmet binası kullanıcılarının panik davranışı dağılımları.

Davranış	% K.B.B.	% G.Y.T.E	% Ortalama
Hemen bir plan yaparım ve plana göre davrandım	62,7	43,8	53,25
Acil duruma neden olan durumu merak ettim	14,5	18,8	16,65
Elim ayağım dolaştı, bir müddet sonra kendime geldim	11,8	12,5	12,15

Farklı bina kullanıcılarının acil durum psikolojileri de tablolaştırılmıştır. Çizelge 5.50 incelendiğinde, kullanıcıların psikolojilerine ilişkin davranışların dağılımında da anlamlı bir fark olmadığı ve kullanıcıların acil durum karşısında %45 oranında kullanıcının fazla endişelenmediği anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.50 : G.Y.T.E Mimarlık Fakültesi binası ve K.B.B. Hizmet binası kullanıcılarının acil durum psikolojilerinin kıyaslanması.

	% K.B.B.	% G.Y.T.E	% Ortalama
Hafif bir endişe duydum	47,1	42	44,55
Heyecanlandım	17,6	26	21,8
Hemen kaçmak istedim	5,9	21	13,45
Korktum	23,5	3	13,25
Umursamadım	0	6	3
Kafam karıştı	5,9	0	2,95

Bu iki binanın kullanıcılarının, kaçmaya başlamadan önce yaptıkları ilk eylemlerin dağılımı karşılaştırıldığında yine davranışların dağılımlarında belirgin bir fark gözlemlenmemiştir (Çizelge 5.51).

Çizelge 5.51 : Kullanıcıların kaçmaya başlamadan önce yaptıkları ilk eylemlerin dağılımı.

Kullanıcıların kaçmaya başlamadan önce yaptıkları ilk eylem	% K.B.B.	% G.Y.T.E	% Ortalama
Kaçarım	30	24	27
İtfaiyeye haber veririm	13	18	16
Yangınla mücadele ederim	11	18	15
Yangın hakkında bilgi edinmeye çalışırım	1	18	10
Çantamı ve kişisel eşyalarımı alıp çıktım	4	12	8
Camdan çıkarım	10	0	5

Kullanıcıların binadan kaçmak istememe nedenleri incelendiğinde, G.Y.T.E. Mimarlık Fakültesi kullanıcılarının gerçek bir yangın deneyimi yaşadıkları için K.B.B. hizmet binası kullanıcılarına göre, daha yüksek bir oranda, yangına müdahale etmek için binayı terk etmeyecekleri anlaşılmaktadır (Çizelge 5.52).

Çizelge 5.52 : Kullanıcıların acil durumda binalarını terk etmek istememe nedenleri.

	%	%	%
Binada yangın olduğunu bildiğiniz halde kaçmak istemediyseniz bunun nedeni ne oldur?	K.B.B.	G.Y.T.E	Ortalama
Yangına müdahale etmek için.	20,75	53,84	37,30
Binadaki diğer insanlara yardım etmek için.	33,96	23,07	28,51
Binadaki diğer insanları uyarmak için	12,26	7,69	9,98
Mutlaka kaçarım	2,83	15,38	9,10
Binadaki panik ortamının yatışmasını beklediğim için.	9,43	0	4,71
Yangının gerçek bir durum olup olmadığına karar veremediğim	7,54	0	3,77
Bu konu ile ilgili görevli kişilerden açıklama beklediğim iç	4,71	0	2,35
Yardıma ihtiyacım olduğunu düşündüğüm için	2,83	0	1,41
Sağlık problemlerim nedeni ile kaçamayacağım için.	1,88	0	0,94
İtfaiyenin mutlaka gelip beni kurtaracağından emin olduğum için	1,88	0	0,94
Duman ya da ateşle yüzleşmek istemediğim için.	0,94	0	0,47
Sorumluluklarımdan dolayı	0,94	0	0,47

Bina kullanıcılarının, binayı tahliye etme anındaki, yürüme hızları karşılaştırıldığında, G.Y.T.E Mimarlık Fakültesi kullanıcılarının, K.B.B. hizmet binası kullanıcılarına göre daha hızlı hareket ettikleri anlaşılmaktadır (Bkz. Çizelge 5.53). Kullanıcıların hızlarındaki bu farkın, G.Y.T.E Mimarlık Fakültesi binasının küçük olması ve kullanıcıların binada çıkan yangından dolayı değişen çevresel koşulları daha çabuk anlamaları ve bu çevresel koşullar ile karşı karşıya kalmaları nedeni ile oluştuğu düşünülmektedir.

Çizelge 5.53 : Kullanıcıların yürüme hızları.

	%	%	%
Yangın esnasında binayı terk ederken,	K.B.B.	G.Y.T.E	Ortalama
Her zaman yürüdüğümde daha hızlı yürüyerek terk ettim.	47	42	45
Koşarak terk ettim.	29	52	41
Her zaman yürüdüğüm hızda yürüyerek terk ettim.	18	2	10
Terk etmedim.	6	4	5

Her iki anket sonucunda kullanıcıların davranışını etkileyen en önemli faktörün bulundukları kat olduğu anlaşılmaktadır. Üst kattaki kullanıcıların yürüme hızı üst katlara çıktıkça azalmaktadır. Ayrıca özellikle zemin kattaki kullanıcıların kaçış tercihinde bulundukları odanın penceresi de yer almaktadır. Öte yandan kullanıcıların büyük bir bölümünün acil bir durum olduğunu, alarmin çalmasından

anladıkları fark edilmektedir. Hatta bu nedenle kullanıcıların çoğu acil bir durumda ilk yapacakları işin alarma basmak olduğunu belirtmektedirler.

Çizelge 5.54 : İngiltere, A.B.D. ve Türkiye’deki kullanıcıların kaçış öncesindeki ilk davranışları.

İlk yapılan iş	İngiltere %	A.B.D. %	Türkiye %
Yangını arama ve yangını söndürmeye çalışma	32,7	22,6	24
Binayı terk etme	11,4	13,5	38
İtfaiyeyi arama	10,1	9	15
Diğerlerini uyarma	8,1	15	3
Aile bireylerine ulaşma	5,4	7,6	0,5
Kişisel eşyalarını alma	1,2	2,1	8
Giyinme	2,2	8,1	0
Elektrikli aletleri kapama	4,1	0,9	3
Yangın alarmına basma	2,7	0,9	2
Diğerlerinin itfaiyeyi aramasını sağlama	2,8	2,2	0,5
Hiçbir şey	2,1	2,7	0
Yangın alanına bakan kapıları kapama	3,1	1	0
Yakıcı malzemeyi ortadan kaldırma	1,2	1,7	0
Bina içine girme	0,1	1,6	0

İngiltere, A.B.D. ve Türkiye’deki kullanıcıların yangını fark ettikten sonra, kaçmaya başlamadan önce gerçekleştirdikleri ilk eylemler, Çizelge 5.54’de kıyaslanmaktadır. Her üç ülke kullanıcısının da birbirlerinden oldukça farklı davrandığı anlaşılmaktadır. Bu durum farklı coğrafyalarda farklı yapı koşullarında gelişen insanların farklı davranacağı görüşünü bir kez daha doğrulamaktadır.

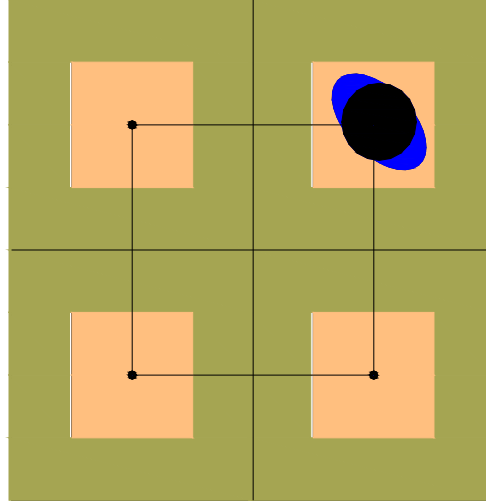
Anketler yardımıyla Türkiye’deki kullanıcıların acil durum davranış profilleri ve dağılımları çıkartılmaya çalışılmıştır. Türkiye’deki kullanıcıların davranış dağılımının farklılaşmasına neden olan faktörlerin, kullanıcının cinsiyeti, görevi ve bulunduğu kat olduğu yapılan analizlerden anlaşılmaktadır. Geliştirilen bilgisayar modelinde, kullanıcıların hangi durumda nasıl davranacağı bilgisi, yukarıdaki çizelgelerde belirtilen verilere dayanmaktadır.

5.5.3 Kullanıcı hareketinin modellenmesi

Bina tahliyesi, hem psikolojik hem de fiziksel bir süreçtir. Bu sürecin fiziksel kısmını içeren kullanıcı hareketi, kaçış yönü ve kaçış hızından oluşmaktadır.

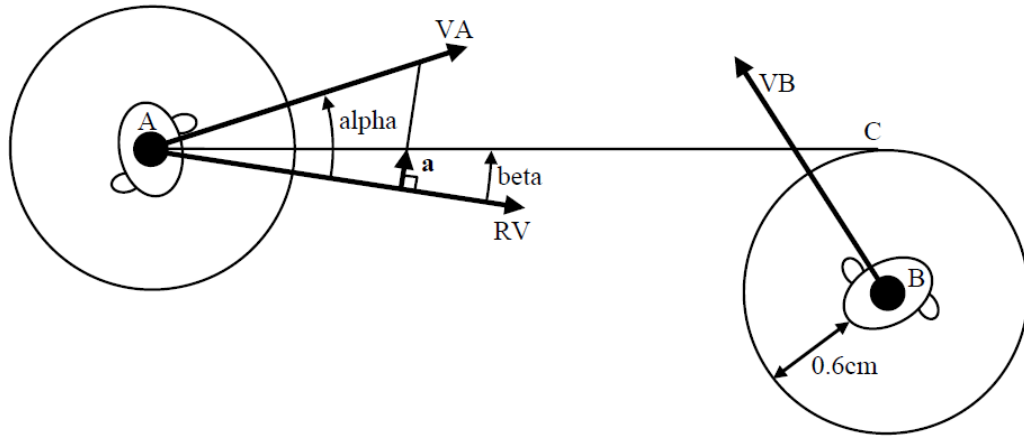
5.5.3.1 Kullanıcı hareket yönünün modellenmesi

Kullanıcı kaçış yönü, modelde, mekanın nasıl tanımlandığına bağlı olarak şekillenmektedir. Daha önce de bahsedildiği üzere, gevşek ağ sisteminde kullanıcılar bir mekandan diğer mekana (odadan koridora ya da odadan odaya) doğru hareket etmektedir; bu nedenle kullanıcıların mekan (oda) içindeki kaçış yönlenmelerinin benzetimi yapılamamaktadır. Sık ağ mekan temsilinde ise, kullanıcılar kaçış yönlerini önlerine çıkan modülleri takip ederek belirlemektedir (Bkz. Şekil 5.32). Modüllere dayalı bu modellerde, her modüle çıkışa olan uzaklığına göre bir öncelik değeri atanmaktadır. Kullanıcı, bulunduğu modülden bir diğerine kaçışını bu atanan değeri okuyarak yönlendirmektedir. Gerçek hayatta kullanıcılar modüller üzerinden hareket etmediği için bu kaçış yönlenme rotası gerçek kaçış rotası ile birebir örtüşmemektedir. Ayrıca iki kullanıcının aynı modülü aynı anda kaçış için kullanması gerektiğinde kullanıcılardan biri beklemek durumunda kalmaktadır bu durum zamanlamada şaşmalar oluşturabilmektedir. ‘buildingEXODUS’ gibi daha kompleks modeller, bunu önlemek için kullanıcılara sabır süresi atamıştır. Bu sabır süresi bittiğinde kullanıcı alternatif modüllere yönlenebilmektedirler.



Şekil 5.32 : Kullanıcının sık ağ sisteminde yönlenmesi.

Devamlı mekan temsiliinde ise, kullanıcı kaçış yönünü lokasyonuna bağlı olarak, ona atanmış yürüme hızında bir hız vektörü ile ona atanmış davranış biçimi çerçevesinde gerçekleştirmektedir. Okazaki S., Matsushita S., (1993) tarafından geliştirilen devamlı mekan temsiliindeki modelde, Şekil 5.33’de gösterildiği gibi kullanıcı A’nın, kullanıcı B’ye çarpmamak için nasıl bir yol izlediği anlatılmaktadır. Bina kullanıcısının kaçış ivmesi denklem 6.2 gösterildiği gibi formüle edilmektedir. Bu modelde ayrıca kullanıcının kaçış rotası tercihi, kullanıcının karakteristiği (yaş, cinsiyet) ve bina bilgisi doğrultusunda şekillenmektedir.



Şekil 5.33 : Devamlı mekan temsiliinde kullanıcı kaçış yönlenmesi.

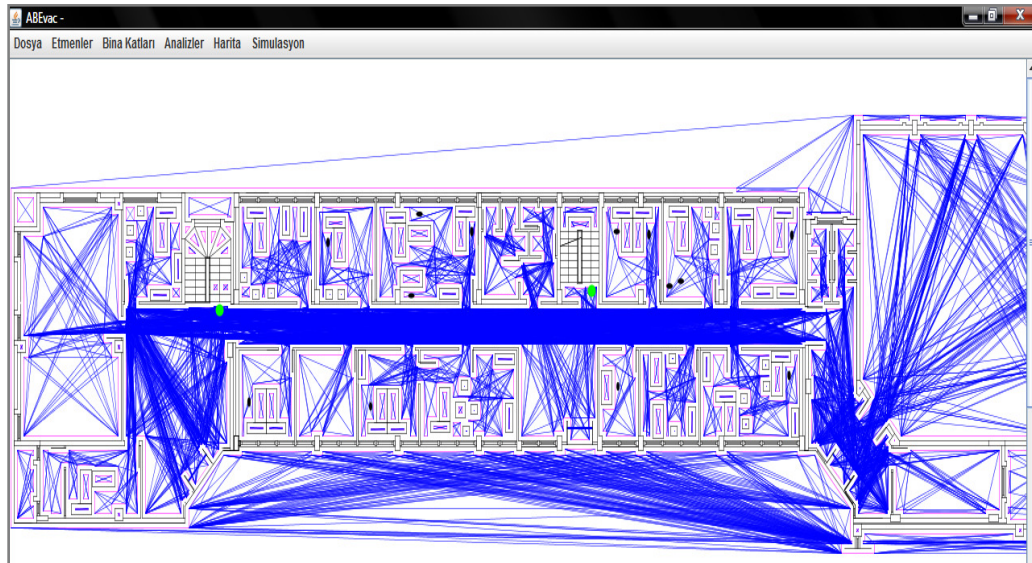
$$a = RV \times \cos(\alpha) \times \tan(\beta) \quad (6.2)$$

- a: A kullanıcısının ivmesi
AC: Düzlem yönü
VA: A kullanıcısının hızı
VB: B kullanıcısının hızı
RV: A kullanıcısının B kullanıcısına bağlı hızı (bağlı hız)
Alpha: bağlı hız ‘RV’ ile kullanıcı hızı ‘VA’ arasındaki açı
Beta: düzlem yönü ‘AC’ ile bağlı hız ‘VR’ arasındaki açı

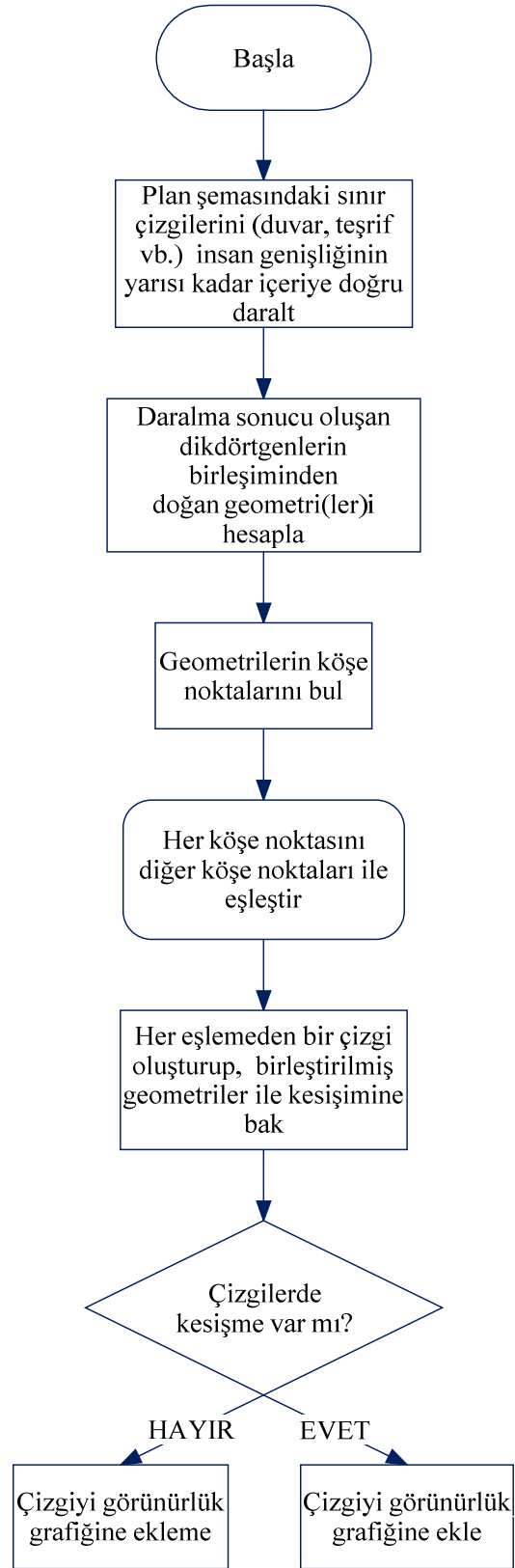
Devamlı mekan temsiliinde, aşağıda isimleri sıralanan dört farklı yöntemle kullanıcı hareketi ve hızı temsil edilmektedir:

- İşlevsel analogi yaklaşımı (Functional-analogy approach),
- Akışkanlar dinamiği ve gaz kinetiği yaklaşımları (Fluid dynamics-gas kinetic),
- Sosyal mukavemet (Social force),
- Manyetik model yaklaşımı (Magnetic model).

Tez kapsamında geliştirilen ‘ABEvac’ modelinde, kullanıcı kaçış öncesi davranışlarını tamamladıktan sonra kaçış hareketine başlamaktadır. Kaçış hareketinde önemli olan nokta, kullanıcının çevresini nasıl okuyup nasıl bir yönlenme yapacağıdır. ‘ABEvac’ modelinde kullanıcıya önce çevresindeki engeller tanıtılmaktadır. ‘ABEvac’ modelinde yapı elemanları ve tefriş elamanı olmak üzere 2 tür engel tanımlanabilmektedir. Kullanıcı modelde çıkış hedefini belirlerken bir görünürlük analizi yapılmaktadır. Bunun için önce bu yapı elamanlarından ve tefriş elemanlarından oluşan engellerin köşe noktaları birbirleriyle eşleştirilmek sureti ile doğrular elde edilmektedir. Bu işleme dair akış şeması şekil 5.35’de verilmektedir. Bu doğrular proje üzerine mavi renk ile gösterilmektedir (Bkz. şekil5.34).

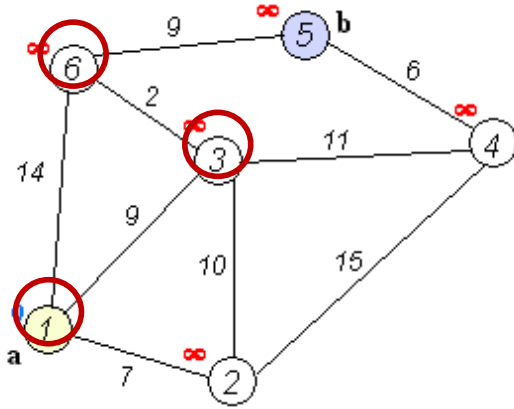


şekil 5.34 : Görünürlük analizinin modelde gösterimi.



Şekil 5.35 : 'ABEvac' modelinde kullanıcı hareketinin akış şeması.

Modelde kullanıcının bu yürüme eksenini (mavi) çizgilerini ve çizgilerin kesişme noktalarını kullanarak en yakın çıkışı bulmaları istenmektedir. Bu amaca yönelik genellikle hücreli özdevrim modellerinde kullanılan ‘*Dijkstra algoritması*’ bu modelde en kısa mesafedeki kapıyı belirlemek için kullanılmaktadır (Dijkstra, E., 1959). ‘*Dijkstra algoritması*’ en kısa rota bulmayı sağlayan algoritmalarından biridir. Algoritma düğüm noktalarından oluşan bir ağda, iki nokta arasındaki yolların mesafelerini toplayarak hedef noktaya ulaşan en kısa mesafeye sahip olan yolu belirleyebilmektedir. Şekil 5.36’da örnek bir ağ verilmektedir. A noktasından b noktasına olan en kısa mesafe bu algoritmayla hedefe olan yolların mesafelerinin tek tek toplanarak birbirleriyle kıyaslanması sonucunda elde edilmektedir. Bu örnekte en kısa yol rotası 1, 3, 6 numaralı düğüm noktalarını izlemek olarak belirlenmektedir.



Şekil 5.36 : En kısa yol testi için örnek problem.

5.5.3.2 Kullanıcı hareket hızının modellenmesi

Tahliye modellerinde kullanıcı kaçış hızı mekanın tanımlanma yöntemiyle bağlantılı olarak biçimlenmektedir. Örneğin, gevşek ağ sistemi (coarse network) kullanan modeller kullanıcı hareketini ve yürüyüş hızını hidrolik veya akışkanlar dinamiğine dayalı denklemlerin (5.1) kullanılması ile belirlemektedir (Santos ve Agguire 2004; Castle, 2007).

Gevşek ağ sistemi kullanan modellerde ortalama bir yürüme hızı ya da sabit bir yürüme hızı bu denklemlerden elde edilmekte ve kullanıcı hareketi kesintisiz bir biçimde bu hızda ilerlemektedir. Tıkanıklık olması durumunda tıkanıklık süresi toplam tahliye süresine eklenmektedir. Diğer yandan devamlı mekan temsili ve sık ağ mekan temsili kullanan modellerde, kullanıcılar, bireysel olarak bulundukları

bölge (merdivenler, rampalar, koridorlar) göz önünde tutularak karakteristik özelliklerine (yaş, cinsiyet ve hareket kabiliyetlerine) göre belirlenen bir yürüme hızında hareket etmektedirler (Castle, 2007).

$$\text{Akış hızı (kişi/metre/saniye)} = \text{hız(m/s)} \times \text{Yoğunluk (kişi/m}^2\text{)} \quad (5.1)$$

Kullanıcı hareketine yönelik araştırmalarda, kullanıcı hareket hızını ölçmek için, tahliye sürecini geniş açılı kameralarla kayıt etme, iki kamera kullanıp üçgenleme yapma (triangulation), radyo frekansı ile mesafe tanımlama, kızıl ötesi sensör ve lazer tarayıcı farklı araçlar kullanma benzeri metotlar kullanılmaktadır (Nilsson ve Frantzich, 2010). Bu yöntemler ile ayrı ayrı kullanıcıların farklı yoğunluktaki hızları, kullanıcıların merdivendeki hızları ve kullanıcıların kapı çıkışlarındaki sıra hareketi ve hızları ölçülmeye çalışılmaktadır. Ancak bu çalışmalar çok detaylı teknik donanım, kullanıcı ekibi ve zaman gerektirmekte, oldukça masraflı olmaktadır.

Anadolu insanının hareket hızı ise ‘ABEvac’ modelinde Bölüm 4.1.2.1’de detaylı olarak anlatılan Predtechenskii ve Milinskii (1978) tarafından ortaya konulan ve farklı vücut ölçülerindeki kullanıcılar için hız belirleyebilen formüller yardımıyla belirlenmektedir.

5.5.3.3 Kullanıcının merdivenlerdeki hareketinin modellenmesi

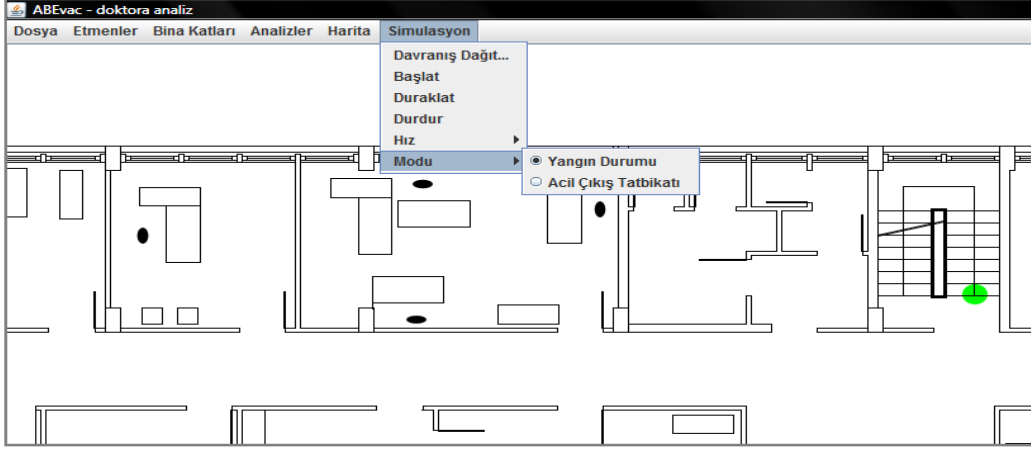
‘ABEvac’ modelinde, kullanıcının merdivendeki hareketinin modellenmesi ve hızının tayin edilmesi için, Predtechenskii ve Milinskii’nin (1978), kullanıcı yoğunluğuna ve kullanıcı antropometrisine dayalı ve bölüm 4.1.2.1’de Çizelge 4.1’de verilen denklemler kullanılmaktadır.

5.5.3.4 Kullanıcının kapılardaki sıra hareketinin modellenmesi

‘ABEvac’ modelinde kullanıcıların kapılardan geçiş öncelikleri kullanıcıların vücut kütle endeksine bağlı olarak belirlenmektedir. Vücut kitle endeksi küçük olan kullanıcılar, kapıdan aynı mesafede ve kendisiyle aynı hızda olan diğer kullanıcıdan önce geçme hakkını elde etmektedir. Kullanıcıların geçmek istedikleri kapıdaki tıkanıklığa bağlı olarak, sıra bekleme veya yön değiştirme eğilimi, anket analizine bağlı ve Çizelge 5.21’de oranlandığı gibi, kullanıcıların %8,3’ü çıkış bilgileri dahilinde, başka bir çıkışa yönelecek biçimde modellenmektedir.

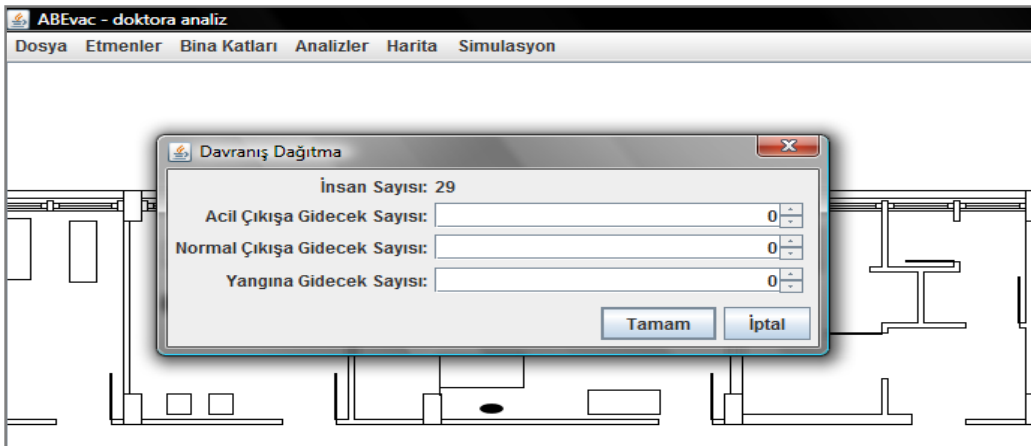
5.6 Modelin Benzetim Özellikleri

'ABEvac' modelinde, tatbikat koşullarının modellenmesi ve yangın koşullarının modellenmesi olmak üzere iki farklı benzetim modu bulunmaktadır (Bkz. Şekil 5.37).



Şekil 5.37 : 'ABEvac' adlı modelde benzetim modu seçimi.

Yangın koşulları modunda kullanıcının davranışları dağılımında kullanıcının şoka girmesi, yangın yerine yönelmesi, acil çıkışa gitmesi ve normal çıkışı kullanması seçenekleri yer almaktadır (Bkz. Şekil 5.38). Tatbikat koşullarının modellenmesinde ise gerçek durumda olduğu gibi, kullanıcı yangınla karşılaşmayacağı ve şoka girmeyeceği varsayılarak bu iki seçenek davranış dağılımından çıkartılmıştır.



Şekil 5.38 : 'ABEvac' adlı modelde davranış dağılımlarının oranlanması.

5.7 Modeldeki Kısıtlamalar ve Varsayımlar

Modelde mekanın temsili CAD çizim dosyasının 'ABEvac' programına aktarılması ile gerçekleşmektedir. Ancak 'ABEvac', Cad çizim dosyasındaki çizimlerin sadece 'line' veya 'arc' komutları ile çizilmiş çizgileri tanımlayabilmektedir. Dolayısıyla, 'Polyline', 'rectangle', 'circle' komutu ile çizilmiş tüm çizimlerin 'line' veya 'arc' komutuna dönüştürülerek çizilmesi gerekmektedir.

Program, benzetimini yapacağı binanın mimari planını okuyabilmekte ve tefriş elemanlarını tanıyabilmektedir. Ancak model hareketli tefriş elemanlarının panik esnasında insanlar tarafından savrulmasını ve yer değiştirmesini göz ardı etmektedir.

Diğer bir kısıtlama ise, programın modellediği tüm kullanıcıların sağlıklı olduğu ve özürlü olmadığı varsayılmasıdır. Bundan dolayı modelde, tekerlekli sandalye veya koltuk değneği kullanan kullanıcılar modellenmemektedir.

Modeldeki, kullanıcıların binayı boşalttıktan sonra tekrar içeri girmeyecekleri de varsayılmaktadır.

ABEvac modelinde, yangın nedeni ile oluşacak dumandan kaynaklanan görüş mesafesinin azalması ve zehirli gazın insan vücuduna etkisi modellenmemektedir. Bunun yanında ortam sıcaklığının artması ve ısının insan üzerindeki öldürücü etkisinin değerlendirilmesi de tez kapsamı dışında bırakılmıştır.

6. MODELİN UYGULANMASI ve GEÇERLİLİĞİNİN SINANMASI

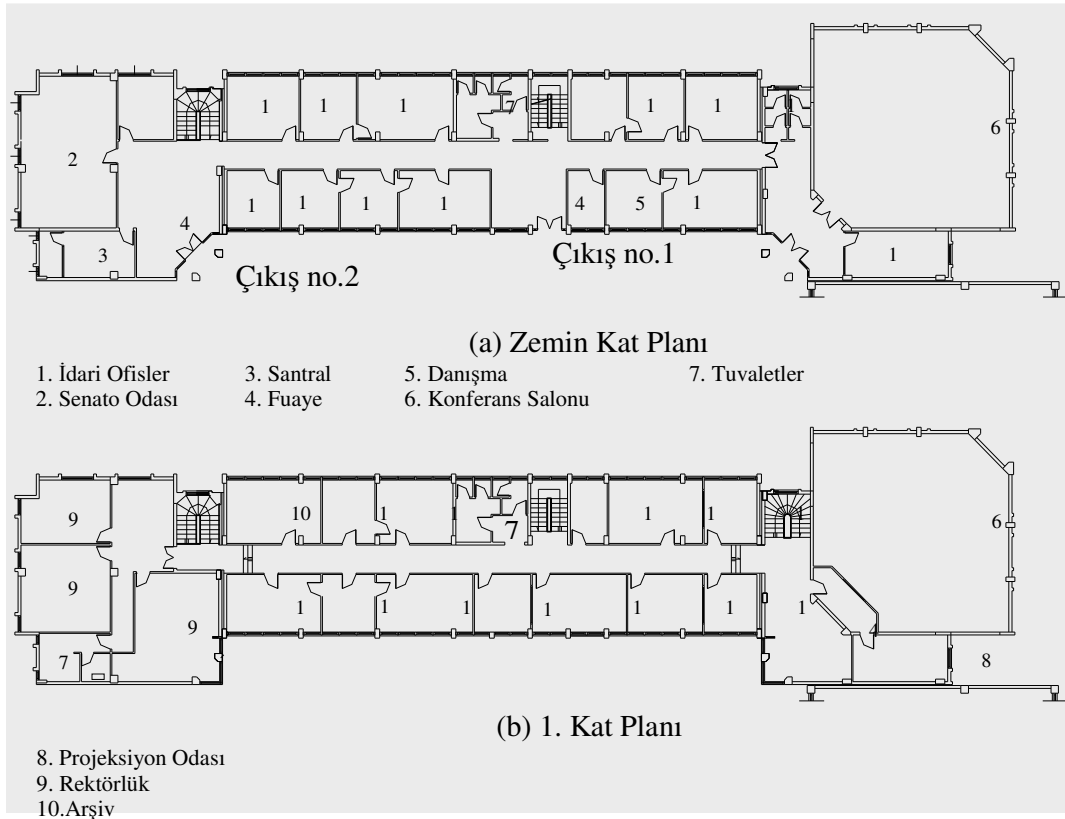
Etmen tabanlı tahliye modeli, *ABEvac*'ın sınanması için bir uygulama yapılmıştır. Bu bölümde, modelin Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nün (G.Y.T.E.) Çayırova kampüsündeki rektörlük binasına uygulamasıyla yapılan tahliye analizi sonuçları, literatürde geçerliliği onaylanmış İngiliz patentli 'buildingEXODUS' adlı modelin analiz sonuçlarıyla ve o binaya ait tahliye tatbikatı sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

6.1 Uygulama Binası ve Kullanıcı Profilinin Özellikleri

G.Y.T.E rektörlük binası, 2 katlı olup, ana bölüm ve iki kenarda yer alan 3 katlı iki kuleden oluşmaktadır (Bkz. Şekil 6.1). Ana bölümlerde, idari odalar, arşiv ve tuvaletler yer almaktadır. Sol kulede, santral, sekreterlik, rektörlük ve toplantı odaları bulunmaktadır. Sağ kulede ise, zemin katta 187 kişilik bir konferans salonu, projeksiyon odası, mühendislik fakültesi ofisleri, dekanlık toplantı odası yer almaktadır.

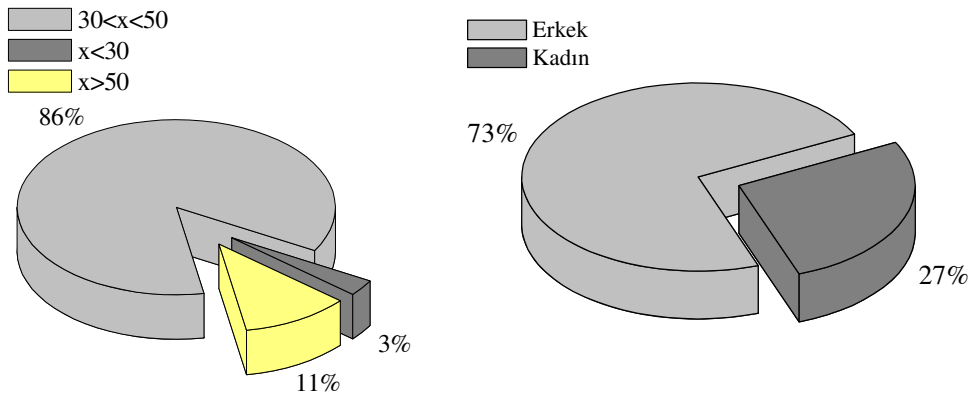
Binada 1,6 m genişliğinde 2 kanatlı 3 çıkış kapısı bulunmaktadır. Bunlardan ana bölümde yer alanı, genel kullanımlı ana çıkış kapısıdır ve her zaman açık bırakılmaktadır. Konferans salonunda alternatif kaçış sağlayacak acil çıkış kapısı mevcut değildir. Konferans salonunun bulunduğu sağ kulenin çıkış kapısı, sadece konferans salonu dolu iken açılmaktadır. Benzer şekilde rektörlüğün konumlandığı sol kulenin kapısı da kilitli tutulmaktadır. Yapının acil durumlarda kullanılmak üzere özel bir yangın çıkış kapısı ya da merdiveni bulunmamaktadır.

Binada, kaçış levhası ve acil kaçış aydınlatması yer almamakta, sadece siren tipi uyarı sinyalizasyonu kullanılmaktadır. Ancak yapılan tatbikat esnasında sirenin aktive edilmesine rağmen, düğme basılı tutulmadığı takdirde, sirenin uyarı sinyali vermediği gözlemlenmiştir. Binanın 1994-1995 tarihleri arasında inşa edilmesi nedeni ile, 2002 Yangın Yönetmeliği kurallarına uyulmamıştır.

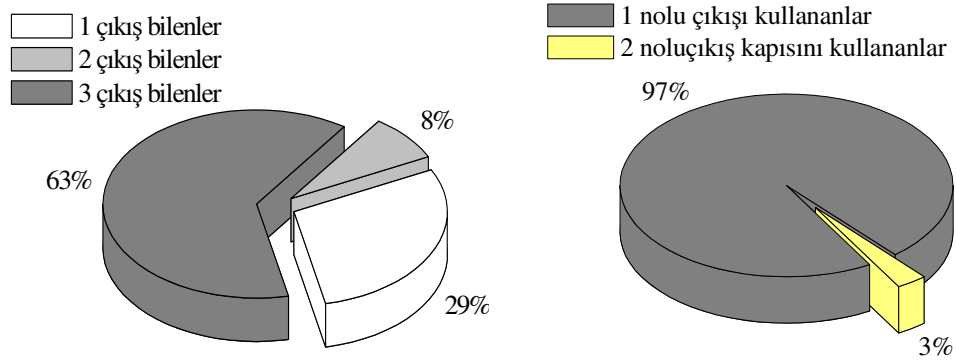


Şekil 6.1 : Mimari kat planları.

İncelenen binada 66 görevli personel bulunmaktadır. Kullanıcıların fiziksel özellikleri (yaş, cinsiyet, boy, kilo), bildikleri ve kullandıkları çıkış kapıları yüz yüze görüşme yapılarak elde edilmiştir. Bu bilgilere ait istatistikler Şekil 6.2 ve 6.3’de verilmektedir. Kullanıcıların bina içindeki konumları ve kaçış esnasında engel teşkil eden mobilya tefrişleri yerinde yapılan gözlemlerle belirlenmiştir.



Şekil 6.2 : Kullanıcıların yaş ve cinsiyet istatistikleri.



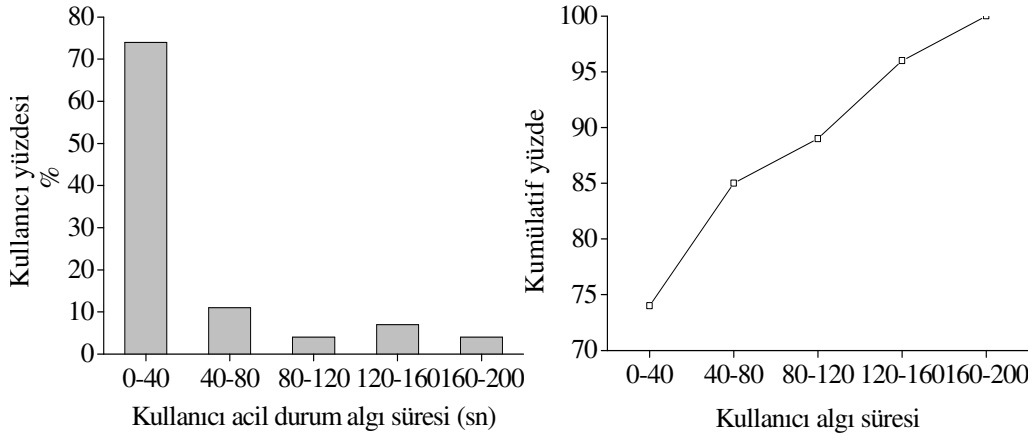
Şekil 6.3 : Kullanıcıların çıkış kapısı bilgi istatistikleri.

6.2 Binanın Tahliye Tatbikatı

Tahliye tatbikatı, kullanıcıların binada en yoğun olduğu 11:26:35-11:31:02 saatleri arasında tatbik edilmiştir. Tatbikatta 3 sabit, 3 seyyar kamera ile gözlem yapılmıştır. Seyyar kameralardan biri dışarıdaki ana giriş ve sağ kulenin çıkışını gözlemleyecek şekilde yerleştirilmiştir. Diğer 2 seyyar kamera ana bölümün zemin ve 1. kat koridorlarını görecektir biçimde konumlandırılmıştır. 3 sabit kamera binanın güvenlik kameraları olup, bir tanesi sol kulenin çıkış kapısını içeriden, diğer ikisi ise diğer çıkış kapılarının görüntülerini dışarıdan kaydetmiştir.

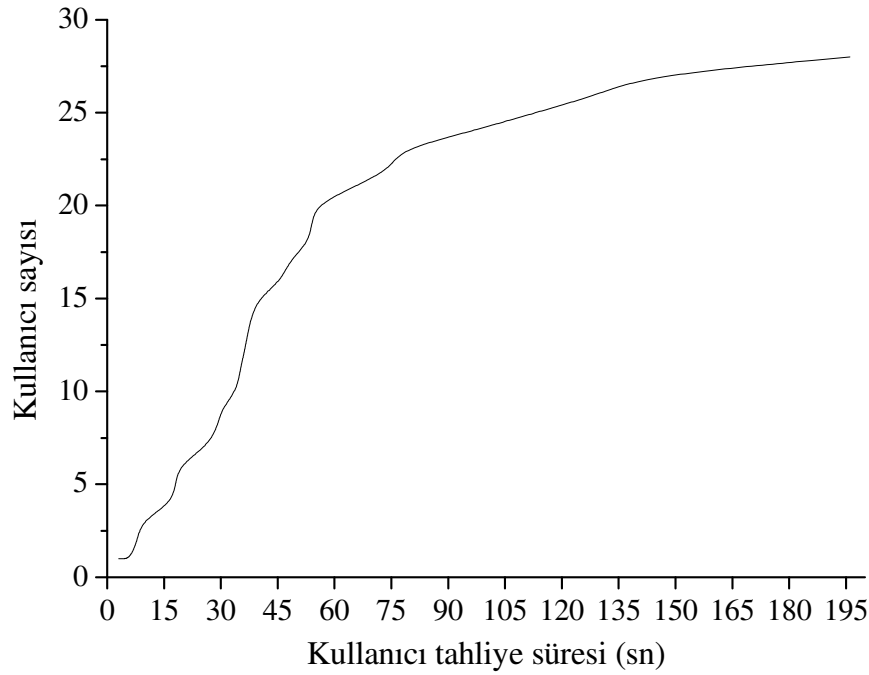
Tatbikat esnasında 28 kişi tahliye çağrısına cevap vermiş, kalan 38 kişi kamera kayıtlarında görünmemiştir (acil uyarı sirenini dikkate almamıştır). Bu sebepten dolayı, modelleme senaryolarında sadece 28 kişinin tepki süresi ve tahliye süreci değerlendirilebilmiştir.

Kullanıcıların alarm sirenine tepki süreleri, psikolojik test kullanılmadan, tahliye tatbikatı esnasında kayıt edilen kamera görüntülerinin incelenmesi sonucunda elde edilmiştir (Bkz. Şekil 6.4). Bu inceleme sonucunda kullanıcıların %74'ünün ilk 40 saniye içinde %11'inin 40-80, %4'ünün 80-120sn arasında acil durumu anladıkları ve kaçışa başladıkları gözlenmektedir (Bkz. Şekil 6.4).



Şekil 6.4 : Kullanıcıların acil durum algı süresi.

Tatbikat sonrasında birey bazında elde edilen bu algı süreleri, geliştirilen 'ABEvac' tahliye modeli tarafından kullanıcının modellenmesinde kullanılmaktadır.



Şekil 6.5 : Kullanıcıların tatbikattaki tahliye süresi.

Video görüntülerinin gözlenmesi sonucunda, Şekil 6.5'te görüldüğü gibi, G.Y.T.E. rektörlük binasının tahliye tatbikatına bizzat katılan 28 kişinin binada bulunan 3 kapıdan sadece ana çıkış kapısını kullanarak tahliye ettikleri ve toplam tahliye süresinin 196 saniye olduğu tespit edilmektedir.

6.3 Binanın Geliştirilen Modelle Analizi

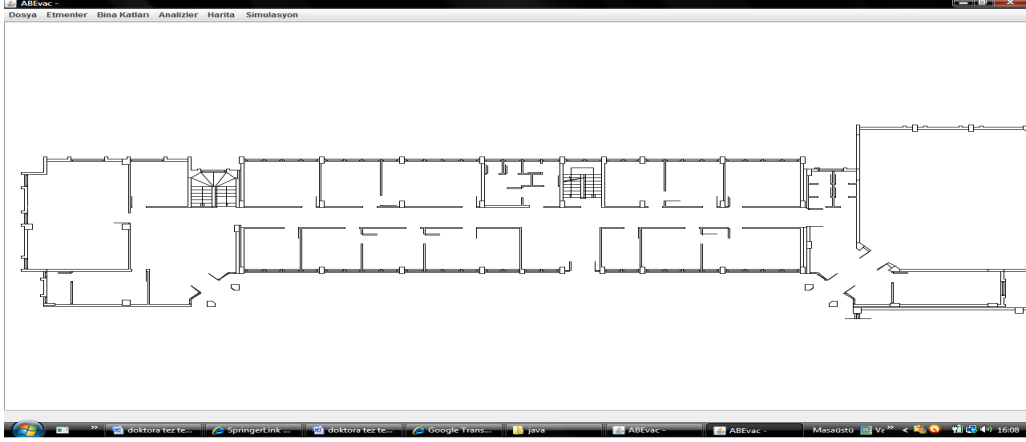
Tez kapsamında geliştirilen ‘ABEvac’ modeli, G.Y.T.E. rektörlük binasının tahliye tatbikatı koşullarının benzetimini yapabilmek amacıyla uygulanmıştır. Bu nedenle binanın o günkü tefrişi ve tahliye tatbikatına katılan 28 kullanıcının fiziksel ve psikolojik (şoka girme ve yangın yerine yönelme gibi) modele aktarılmıştır. Model yangının yerini işaret edebilmekte ve kullanıcıların yangın yerine olan turlarının benzetimini yapabilecek yetenektedir. Ancak model tatbikat koşulları modunda çalıştığı için bu yetenekleri devre dışı kalmakta ve model daha gerçekçi analizler yapmaktadır.

Geliştirilen model ‘dosya’, ‘bina katları’ (mekanın temsili), ‘etmenler’ (kullanıcının temsil edilmesi), ‘analiz’ (kullanıcı hareketinin oluşturulması) ve ‘simülasyon’ (modelin benzetimini yapıp tahminde bulunması) olmak üzere 5 ana menüden oluşmaktadır. Aşağıda menüleri kullanarak modelin nasıl analiz yaptığı anlatılmaktadır.

6.3.1 Mekanın temsili

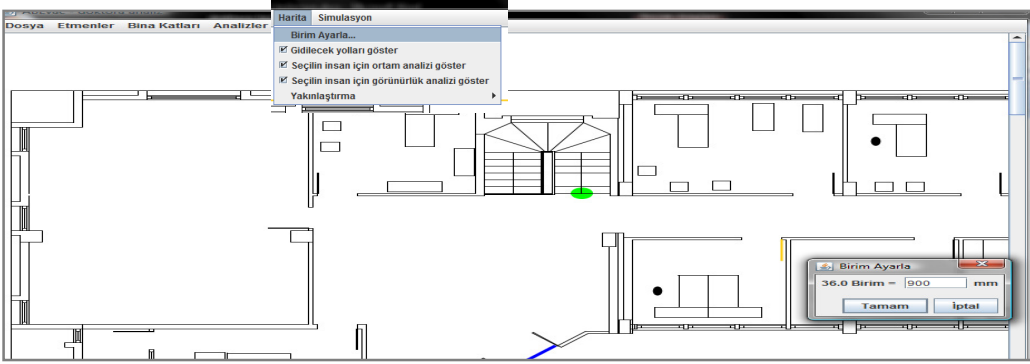
G.Y.T.E. rektörlük binası plan şeması ‘.dxf’ uzantılı Auto-Cad dosyasından okutularak modele aktarılmaktadır. Model bu işlemi yaparken, CAD dosyasındaki koordinat sistemini ve değerlerini Java grafik ortamına ve koordinat sistemine aktarmaktadır (Bkz. Şekil 6.6). Geliştirilen modelde bu aktarımı yapmak için ‘dosya’ menüsündeki ‘*yeni proje*’ komutu yardımı ile ilgili binanın dxf dosyası okutulmuş binanın 2 katlı olduğu ve kat yüksekliğinin 300cm olduğu belirtilmiştir. Model plan şemasını Java grafik ortamına aktarmadan önce binanın kat adedini sormakta ve her katı ayrı pencerelerde temsil etmektedir. Ara yüz kullanıcısı, ‘*bina katları*’ menüsünden binanın ilgili kat planına geçiş yapabilmektedir.

Plan şemasındaki doğrular Java grafik ortamında başlangıç ve bitiş noktaları ile tanımlanmaktadır. Modele aktarılan plan şeması, bu noktaları ve doğruları piksel birimi ile çizdirmektedir Oysa mekana atayacağımız insan ve kapı etmenler modelde aktarılırken mm cinsinden tanımlanmaktadır. Dolayısı ile etmenler ve grafik ortam arasında bir ölçek düzenlemesi gerekmektedir. Model bu ölçeklemeyi yapabilmek için, ‘harita’ menüsündeki ‘*birim ayarla*’ komutu yardımı ile plan şeması üzerindeki herhangi bir doğrunun mm cinsinden değerini sormaktadır.



Şekil 6.6 : G.Y.T.E. A blok rektörlük binası zemin kat planının ‘ABEvac’ modeli ile temsili.

Şekil 6.7’de bu oranlamaya örnek gösterilen genişliği 900 milimetre olan kapının grafik ortamda 36 birim piksel ile çizilmiş olduğu ve kapının gerçek uzunluğunun mm cinsinden ne olduğu sorulmaktadır. Kapının mm cinsinden 900 birim olduğu modele aktarıldığında, bu oran otomatik olarak tanımlanmakta ve insan etmenlere ait omuz genişliği ve göğüs derinliği değerleri mm olarak verildiğinde piksel biriminden ekrana yansımaktadır.

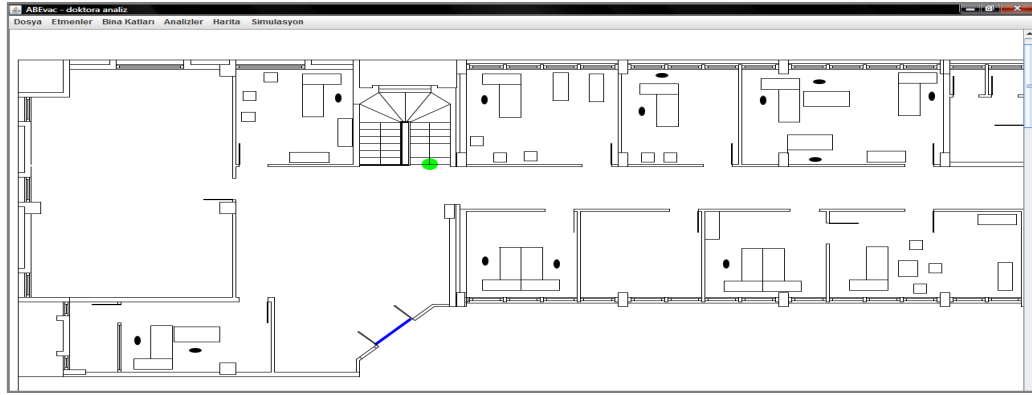


Şekil 6.7 : Plan oranlaması.

6.3.2 Kullanıcının temsili

Mekanın temsilinden sonra binada kullanıcıyı temsil etmek gerekmektedir. Modelin etmenler menüsündeki ‘insan ekle’ komutu ile kullanıcılara ait yaş, cinsiyet, boy ve kilo gibi fiziksel özellikleri tek tek tanımlanmıştır. Tatbikat sırasında video kameralar vasıtasıyla tespit edilen 28 kullanıcının görev yerlerinde, masa başında oturdukları varsayılmıştır (Bkz. Şekil 6.8). Ayrıca yine video kamera görüntüleri ile saptanan

algı süresi etmenler menüsündeki insan ekleme sorgusuna işlenmek kaydı ile modele aktarılmıştır.

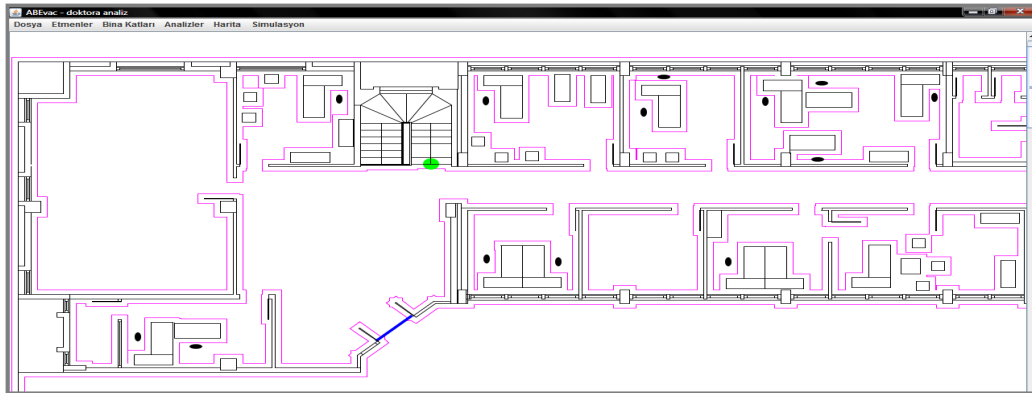


Şekil 6.8 : GYTE rektörlük binası kullanıcılarının plan şemasında konumlandırılması.

Tahliye tatbikatında da gözlemlendiği gibi, modelde tanımlanan kullanıcıların çıkış hedefi çıkış kapısı olacak şekilde yine aynı komut aracı yardımı ile düzenlenmiştir. Model ile tatbikat koşulları modelleneceği için kullanıcılara ait şoka girme süresi Osn olarak bırakılmıştır.

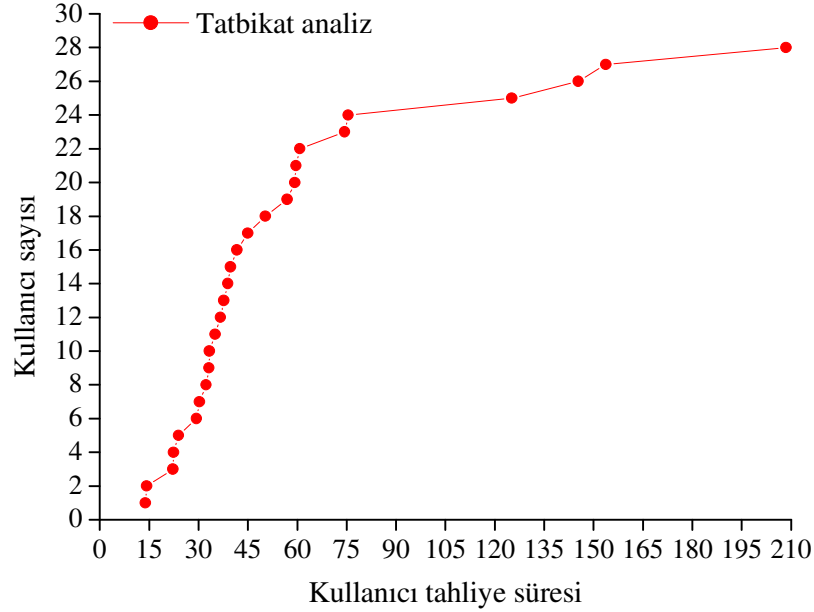
6.3.3 Modelde kullanıcının hareketinin belirlenmesi

Model kullanıcı hareketini yönlendirmek için farklı fiziksel özellikteki 28 kullanıcının her biri için plan şemasında ortam analizi yapmıştır. Bu analiz kullanıcının duvarlara ve tefriş elemanlarına vücudunu değdirmekten hareket edebileceği alanı göstermektedir. Analiz modelde 'analiz' menüsündeki '*ortam analizi*' komutu ile yapılmıştır. Analiz sonucu Şekil 6.9'da pembe renkle sınırlandırılmış alanlardan ibarettir.



Şekil 6.9 : Modelin ortam analizi.

‘ABEvac’ modeli ile, G.Y.T.E rektörlük binası için yapılan analizin çıktıları ayrıntılı olarak Ek G’de verilmektedir. Model, binayı ilk tahliyen eden kişinin 12. saniyede binayı tahliye ettiğini tüm kullanıcıların binayı tahliye etmesinin ise 208,5 sn sürdüğünü tahmin etmektedir. Modelin tüm kullanıcılara ait tahliye analizi tahmini sonuçları Şekil 6.12’de grafikleştirilmiştir.



Şekil 6.12 : Geliştirilen modelin tahliye süresi tahmini.

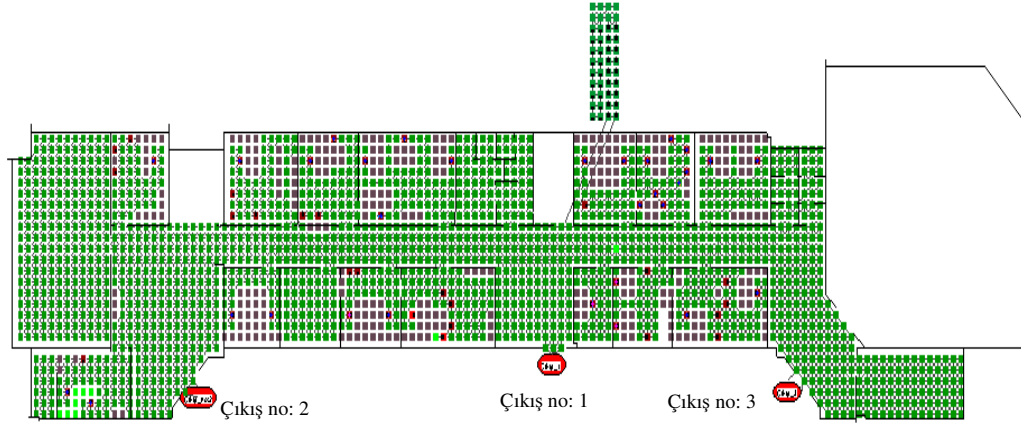
Model, aynı zamanda üst kattaki kullanıcılar için, merdivene ulaşma ve merdivenden aşağıya inme sürelerini de tahmin edebilmektedir (Bkz. Ek G).

6.4 Binanın Başka Bir Model ile Analizi

G.Y.T.E rektörlük binasının analizi ‘buildingEXODUS’ yazılımı kullanılarak da yapılmıştır (BuildingEXODUS V3.01 User Guide and Technical Manual, 2001). Yazılım, insan-insan, insan-çevre koşulları ve insan-mimari geometri etkileşimini modelleyecek biçimde önceden belirlenmiş karar mekanizmalarına bağlı olarak C++ bilgisayar dilinde hazırlanmıştır. Program mühendislik tabanlı yazılımlarda olduğu gibi belirli denklem takımlarının matematiksel çözümünü içermemektedir. Önceden belirlenmiş koşullara bağlı olarak yürürlüğe giren karar mekanizmaları (rule-base concept) yazılım algoritmasının akışını kontrol etmektedir.

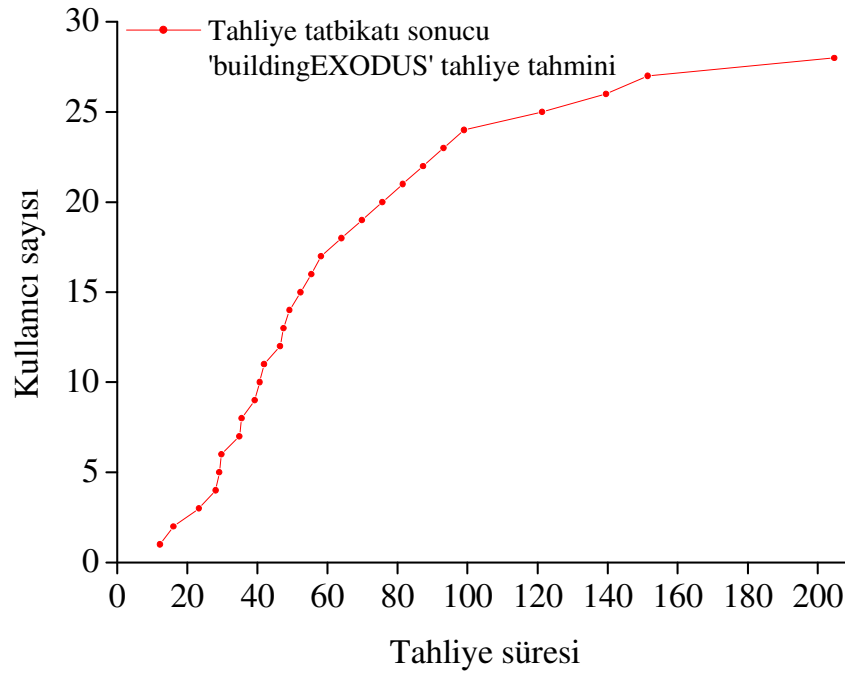
Bina buildingEXODUS programına tanıtılırken, yapıya ait CAD çizimleri dxf formatı, model tarafından resim dosyasına dönüştürülmek suretiyle geometrik model

oluşturulmaktadır. Mekanın işlevine ve iç tefrişine göre fonksiyon değiştiren 0,5 x 0,5m modüller geometrik model üzerine yerleştirilmiştir. Binaya ait geometrik model, modüller ve bağlantı hatları Şekil 6.13’de gösterilmektedir.



Şekil 6.13 : ‘buildingEXODUS’ tahliye modelinde bina geometrisinin modüller ile temsili.

Kullanıcı ‘buildingEXODUS’ adlı modelde tanımlanan bu modüller üzerinde bir modüle bir insan düşecek şekilde konumlandırılmaktadır. Kullanıcıya ait yaş cinsiyet, kilo ve boy bilgileri tanımlanabilmektedir. Ancak bina geometrisine bu bilgiler işlenmemekte sadece matematiksel hesaplamalarda kullanılmaktadır.



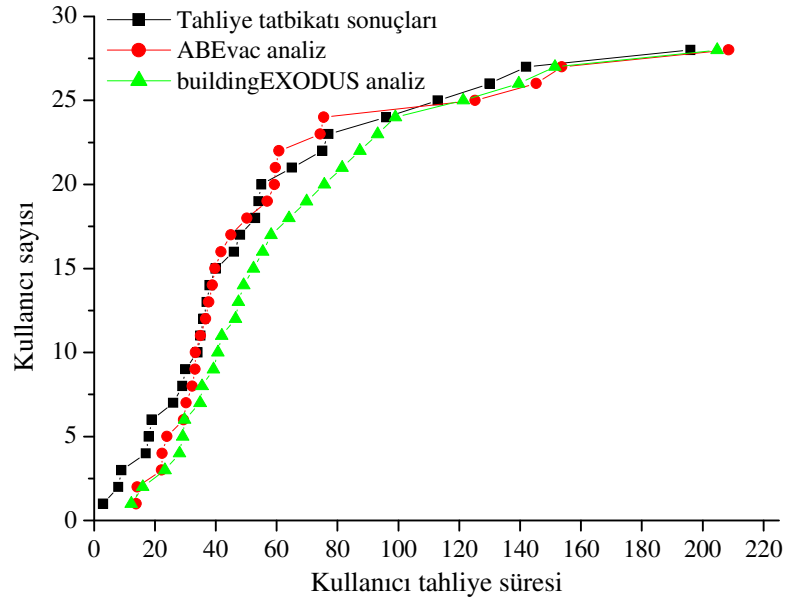
Şekil 6.14 : ‘buildingEXODUS’ modeli tahliye süresi tahmini.

‘buildingEXODUS’ tahliye modeli, tatbikat koşullarındaki 28 kişiyi için çalıştırılıp analiz edildiğinde, binanın 204,75 saniyede boşalacağını tahmin etmektedir (Bkz. Şekil 6.14).

6.5 Analiz Sonuçları ve Kıyaslama

‘ABEvac’ modelinin sonuçları, G.Y.T.E rektörlük binası tahliye tatbikatı sonuçları ve buildingEXODUS modelinin analiz sonuçları ile kıyaslandığında, her üç sonucun birbirine çok yakın olduğu anlaşılmaktadır. Ancak tez kapsamında geliştirilen ‘ABEvac’ Modeli’nin tahliye tatbikatı sonuçları ile kıyaslandığında buildingEXODUS analiz sonuçlarına göre daha gerçekçi sonuçlar verdiği Şekil 6.15’deki grafikten de anlaşılmaktadır.

Modelin diğer modele göre, bu denli gerçeğe yakın sonuçlar vermesinde modelin devamlı mekan temsili ile mekanın tanımlamasının, etmenlerle temsil edilen kullanıcının mekanı daha iyi analiz etmesinin ve etmenlerin boyutlandırılmasında Anadolu insanının antropometrik boyutlarının kullanmasının etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6.15 : Modellerin analiz sonuçları ve tahliye tatbikatı sonucunun karşılaştırılması.

Analiz sonuçlarının karşılaştırılmasıyla, geliştirilen modelin Türkiye’deki ofis yapılarının tahliye analizinde kullanılmasının oldukça doğru ve güvenilir sonuçlar vereceği açıkça anlaşılmaktadır. Bu model ile binanın tahliye performansı ve süreci

değerlendirilebilecektir. Böylece, birbirlerinden işlev, kullanıcı sayısı ve karakteristik özellikleri yönünden farklı yapıların, aynı yönetmelik kurallarını tatbik ederek tasarlanmalarına engel olunabilecektir. Binanın sirkülasyon performansının analizi ile daha tasarım sürecindeyken, sirkülasyon sistemi değerlendirilecek gerekli önlemler alınabilecektir.

7. SONUÇLAR

Teze ilişkin sonuçlar, ayrıntılı olarak aşağıdaki dört bölümde açıklanmaktadır.

7.1 Modele İlişkin Sonuçlar

- ‘*ABEvac*’ adlı model, kullanıcıların binayı terk edip edemedikleri, terk ediyorlarsa bu kaçışın ne kadar zaman (sn) aldığı, kullanıcının binayı terk edememe nedenleri ve kullanıcıların kaçış rotalarını tahmin edilebilmekte ve kişi bazında kullanıcılarla ilgili tahminlerde bulunabilmektedir.
- Model binanın planına ait CAD çizimlerini, koordinat sistemini kullanarak aktarabilmektedir. Bu nedenle bina geometrisi ile ilgili çok detaylı bir analiz gerçekleştirebilmektedir.
- Modelde kullanıcının birbirinden bağımsız etmenler ile temsil edilmesi ve etmenlere anket sonuçlarının aktarılması etmenlerin insan gibi davranışlar sergilemesini sağlamaktadır.
- Mimari planın modeldeki temsil biçimi tüm modeli şekillendirmektedir. Sık ağ ve gevşek ağ sistemleri kullanıcı davranışını ve hareketini (hız ve yön) tam olarak yansıtamamaktadır. ‘*ABEvac*’ modelinde devamlı mekan temsiline benimsenmesi nedeni ile modeldeki etmenlerin insana daha benzer davranış göstermesine olanak vermektedir.
- Ayrıca model binanın birden fazla katını modelleme özelliğine sahip olması nedeniyle çok katlı binalarda da rahatlıkla analiz yapabilmektedir.
- Model, yangının çıkması muhtemel bölgeyi tanımlayabilmektedir. Kullanıcıların acil durum davranışları dahilinde yangın yerine gitmesi ve orada birikmeleri sonucu oluşan yoğunluğun da benzetimini yapabilmektedir.
- Bu çalışma Türkiye’de yapılan, Anadolu kullanıcısının fiziksel karakterine, davranışına ve psikolojik karakteristiklerine göre tahliye analizini yapabilen ilk modelidir.

7.2 Ankete İlişkin Sonuçlar

- Çalışmada kullanılan anket formu kullanıcı acil durum davranışının ölçülmesinde psikolojik test olarak kullanılabilir.
- Anket değerlendirmesinden kullanıcıların acil çıkış kapılarını kullanma eğiliminde oldukları ancak binayı zihinlerinde yeterince kurgulayamadıkları anlaşılmaktadır.
- Zemin kat kullanıcılarının acil çıkış kapılarını kullanma oranı ile camdan çıkma oranı eşittir. Üst kat kullanıcılarından farklı olarak zemin kat kullanıcılarının, camdan çıkma eğiliminde oldukları istatistiksel olarak ispatlanmıştır.
- Kullanıcının bulunduğu kat kaçış performansını etkilemektedir. Üst kat kullanıcılarının kaçma eğiliminin alt kat kullanıcılarına göre daha az olduğu anlaşılmaktadır.
- Anadolu insanı için, acil durum davranışının, kullanıcı yaşı ile ilişkili olmadığı, ancak cinsiyeti ve bulunduğu katla ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.
- Anadolu insanının acil durum davranışı diğer ülkeler ile kıyaslandığında davranış önceliklerinde ve dağılımlarında farklılıklar olduğu anlaşılmaktadır.
- Yapılan anketlerle kullanıcılara ait acil durum davranış profili sınırlı sayıda örneklemin analiz edilmesi ile çıkartılmıştır. Bu acil durum davranış profillerinin tüm ülke çapına yayılarak genişletilmesi bu profillerin tutarlılığını artıracaktır.
- Kullanıcı davranış eğilimleri ve dağılımları gelişen ve değişen yapı ve yaşam biçimi dolayısı ile zaman içinde de sürekli bir değişim göstermektedir. Bu nedenle bu tür anket çalışmalarının yurt genelinde ve sürekli yapılması doğru olacaktır.

7.3 Modelin Geçerliliğine İlişkin Sonuçlar

- Modelin analiz sonuçları, binaya uygulanan tahliye tatbikatı sonuçları ile birebir uyum içindedir. Bu durum modelin hedeflediği noktaya ulaştığını ve

bina performans analizlerinde rahatlıkla ve güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

- *ABEvac* modelinin sonuçları *buildingEXODUS* modelinin tahliye analizi sonucuna göre, tatbikat sonucuna daha benzer özellikler sergilemektedir.
- Tatbikat koşulları için çok başarılı olan programın, kayıt altına alınan gerçek bir yangın durumunun model ile testi yapıldığı takdirde, modelin yangın koşullarındaki sonuçlarda da başarılı olacağı düşünülmektedir.

7.4 Genel Sonuçlar

- Geliştirilen modelin, geleceğe yönelik birtakım açılımları da bulunmaktadır. Bu açılımlardan ilki, farklı işlevlerdeki bina tipolojilerine ve buna yönelik olarak farklı bina-kullanıcı ilişkilerine uygun veri tabanı oluşturmaktır. İkincisi ise, modelin değişik türdeki acil durumlar için de (deprem, patlama, vb.) çözümler sunmasını sağlamaktır. Böylece, modelin farklı koşul ve ortamlarda belirlenen tasarım problemlerine yönelik çözümler üretmesi sağlanacaktır.
- Yangının başlamasından algılanmasına kadar geçen süre oldukça önemlidir. Kullanıcı yangının varlığından emin olduktan sonra alarma basmakta ya da diğerlerini uyarması için güvenliğe haber vermektedir. Yangın ne kadar önce algılanırsa kullanıcılar o kadar önce harekete geçmektedirler. Model alarm çalmadan önceki sürecin benzetimini yapamamaktadır. Kullanıcının alarmı duyduktan sonraki alarm algı süresi, tepkisi ve davranışı modellenmektedir. Bu nedenle daha sonra yapılacak olan çalışmalarda alarm öncesindeki bu algılama süresinin modele eklenmesi hedeflenmelidir.
- Model merdivenlerdeki kullanıcı hareketini gösterememektedir. İleriki çalışmalarda modelin merdivendeki kullanıcı hareketinin benzetimini de yapması düşünülmektedir.
- Yapılan çalışmada Türkiye baz alındığında sınırlı sayıda kullanıcının acil durum davranışları analiz edilmiştir. Dolayısı ile bu çalışmadaki kullanıcı acil durum davranış analizleri daha sonra tüm Türkiye genelinde yapılacak acil durum davranış analizleri ile birleştirilmeli, modele aktarılmalı ve modeldeki acil durum davranışının daha gerçeğe yakın olması sağlanmalıdır.

- Geliştirilen benzetim modeli, özellikle acil durumlarda çok büyük önem kazanan ve mimari tasarım sürecinde de mimarın tasarlarken sorun yaşadığı bina sirkülasyon sisteminin, performansını test edebilmekte ve darboğaz noktalarını işaret etmektedir. Bu performans analizi mimari tasarım sürecinde mimarın tasarımına ışık tutmakta ve mimara yol göstermektedir.
- Binalarda performans analizini yapan bu tür benzetim programlarının denenmesi, geliştirilmesi ve kullanılmaları, bu tür modellerin, mimari tasarım için ne denli önemli ve pratik olduğunu ortaya koyacaktır.

Tüm bu sonuçlar nedeniyle, geliştirilen modelin bina sirkülasyon sisteminin tasarımı için önemi açıktır. Bu tür yazılımların ve benzeri yaklaşımların kullanılmasına, yangın yönetmeliklerinde yer verilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akın G., Güleç E.; Sağır M.; Gültekin T., Koca Özer B.,** 2006. Anadolu İnsanın Antropometrik Boyutları, Proje No: 20030901018, Ankara Üniversitesi.
- Ando K., Ota H., Oki T.,** 1988. Forecasting the Flow of People, RRR, *Railway Res Review*, 45, 8–14.
- Anon.,** 1992. *Fire Safety in Tall Buildings*, Committee, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, McGraw-Hill, USA, 127-150.
- Bandini S, Manzoni S., and Vizzari G.,** 2006. *Crowd Modeling and Simulation the Role of Multi-Agent Simulation in Design Support Systems*, Jos P. van Leeuwen and Harry J.P. Timmermans (eds.), *Innovations in Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning*, 105-120.
- Billari F. C., Fent T., Prskawetz A. and Scheffran J.,** 2006. *Agent-Based Computational Modelling: An Introduction*, 1-16, Eds. Francesco C. Billari, Thomas Fent, Alexia Prskawetz and Jürgen Scheffran, Springer, New York.
- Bonebeau E.,** 2002. Agent-Based Modeling: Methods And Techniques for Simulating Human Systems, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USAPNAS 99Suppl*, 3: 7280–7287.
- Braun A, Bodmann B. E. J., Musse S. R.,** 2005. Simulating Virtual Crowds in Emergency Situations. In: *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software And Technology (VRST'05)*, Monterey, CA, USA, 7–9 November, 244–252.
- Brayn J.,** 1999. Human Behaviour in Fire: The Development and Maturity of a Scholarly Study Area, *Fire and Materials*, 23, 249-253.
- Bryan J.,** 1995. Behavioural Response to Fire and Smoke, the SFPE, *Handbook of Fire Protection Engineering 2nd Edition*, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 3, 241-262.
- Bryan J.,** 2002. Human Behaviour in Fire, *Fire Protection Engineering*, 16, 4-16.
- BSI BS 5588,** 1983. Fire Precautions in the Design and Construction of Buildings: Part 3, *British Standards*.
- Butcher E.G., Parnel A.C.,** 1999. *Fire Control in Fire Safety Design*, London, England, E. & F. N. Spon Ltd.
- Canter D. (Ed.)** 1980. *Fires and Human Behaviour*, John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Castle C. J. E., Crooks A. T.,** 2006. Principles and Concepts of Agent-Based Modelling for Developing Geospatial Simulations, *Working Paper Series*, 110, UCL, London.

- Castle C.J.E., Waterson N. P., Pellissier E., and Bail S. Le,** 2010. A Comparison of Grid-based and Continuous Space Pedestrian Modelling Software: Analysis of Two UK Train Stations, *5th international conference on Pedestrian evacuation Dynamics*, Gaithersburg, MD.
- Castle C.J.E.,** 2007. Guidelines for Assessing Pedestrian Evacuation Software Applications, *Working Paper Series*, 115, UCL, London.
- Chiang C., Lih W. Y. and Tung H.S.,** 2002. Fire Model Analysis and Experimental Validation on Smoke Compartments, *Journal of Fire Sciences*, Vol. 21, 203-226
- Chow W. K., Gigi C., Lui H.,** 2002. Numerical Studies on Evacuation Design in Karaoke, *Building and Environment*, 37, 285-294.
- Çağdaş G.,** 1986. Binalarda Boşalma Sürecinin Analizi ve Benzetimi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık ve Şehircilik Anabilim Dalı, Bina Bilgisi Programı.
- Çakıcı N.,** 2004. Yüksek Binalarda Acil Boşaltım Süresinin Belirlenmesi, *YL Tezi*, G.Y.T.E, 2004.
- Dijkstra, E.,** 1959. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs, *Numeriche Mathematics 1*, pp.269-271.
- Donegan H. A. McMaster T. B.,** 2002. Formal Aspects of Egress Complexity, *Mathematical and Computer Modeling*, 35, 119-128.
- Fahy, R.F.,** 1994. "EXIT89 – An Evacuation Model for High-Rise Buildings – Model Description and Example Applications," *Fire Safety Science – Proceedings of the 4th International Symposium*, 657-668.
- Fahy, R.F., Proulx G.,** 1995. A Study of Human Behaviour during the World Trade Center Evacuation, *NFA Journal*, 59-67.
- Fahy, R.F., Proulx G.,** 2001. Towards Creating a Database on Delay Times to Start Evacuation and Walking Speeds For Use in Evacuation, *Human Behaviour in Fire*, MIT, USA.
- Fahy, R.F., Proulx G.,** 2002. Human Behaviour in the World Trade Center Evacuation, *Fire Safety Science-Proceedings of the fifth international Symposium*, 713-724.
- Fang Z., Lo S. M., Lu J. A.,** 2003. On the Relationship between Crowd Density and Movement Velocity, *Fire Safety Journal*, 38, 271–283.
- Fruin J. J.,** 1971. Pedestrian planning and design, *PhD Thesis*, Polytechnic Institute of Brooklyn,.
- Galea E.R., Gwynne S., Lawrence P.J., Filippidis L., and Blackshields D.,** 2001. *BuildingEXODUS V3.01 User Guide and Technical Manual*, Revision 3.0, Fire safety Engineering Group, University of Greenwich.
- Galea, E. R. and Gwynne S.,** 2004. *Principles and Practice of Evacuation Modelling* (6th Edition), Fire Safety Engineering Group - University of Greenwich, London.
- Greater London Council,** 1974. *Code of Practice*, London.

- Guo R. Y., Huang H. J.,** 2008. A Mobile Lattice Gas Model for Simulating Pedestrian Evacuation, *Physica A*, 387, 580–6.
- Gwynne S., Galea E. R. and Lawrence P. J.,** 2005. The Introduction of Social Adaptation within Evacuation Modeling, *Fire and Material*, 30: 4, 285-309.
- Gwynne S., Galea E. R., Lawrence P. J. and Filippidis L.,** 1999. A Review of the Methodologies Used in the Computer Simulation of Evacuation from the Built Environment, *Building and Environment*, 34, 741-749.
- Gwynne S., Galea E.R., Lawrence P. J., Filippidis L.,** 2001. Modelling Occupant Interaction with Fire Conditions Using the buildingEXODUS evacuation model, *Fire Safety Journal*, 36, 327–357.
- Helbing D, Molnar P.,** 1995. Social Force Model for Pedestrian Dynamics. *Phys Rev E*, 51,4282–4286.
- Helbing D., Farkas I. J., Molnar P., Vicsek T.,** 2002. Simulation of Pedestrian Crowds in Normal and Evacuation Situations. In: Schreckenberg M, Sharma SD, editors, *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, Berlin: Springer; 21–58.
- Henderson LF.,** 1971. The Statistics of Crowd Fluids, *Nature* , 229, 381–383.
- Henein C. M., White T.,** 2005. Agent-Based Modeling of Forces in Crowds, Multi-Agent and Multi-Agent-Based Simulation, *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 3415/2005, 173-184.
- Hockey S.M., Rew P.J.,** 1997. Review of Human Response to Thermal Radiation, HSE Contract Research Report No. 97/1996, Health and Safety Executive (HSE) Books, Suffolk, U.K.
- Holborn P.G., Nolan P.F. and Golt J.,** 2003. An Analysis of Fatal Unintentional Dwelling Fires Investigated by London Fire Brigade between 1996 and 2000, *Fire Safety Journal*, 38/1, 1-42.
- Holland J. H.,** 1995. *Hidden Order: How Adaptation Builds Complexity*, Addison.
- Hostikka S., Paloposki T., Rinne T., Saari J. and Korhonen T.,** 2007. Evacuation Experiments in Offices and Public Buildings, VTT Working Papers 85, Helsinki University of Technology.
- Hughes R. L.,** 2002. A Continuum Theory for the Flow of Pedestrians, *Transportation Research Part B*, 36, 507–535
- Hughes R. L.,** 2003. The Flow of Human Crowds, *Annual Review Fluid Mech.*, 35, 169–82.
- Hymes, I., Boydell, W. and Prescott, B.,** 1996. *Thermal Radiation: Physiological and Pathological Effects*, Major Hazards Monograph, Institution of Chemical Engineers, Rugby, Warwickshire, U.K.
- Jennings, N. R. and Wooldridge, M. J.,** 1998. *Applications of intelligent agents*, Agent Technology: Foundations, Applications, and Markets, Springer-Verlag, New York, 3-28.

- Johnson N. R., Feinberg W. E.,** 1997. The Impact of Exit Instructions and Number of Exits in Fire Emergencies: A Computer Simulation Investigation, *Journal of Environmental Psychology*, 17, 123–133.
- Kendik E.,** 1983. Determination of the Evacuation Time Pertinent to the Projected Area Factor in the Event of Total Evacuation of High-Rise Office Buildings via Staircases, *Fire Safety Journal*, 5, 112–232.
- Ko Y. S.,** 2003. Comparison of Evacuation Times Using SIMULEX and EvacuationNZ based on Trial Evacuations, University of Canterbury, Fire Engineering Research Report 03/09.
- Kuligowski E. D.,** 2003, The Evaluation of a Performance-Based Design Process for a Hotel Building: the Comparison of Two Egress Models, *Master of Science*, University of Maryland.
- Kuligowski E. D.,** 2004. Review of 28 egress models, In: Peacock RD, Kuligowski ED, editors, *Proceedings of the workshop on building occupant movement during fire emergencies*, 68–90.
- Kuligowski E. D., Mileti D. S.,** 2009. Modeling pre-evacuation delay by occupants in World Trade Center Towers 1 and 2 on September 11, *Fire Safety Journal*, 44, 487–496.
- Lo S.M., Huang H.C., Wang P., Yuen K.K.,** 2006. A game theory based exit selection model for evacuation, *Fire Safety Journal*, 41, 364–369.
- Macal C. M., North M. J.,** 2006. Tutorial on Agent Based Modeling and Simulation Part 2: How to Model with Agents, *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*.
- Nelson D.,** 2003. *The Penguin Dictionary of Mathematics*. London: Penguin, 178–179. ISBN 0-141-01077-0
- Nelson H.E., Mowrer W. M.,** 2002. Emergency movement, the SFPE, *Handbook of Fire Protection Engineering 2nd Edition*, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 3, 367-380.
- Nilson D., Frantzich H.,** 2010. Measurement techniques for unannounced evacuation experiments, *5th international conference on Pedestrian evacuation Dynamics*, Gaithersburg, MD.
- Notake H., Ebihara M., Yashiro Y.,** 2001. Assessment of legibility of egress route in a building from the view of evacuation behaviour, *Safety Science*, 38, 127–138.
- O’Sullivan D., Haklay M.,** 2000. Agent-Based and Individualism: Is the World Agent-Based?, *Environment and Planning A*, 32, 409-1425.
- Okazaki S., Matsushita S.,** 1993. A Study of Simulation Model for Pedestrian Movement with Evacuation and Queuing, *Proceedings of the International Conference on Engineering for Crowd Safety*, London.
- Olsson P. A. and Regan M. A.,** 2001. A Comparison between Actual and Predicted Evacuation Time, *Safety Science*, 38, 127-138.

- Pauls J.**, 1995. Movement of people, in: P.J. Dilenno, C.L. Beyer, R.L.P. Custer, W.D. Walton, J.M.W. Watts, D. Drysdale, J.R. Hall (Eds.), *The SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering*, second ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, 3-263–3-285.
- Pauls J.**, 1999. A Personal Perspective on Research, Consulting and Codes/Standards Development in Fire-Related Human Behaviour, 1969-1999, with an Emphasis on Space and Time Factors, *Fire and Materials*, 23, 265-272.
- Pelechano N., K. O'Brien, B. Silverman, N. Badler**, 2005. Crowd Simulation Incorporating Agent Psychological Models, Roles and Communication, *First International Workshop on Crowd Simulation (V-CROWDS'05)*, 21-30.
- Pelechano N., Malkawi A.**, 2008. Evacuation Simulation Models: Challenges in Modeling High Rise Building Evacuation with Cellular Automata Approaches, *Automation in Construction*, 17, 377–385
- Pheasant S.**, 1996. *Body space: Anthropometry*, Ergonomics and Design of Work, CRC press, London, 179-219.
- Predtechenskii V. M., Milinskii A. I.**, 1978. *Planning for Foot Traffic Flow in Buildings*, Amerind Publishing, Co. Pvt. Ltd., New Delhi.
- Proulx G.**, 2001. Occupant Behavior and Evacuation, *9th International Fire Protection Seminar*, Munich.
- Proulx G., Reid I. M. A.**, 2006. Occupant Behaviour and Evacuation during the Chicago Cook County Administration Building Fire, *Journal of Fire Protection Engineering*, 16, 283-309.
- Purser D. A., Bensilum M.**, 2001. Quantification of a Behaviour for Engineering Design Standards and Escape Time Calculations, *Safety Science*, 38, 157-182.
- Purser D. A.**, 1988. Toxicity assessment of combustion products, in: P.J. Dilenno, C.L. Beyer, R.L.P. Custer, W.D. Walton, J.M.W. Watts, D. Drysdale, J.R. Hall (Eds.), *The SFPE, Handbook of Fire Protection Engineering*, second ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1, 200–245.
- Purser D. A.**, 1995. Toxicity Assessment of Combustion Products, *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, National Fire Protection Association, Quincy, MA 02269, 2, 85–146.
- Reynolds C. W.**, 1987. Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model, *Computer Graphics*, 21, 4, 25-34
- Santos G., Aguirre B. E.**, 2004. A critical review of emergency evacuation simulation models, *Proceedings of the workshop On Building Occupant Movement during Fire Emergencies*, 27–52.
- Saunders W.**, 2001. Gender Differences in Response to Fires, *Proceedings of the 2nd International Conference*, MIT U.S.A.
- Schelhorn T., O'Sullivan D., Haklay M., Goodwin M. T.**, 1999. Streets: an Agent Based Pedestrian Model, *Casa Working Paper Series*, Paper 9.

- Sekizawa A., Ebihara M., Nakote H., Kubota K., Nakano M., Ohmiya Y. and Kaneko H.,** 1999. Occupant's Behaviour in Response to the High-rise Apartments Fire in Hiroshima City, *Fire and Materials*, 23,297-303.
- Shi J., Ren A., Chen C.,** 2009. Agent-based Evacuation Model of Large Public Buildings under Fire Conditions, *Automation in Construction*, 18, 338-347.
- Shi L., Xie Q., Cheng X., Chen L., Zhou Y., Zhang R.,** 2009. Developing a database for emergency evacuation model, *Building and Environment*, 44, 1724–1729.
- Sime J. D.,** 1992. Human Behaviour in Fires, Research Report 45, Office of Deputy Prime Minister, London.
- Still G. K.,** 2000. Crowd dynamics, *PhD Thesis*, University of Warwick, UK.
- Still G. K.,** Ministry of Haj, <http://www.crowddynamics.com>, 2006.
- Sullivan D, Haklay M.,** 2000. Agent-Based Models and Individualism: is the World Agent-Based?, *Environment and Planning A*, 32, 1409–1425.
- Tang F., Ren A.,** 2008. Agent-Based Evacuation Model Incorporating Fire Scene and Building Geometry, *Tsinghua Science and Technology*, 13-5, 708-714.
- Tavares R. M., Galea E.R.,** 2009. Evacuation Modelling Analysis within the Operational Research Context: A Combined Approach for Improving Enclosure Designs, *Building and Environment*, 44, 1005–1016.
- Thompson P, Marchant E.** 1995a. A Computer Model for the Evacuation of Large Building Population, *Fire Safety Journal*, 24,131–148.
- Thompson P. A., Marchant E. W.,** 1995b. Computer and Fluid Modelling of Evacuation, *Safety Science*, 18, 277–289.
- Torvi D. A., Hadjisophocleous G. V, Hum J.,** 2000. A New Method for Estimating the Effects of Thermal Radiation from Fires on Building Occupants, *Proceedings of the ASME Heat Transfer Division*, 65-72.
- Toyama M. C., Bazzan A. L. C., Da Silva R.,** 2006. An Agent-Based Simulation of Pedestrian Dynamics: From Lane Formation to Auditorium Evacuation, In: *Proceedings of the Fifth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems*, Hakodate, Japan, P, 108–10.
- Weckman, H., Lehtimaki, S., Mannikko, S.,** 1999. Evacuation of a Theatre: Exercise vs Calculations. *Fire and Materials* 23 (6), 357–361.
- Whiting P.N.,** 2005. A Review of International Research Efforts Related to Occupant Pre-movement Behaviour and Response Times in Fire, *BRANZ Study Report*, Australia.
- Wolfram S.,** 1983. Statistical Mechanics of Cellular Automata, *Reviews of Modern Physics*, 55, 601–44.
- Wood G. P.,** 1972. The Behavior of People in Fires, *Fire research note 953*, Building Research Establishment, United Kingdom.

- Xiaoping Z., Tingkuan Z., Mengting L.,** 2009. Modeling Crowd Evacuation of a Building Based on Seven Methodological Approaches, *Building and Environment*, 44, 3, 437-445.
- Zarboutis N. and Marmaras N.,** 2007. Design of Formative Evacuation Plans Using Agent-Based Simulation, *Safety Science*, 45, 920-940.
- Zheng M., Kushimoriz Y., Kumburai T.,** 2002. A Model Describing Collective Behaviors of Pedestrians with Various Personalities in Danger Situations, *Proceedings of the 9th International Conference on Neural Information Processing*, Vol 4.

EKLER

EK A: Anadolu insanının antropometrik boyutları

EK B: Anketler

EK C: Anketler

EK D: KBB Hizmet Binası planları

EK E: SPSS analiz sonucu

EK F: buildingEXODUS analiz sonuçları

EK G: *ABEvac* analiz sonucu

EK A: Anadolu insanının antropometrik boyutları

Çizelge A.1 : Kadın Bireylerin Yaşa Göre Boy Uzunluğu ortalamaları (cm) (Akın G., ve ark. 2006).

Yaş	Ortalama
20	158,6325
22	157,9336
24	157,2646
26	156,682
28	156,2076
30	155,8399
32	155,557
34	155,3038
36	155,0445
38	154,7613
40	154,4876
42	154,2402
44	154,011
46	153,8312
48	153,6737
50	153,4574
52	153,1419
54	152,7228
56	152,2311
58	151,7165
60	151,2093
62	150,7225
64	150,2518

Çizelge A.2 : Erkek Bireylerin Yaşa Göre Boy Uzunluğu Ortalama Değerleri (cm)
(Akın G., ve ark. 2006).

Yaş	Ortalama
20	172,9113
22	172,2477
24	171,5447
26	170,8659
28	170,2834
30	169,7782
32	169,2904
34	168,8071
36	168,3656
38	167,9704
40	167,5858
42	167,2141
44	166,8938
46	166,6413
48	166,4381
50	166,2827
52	166,1717
54	166,1036
56	166,0705
58	166,0563
60	166,0596
62	166,076
64	166,0951

Çizelge A.3 : Kadın Bireylerin Yaşa Göre Ağırlık Yüzdelik Değerleri (kg) (Akın G., ve ark. 2006).

Yaş	Ortalama
20	53,37
22	54,80
24	56,36
26	58,09
28	59,86
30	61,53
32	63,06
34	64,53
36	66,03
38	67,54
40	68,95
42	70,12
44	70,98
46	71,65
48	72,22
50	72,68
52	73,00
54	73,10
56	72,94
58	72,48
60	71,78
62	70,97
64	70,12

Çizelge A.4 : Erkek Bireylerin Yaşa Göre Ağırlık Yüzdelik Değerleri (kg) (Akın G., ve ark. 2006).

Yaş	Ortalama
20	67,77
22	68,50
24	69,22
26	70,07
28	71,14
30	72,32
32	73,45
34	74,39
36	75,09
38	75,56
40	75,84
42	76,04
44	76,29
46	76,63
48	77,02
50	77,43
52	77,84
54	78,23
56	78,54
58	78,78
60	78,96
62	79,07
64	79,14

Çizelge A.5 : Kadın bireylerin yaşa göre göğüs derinliği ortalaması (mm).

Yaş	Ortalama
20	176,1717
22	178,8839
24	181,7702
26	184,7517
28	187,6843
30	190,3309
32	192,6131
34	194,723
36	196,9862
38	199,5296
40	202,3499
42	205,287
44	208,0831
46	210,7369
48	213,213
50	215,4568
52	217,4683
54	219,331
56	221,011
58	222,4274
60	223,6275
62	224,7375
64	225,8403

Çizelge A.6 : Erkek bireylerin yaşa göre göğüs derinliği yüzdelik değerleri (mm).

Yaş	Ortalama
20	195,4527
22	196,853
24	198,4142
26	200,3791
28	202,7916
30	205,4584
32	208,1232
34	210,5558
36	212,6509
38	214,3466
40	215,6335
42	216,7263
44	217,8894
46	219,1567
48	220,55
50	222,1134
52	223,9119
54	225,9063
56	228,0877
58	230,4901
60	233,0468
62	235,641
64	238,2381

Çizelge A.7 : Kadın bireylerin yaşa göre basen çevresi yüzdelik değerleri (mm).

Yaş	Ortalama
20	929,0035
22	941,2516
24	954,576
26	968,9944
28	983,7265
30	997,6738
32	1010,563
34	1023,03
36	1035,822
38	1048,526
40	1060,279
42	1070,214
44	1078,182
46	1085,077
48	1091,394
50	1097,148
52	1101,877
54	1104,79
56	1105,408
58	1103,522
60	1099,686
62	1094,821
64	1089,532

Çizelge A.8 : Erkek bireylerin yaşa göre basen çevresi yüzdelik değerleri (mm).

Yaş	Ortalama
20	946,4202
22	948,6675
24	950,7396
26	953,4624
28	957,5391
30	962,5894
32	967,9257
34	972,8641
36	976,9718
38	979,8627
40	981,6849
42	983,1589
44	985,1314
46	987,7462
48	990,6495
50	993,6133
52	996,9008
54	1000,421
56	1003,777
58	1006,832
60	1009,515
62	1011,641
64	1013,537

Çizelge A.9 : Kadın bireylerin yaşa göre beden kitle indeksi yüzdelik değerleri
(kg/m²).

Yaş	Ortalama
20	21,14832
22	21,90761
24	22,71775
26	23,58298
28	24,4532
30	25,26903
32	26,01189
34	26,72187
36	27,45194
38	28,19795
40	28,9059
42	29,50737
44	29,97888
46	30,35545
48	30,67313
50	30,96263
52	31,22108
54	31,42679
56	31,54966
58	31,56435
60	31,48228
62	31,34782
64	31,19184

Çizelge A.10 : Erkek Bireylerin Yaşa Göre Beden Kitle indeksi Yüzdelik Değerleri (kg/m²).

Yaş	Ortalama
20	22,73972
22	23,14696
24	23,57635
26	24,05699
28	24,58758
30	25,13584
32	25,66352
34	26,12222
36	26,49086
38	26,77014
40	26,98446
42	27,17262
44	27,36688
46	27,57391
48	27,78528
50	27,98526
52	28,16854
54	28,32807
56	28,45599
58	28,55511
60	28,62779
62	28,66795
64	28,69019

EK B: Anketler

T.C. İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MİMARLIK FAKÜLTESİ
BİNA KULLANICI ANALİZ ANKET FORMU

Proje Adı : Binalarda Yaya Hareketinin Analizi Proje Ekibi : Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ Öğr. Gör. Neşe ÇAKICI ALP

Aşağıdaki her soruyu dikkatlice okuyup size uygunluk derecesine göre değerlendiriniz. Anket sorularını cevaplayarak çalışmaya verdiğiniz katkı için teşekkür ederiz.

Tüm bilgilerin sadece akademik amaçlı kullanılacağına ve saklı tutulacağına dair araştırma yürütücüleri tarafından teminat verilmektedir.
--

KULLANICI BİLGİLERİ

Doğum Yılı	Cinsiyet	Boy (cm)	Kilo (kg)	Bedensel Engelliniz var mı?

KULLANICI BİNA BİLGİSİ

Bulunduğunuz binada ne gibi bir göreviniz var?(öğrenci, öğretim elemanı, memur)

.....

1. Bulunduğunuz binada ne zamandır çalışıyorsunuz?

.....ay

2. Bulunduğunuz binada kaç adet çıkış kapısı var?

.....

3. Siz kaçinci katta çalışıyorsunuz?

.....

4. Genel olarak gün içinde binada nerede durursunuz?

.....

5. Daha önce bu binayı tahliye etmenize neden olan bir acil durumla karşılaştınız mı?

.....

6. Sorunun cevabı evet ise bu durum ne idi? Ne zaman olmuştu?

- a. Deprem olmuştu. sene önce
- b. katta yangın çıkmıştı. sene önce
- c. Tahliye tatbikatı yapılmıştı. sene önce
- d. sene önce

7. Bulunduğunuz binadaki acil çıkış rotasından haberdar mısınız?

.....

KULLANICI ACİL DURUM DAVRANIŞI

8. Yangını nasıl anladınız?

- a. Alevden
- b. Alarm sesinden
- c. Patlama sesinden
- d. Duman kokusundan
- e. Dumanın kendisinden
- f. Elektrik kesintisinden

- g. Binadaki gürültülerden
 - h. Binadaki diğer kişilerin beni uyarmasından
 - i. Etrafta itfaiye çalışanı veya aracı olmasından
 - j.
9. Yangını algıladığınızda binanın neresindeydiniz?
- a. Odamdaydım
 - b. Kahve molasındaydım
 - c. Tuvaletteydim
 - d.
10. Binada yangın çıktığını fark ettiğinizde,
- a. Umursamadım.
 - b. Hafif bir endişe duydum.
 - c. Kafam karıştı.
 - d. Heyecanlandım.
 - e. Korktum.
 - f. Hemen kaçmak istedim.
11. Bu hisleriniz daha sonra nasıl gelişti ve değişti?
- a. arttı
 - b. azaldı
 - c.
12. Çalıştığınız binada yangın çıktığında ilk yaptığınız şey ne oldu?
-
-
13. Yangınla karşılaştığınızda nasıl davrandınız?
- a. Elim ayağım dolaştı, bir müddet sonra kendime geldim.
 - b. Şoka girdim, olduğum yerde kala kaldım.
 - c. Acil duruma neden olan durumu merak ettim.
 - d. Hemen bir plan yaparım ve plana göre davranırım.
 - e.
14. Çalıştığınız binada yangın çıktığında kaçmadan önce yaptığınız 5 eylemi önceliklerine göre sıralar mısınız?
- İtfaiyeyi ararım.
 - İşime devam ederim.
 - Bilgisayarımı kapatırım.
 - Yangın alarmına basarım.

- Kişisel eşyalarımı toplarım.
- Binadan hemen uzaklaşıyorum.
- Yangının çıktığı noktaya giderim.
- Etraftaki yanıcı maddeleri kaldırırım.
- Birilerine itfaiyeyi aramasını söylerim.
- Yangın alanına bakan tüm kapıları kapatırım.
- Binada tanıdığım ve sevdiğim kişileri uyarırım.
- Binadan kaçamayacak durumdaki yaşlı ve özürllülere yardım ederim
- Yangının çıktığı noktaya gidip kontrol altına alınmasına yardımcı olurum.
- Acil durumlarda görevli olduğum için acil durum görevimin başına geçerim.
- Acil durumlarda binadan uzaklaştırmam gereken evrak ve değerli şeyleri yanıma alırım.

15. Tahlie sırasında hangi çıkış kapısını kullandınız?

- a. Her zaman kullandığınız çıkış kapısını kullandım
- b. Farklı bir çıkış kapısı kullandım
- c. Camdan çıktım

16. Yangın sırasında kullandığınız çıkış rotasını ne sıklıkla kullanırsınız?

- a. Her zaman
- b. Haftada bir
- c. Ara sıra
- d. İlk defa kullandım.

17. İlk seçtiğiniz çıkış rotasını değiştirdiniz mi?

- a. Evet
- b. Hayır

18. İlk seçtiğiniz çıkış rotasını değiştirdiysezi sebebi ne olabilirdi?

- a. Çoğunluğun farklı yönlenmesi
- b. Seçtiğim çıkış rotası bloke olması
- c. Mesai arkadaşlarımdan yönlendirmesi
- d. Güvenlik memurlarının farklı yönlendirmesi

19. Binada yangın olduğunu bildiğiniz halde kaçmak istemediysezi bunun nedeni ne olur?

- a. Kadere inandığım için.
- b. Yangına müdahale etmek için.
- c. Binadaki diğer insanları uyarmak için.
- d. Binadaki diğer insanlara yardım etmek için.

- e. Yardıma ihtiyacım olduğunu düşündüğüm için.
- f. Duman ya da ateşle yüzleşmek istemediğim için.
- g. Sağlık problemlerim nedeni ile kaçamayacağım için.
- h. Binadaki panik ortamının yatışmasını beklediğim için.
- i. Bu konu ile ilgili görevli kişilerden açıklama beklediğim için.
- j. İtfaiyenin mutlaka gelip beni kurtaracağından emin olduğum için.
- k. Yangının gerçek bir durum olup olmadığına karar veremediğim için.
- l.

20. Yangın esnasında binayı terk ederken,

- a. Her zaman yürüdüğüm hızda yürüyerek terk ettim.
- b. Her zaman yürüdüğümde daha hızlı yürüyerek terk ettim.
- c. Koşarak terk ettim.
- d. Önüme çıkan engelleri bile savurarak terk ettim.

21. Bulunduğunuz katı terk ederken herhangi bir tıkanıklıkla karşılaştınız mı?

- a. Hayır
- b. Biraz
- c. Gittikçe azalan bir yoğunluk vardı
- d. Çok yoğun ve endişe verici bir durum vardı

22. Yangın esnasında kaçarken dumanla karşılaştınca ne yaptınız?

- a. Dumanın içine girdim ve çıkışa ulaşmaya çalıştım.
- b. Başka bir kaçış yolu bulmaya çalıştım.
- c. Güvenli bir yer veya sığınak bulup itfaiyenin gelip beni kurtarmasını bekledim.
- d.

23. Merdivenlerde herhangi bir panikle karşılaştınız mı?

- a. Hayır
- b. Biraz
- c. Gittikçe azalan bir yoğunluk vardı
- d. Çok yoğun ve endişe verici bir durum vardı

24. Sonuçta binayı

- a. Kendi başıma tahliye edebildim.
- b. İtfaiye erlerinden yardım alarak tahliye ettim.
- c. Binada bulunan diğer kişilerden yardım alarak terk ettim.
- d.

25. Eğer bulunduğunuz alanda panik veya tıkanıklık olursa (olsaydı) nasıl

davrandınız?

.....
.....
.....

26. Binayı tahliye ettikten sonra yeniden binaya girmeniz gerekiyse bunun nedeni ne oldu?

- a. İçeride kalan insanlara yardım etmek için.
- b. Alarma basmak için.
- c. İtfaiyeyi aramak için.
- d. İtfaiye erlerini yönlendirmek için.
- e. İçeride kalan eşyalarımı almak için.
- f. Elektrik ve gaz hattını kapatmak için.
- g. Yangına müdahale etmek için.
- h. Binadaki acil durum görevimi yapmak için.
- i. İnsanlara binayı boşaltmalarını söylemek için.
- j. Açık unuttuğum kapı ve pencereleri kapatmak için.
- k.

Değerli katkılarınızdan dolayı teşekkür ederiz.

EK C: Anketler

T.C. İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MİMARLIK FAKÜLTESİ
BİNA KULLANICI ANALİZ ANKET FORMU

Proje Adı	: Binalarda Yaya Hareketinin Analizi
Proje Ekibi	: Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ Öğr. Gör. Neşe ÇAKICI ALP

Aşağıdaki her soruyu dikkatlice okuyup size uygunluk derecesine göre değerlendiriniz. Anket sorularını cevaplayarak çalışmaya verdiğiniz katkı için teşekkür ederiz.

Tüm bilgilerin sadece akademik amaçlı kullanılacağına ve saklı tutulacağına dair araştırma yürütücüleri tarafından teminat verilmektedir.
KULLANICI BİLGİLERİ

Adınız soyadınız:

Doğum Yılı	Cinsiyet	Boy (cm)	Kilo (kg)	Bedensel Engelliniz var mı?
------------	----------	----------	-----------	-----------------------------

--	--	--	--	--

KULLANICI BİNA BİLGİSİ

Bulunduğunuz binada ne gibi bir göreviniz var?

.....

27. Bulunduğunuz binada ne zamandır çalışıyorsunuz?

.....

28. Bulunduğunuz binada kaç adet çıkış kapısı var?

.....

29. Bulunduğunuz bina kaç katlı?

.....

30. Siz kaçinci katta çalışıyorsunuz?

.....

31. Genel olarak gün içinde binada nerede durursunuz?

.....

32. Daha önce bu binayı tahliye etmenize neden olan bir acil durumla karşılaştınız mı?

a. Evet

b. Hayır

33. 6. Sorunun cevabı evet ise bu durum ne idi? Ne zaman olmuştu?

a. Deprem olmuştu. sene önce

b. katta yangın çıkmıştı. sene önce

c. Tahliye tatbikatı yapılmıştı. sene önce

d. sene önce

34. Yaşanan bu tahliyede binayı terk etmiş miydiniz?

a. Evet

b. Hayır çünkü.....

35. Bulunduğunuz binada nasıl bir tahliye yöntemi olduğunu düşünüyorsunuz?

Binayı tahliye etmeniz gerekse nasıl tahliye etmeniz gerekir?

.....
.....
.....
.....

36. Bulunduğunuz binada acil durumlarda saklanmanıza yardımcı olacak ve sizi tehlikeden koruyacak sığınaklar var mı?

a. Evetkatta

b. Hayır

37. Bulunduğunuz binadaki acil çıkış rotasından haberdar mısınız?

a. Evet

b. Hayır

KULLANICI ACİL DURUM DAVRANIŞI

38. Bulunduğunuz binada alarm çalsa ne düşünürsünüz?

a. Biri alarmla oynuyor

b. Tahliye tatbikatı yapılıyor

c. Binada önemsiz bir problem var

d. Yangın çıktı veya acil bir durum söz konusu.

39. Çalıştığınız binada tahliyeyi gerektiren bir durum olup olmadığına nasıl kanaat edersiniz?

a. Alevden

b. Alarm sesinden

c. Patlama sesinden

d. Duman kokusundan

e. Dumanın kendisinden

f. Elektrik kesintisinden

g. Binadaki gürültülerden

h. Binadaki diğer kişilerin beni uyarmasından

i. Etrafta itfaiye çalışanı veya aracı olmasından

j.

40. Çalıştığınız binada yangın çıkarsa ilk yapacağınız şey ne olurdu?

.....
.....
.....
.....

41. Acil bir durumla karşılaştığınız zamanlarda nasıl davranırsınız?

a. Elim ayağım dolaşır, bir müddet sonra kendime gelirim.

b. Şoka girerim, olduğum yerde kala kalırım.

c. Acil duruma neden olan durumu merak ederim.

d. Hemen bir plan yaparım ve plana göre davranırım.

e.

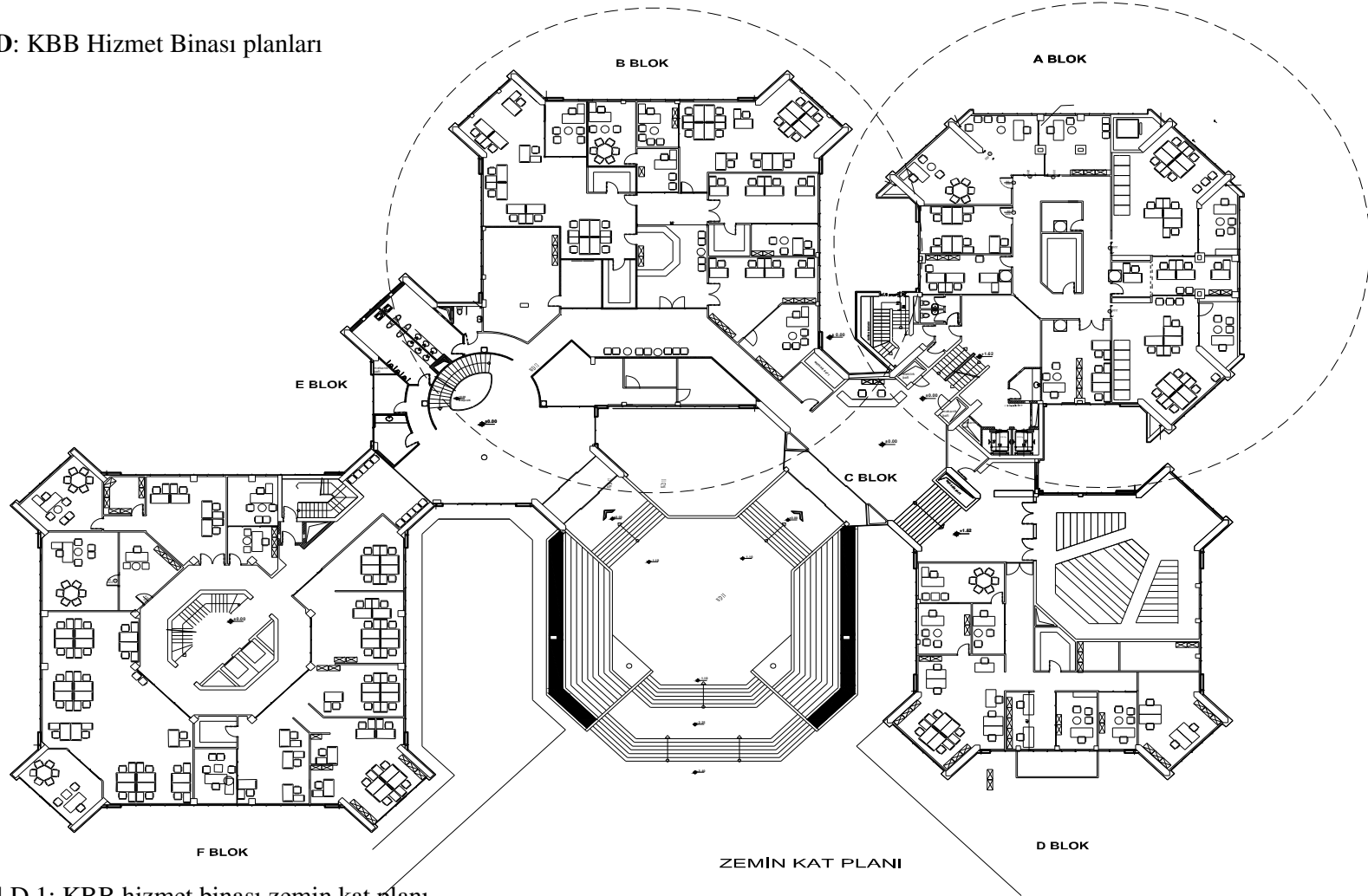
42. Binada yangın çıktığını fark ettiğinizde,
- Küçük bir yangındır söner diye düşünüp pek önemsemem.
 - Bekleyip gelişmeleri izlerim.
 - Yangına müdahale etmeye çalışırım.
 - Çok korkarım ve hemen binayı terk ederim.
43. Çalıştığınız binada yangın çıkarsa ilk yapacağınız 5 eylemi önceliklerine göre sıralar mısınız?
- İtfaiyeyi ararım.
- İşime devam ederim.
- Bilgisayarımı kapatırım.
- Yangın alarımına basarım.
- Kişisel eşyalarımı toplarım.
- Binadan hemen uzaklaşıyorum.
- Yangının çıktığı noktaya giderim.
- Etraftaki yanıcı maddeleri kaldırırım.
- Birilerine itfaiyeyi aramasını söylerim.
- Yangın alanına bakan tüm kapıları kapatırım.
- Binada tanıdığım ve sevdiğim kişileri uyarırım.
- Binadan kaçamayacak durumdaki yaşlı ve özürlülere yardım ederim
- Yangının çıktığı noktaya gidip kontrol altına alınmasına yardımcı olurum.
- Acil durumlarda görevli olduğum için acil durum görevimin başına geçerim.
- Acil durumlarda binadan uzaklaştırmam gereken evrak ve değerli şeyleri yanıma alırım.
44. Binada yangın olduğunu bildiğiniz halde kaçmak istemezseniz bunun nedeni ne olabilir?
- Kadere inandığım için.
 - Yangına müdahale etmek için.
 - Binadaki diğer insanları uyarmak için.
 - Binadaki diğer insanlara yardım etmek için.
 - Yardıma ihtiyacım olduğunu düşündüğüm için.
 - Duman ya da ateşle yüzleşmek istemediğim için.
 - Sağlık problemlerim nedeni ile kaçamayacağım için.
 - Binadaki panik ortamının yatışmasını beklediğim için.
 - Bu konu ile ilgili görevli kişilerden açıklama beklediğim için.
 - İtfaiyenin mutlaka gelip beni kurtaracağından emin olduğum için.

- k. Yangının gerçek bir durum olup olmadığına karar veremediğim için.
- l.
45. Bulunduğunuz binada yangın çıksa ve binayı terk etmeniz gerekse nereye yönelirsiniz?
- a. Asansöre
- b. Pencereye
- c. Merdivenlere
- d. Acil kaçış merdivenine
- e.
46. Bulunduğunuz binada yangın çıksa ve binayı terk etmeniz gerekse hangi çıkış kapısına yönelirsiniz?
- a. Her zaman kullandığım çıkışa
- b. Bana o an en yakın olana
- c. O an birlikte hareket ettiğim grubun yöneldiği kapıya
- d. Güvenlik memurlarının ya da itfaiye erlerinin yönlendirdiği çıkışa
- e.
47. Binayı acil bir durumdan dolayı terk etmem gerekse,
- a. Her zaman yürüdüğüm hızda yürüyerek terk ederim.
- b. Her zaman yürüdüğümden daha hızlı yürüyerek terk ederim.
- c. Koşarak terk ederim.
- d. Önüme çıkan engelleri bile savurarak terk ederim.
48. Binayı terk ederken kaçış yolunuzu duman kaplarsa ne yapardınız?
- a. Dumanın içine girerim ve çıkışa mutlaka ulaşmaya çalışırım.
- b. Başka bir kaçış yolu bulmaya çalışırım.
- c. Güvenli bir yer veya sığınak bulup itfaiyenin gelip beni kurtarmasını beklerdim.
- d.
49. Binayı tahliye ettikten sonra yeniden binaya girmeniz gerekse binaya girme nedeniniz ne olurdu?
- a. Yardım etmek için.
- b. Alarma basmak için.
- c. İtfaiyeyi aramak için.
- d. İtfaiye erlerini yönlendirmek için.
- e. İçeride kalan eşyalarımı almak için.
- f. Elektrik ve gaz hattını kapatmak için.
- g. Binadaki diğer insanları kurtarmak için.

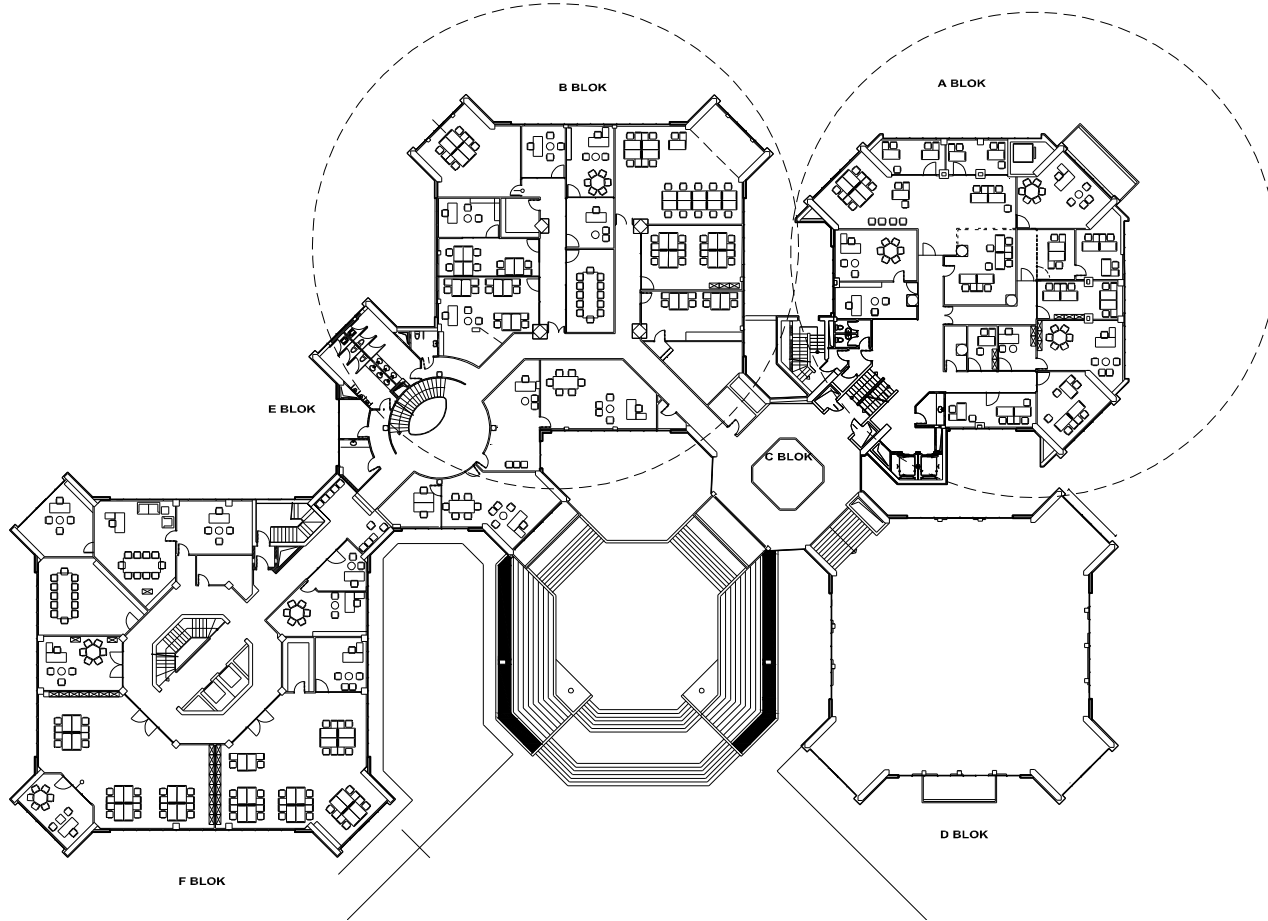
- h. Binadaki acil durum görevimi yapmak için.
- i. İnsanlara binayı boşaltmalarını söylemek için.
- j. Açık unuttuğum kapı ve pencereleri kapatmak için.
- k.

Değerli katkılarınızdan dolayı teşekkür ederiz.

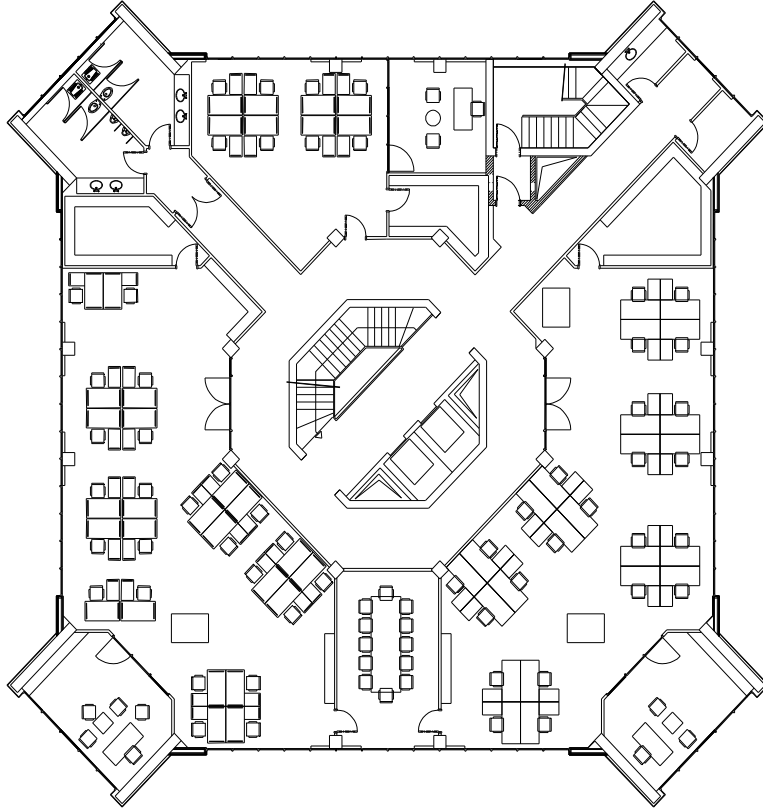
EK D: KBB Hizmet Binası planları



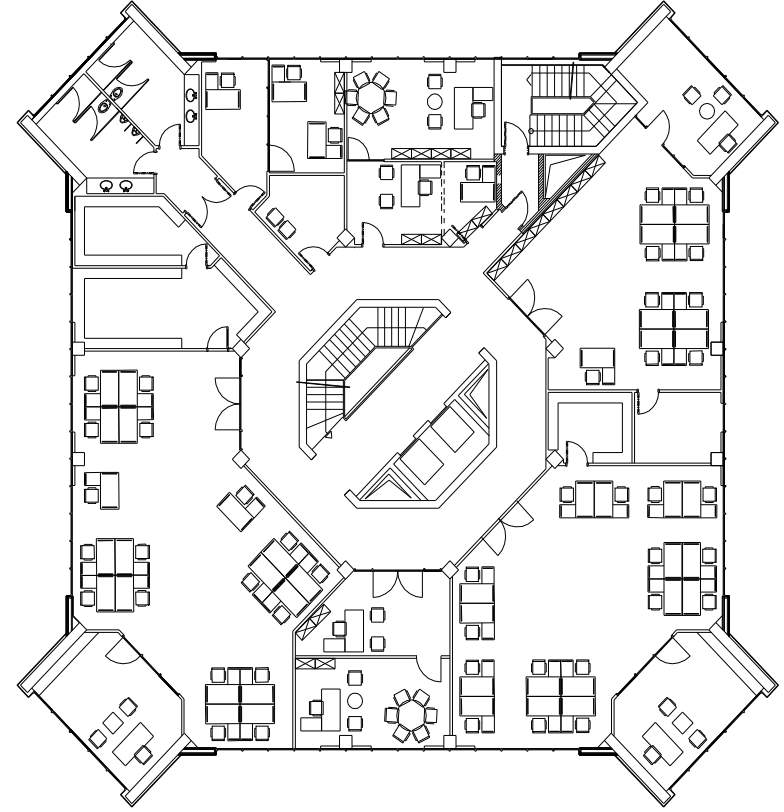
Şekil D.1: KBB hizmet binası zemin kat planı.



Şekil D.2: KBB hizmet binası 1. kat planı.

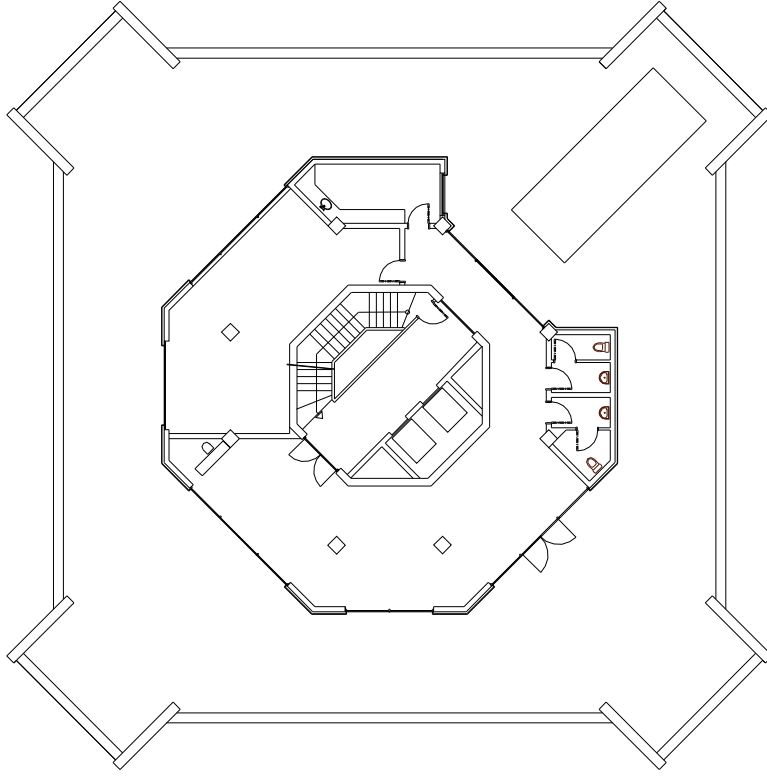


F BLOK

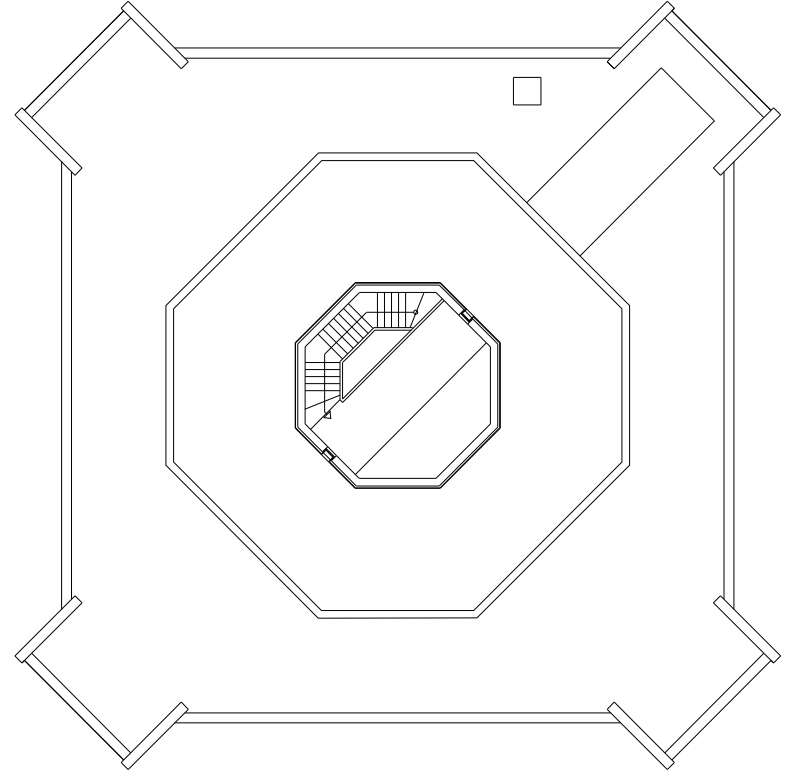


F BLOK

Şekil D.3: KBB hizmet binası 2 ve 3. kat planı.



F BLOK



F BLOK

Şekil D.4: KBB hizmet binası teras ve makine dairesi planı.

EK E: SPSS analiz sonucu
Çizelge E. 1: Analiz sonucu.

	Bulunduğunuz binada ne zamandır çalışıyorsunuz	Kullanıcı yaşı	Kullanıcı cinsiyeti	Kullanıcının ikamet ettiği kat	
N	Valid	117	114	118	120
	Missing	4	7	3	1
Mean	2,98	2,75	1,47	,54	
Median	3,00	3,00	1,00	,00	
Mode	4	2	1	0	
Skewness	-,016	-,030	,138	,790	
Std. Error of skewness	,224	,226	,223	,221	
Kurtosis	-,396	-,874	-2,016	-,411	
Std. Error of kurtosis	,444	,449	,442	,438	

EK F: buildingEXODUS analiz sonuçları

Pos	Gender	Start Node	Target	Age	Name	Response	End Node	Status	Distance	PET
1	Male	2296	Door_1	42	zeki_ayhan	0	Door_1	Alive	16,04	12,23
2	Male	3148	Door_1	36	BAHADIR_TELL	4	Door_1	Alive	15,62	16,04
3	Female	7469	Door_1	32	ayt • _aydemir	0	Door_1	Alive	26,41	23,32
4	Male	1252	Door_1	42	AZEM_ATMACA	17	Door_1	Alive	14,24	28,12
5	Male	7755	Door_1	37	erhan_y□lmaz	0	Door_1	Alive	28,35	29,16
6	Male	1419	Door_1	35	ertan_軻kin	15	Door_1	Alive	19,36	29,75
7	Male	7734	Door_1	47	sabahatin_鄧dem	0	Door_1	Alive	35,32	34,86
8	Male	5830	Door_1	33	ADEM_ALBAYRAK	26	Door_1	Alive	11,86	35,53
9	Female	1143	Door_1	28	leyla_ヰzkaya	32	Door_1	Alive	8,41	39,23
10	Male	7736	Door_1	45	m • ahit	1	Door_1	Alive	35,2	40,69
11	Male	5831	Door_1	20	SAADETツN_TツMUR	31	Door_1	Alive	13,99	41,95
12	Male	7468	Door_1	34	ismail_tekin	11	Door_1	Alive	25,91	46,53
13	Male	7730	Door_1	32	servet_y□ld□z_	0	Door_1	Alive	59	47,48
14	Male	1191	Door_1	45	ATツLLA_ヰNER	40	Door_1	Alive	11,33	49,18
15	Male	7748	None	34	Adnan_i□輅	11	Door_1	Alive	26,94	52,36
16	Male	1119	Door_1	47	SERDAR_PツR	45	Door_1	Alive	13,24	55,45
17	Female	7467	Door_1	24	nihal_軻tin	7	Door_1	Alive	33,62	58,19
18	Male	7717	Door_1	38	ali_aydemir	0	Door_1	Alive	54,1	64,03
19	Male	7729	Door_1	34	arif_sar□yer	0	Door_1	Alive	56,89	69,86
20	Female	5824	Door_1	39	belgin_ho□g軻	36	Door_1	Alive	33,62	75,69
21	Female	5826	Door_1	29	g • ay_ko軻k	37	Door_1	Alive	32,91	81,53
22	Female	7465	Door_1	32	g • □en	37	Door_1	Alive	34,32	87,36
23	Female	5825	Door_1	38	necla_karakaza	54	Door_1	Alive	30,08	93,19
24	Female	5823	Door_1	43	emine_altayl□	52	Door_1	Alive	33,7	99,03

25	Female	739	Door_1	37	SERAP_AKSOY	109	Door_1	Alive	16,07	121,34
26	Male	526	Door_1	34	SERHAT_ERAT	122	Door_1	Alive	23,86	139,53
27	Male	5829	Door_1	34	SAᵐM_HAHOLU	140	Door_1	Alive	14,69	151,42
28	Male	5828	Door_1	40	ATᵐLLA_YᵐGᵐT	190	Door_1	Alive	19,69	204,75

EK G: ABEvac analiz sonucu

ZEKİ AYHAN:	Algılama bitti.	0
SABAHATTİN ÖZDEMİR:	Algılama bitti.	0
AYTÜL AYDEMİR:	Algılama bitti.	0
ERHAN YILMAZ:	Algılama bitti.	0
ALİ AYDEMİR:	Algılama bitti.	0
ARİF SARIYER:	Algılama bitti.	0
SERVET TEKİN:	Algılama bitti.	0
SERHAT ERAT:	Algılamaya başladı.	0
SERAP AKSOY:	Algılamaya başladı.	0
LEYLA ÖZKAYA:	Algılamaya başladı.	0
ERKAN ÇEKİN:	Algılamaya başladı.	0
ZEKİ AYHAN:	Algılamaya başladı.	0
AZEM ATMACA:	Algılamaya başladı.	0
ATILLA ÖNER:	Algılamaya başladı.	0
SERDAR PİR:	Algılamaya başladı.	0
ADEM ALBAYRAK:	Algılamaya başladı.	0
SALİM HAHOLU:	Algılamaya başladı.	0
SAADETTİN TİMURCA:	Algılamaya başladı.	0
ATILLA YİĞİT:	Algılamaya başladı.	0
SABAHATTİN ÖZDEMİR:	Algılamaya başladı.	0
MÜT:	Algılamaya başladı.	0
NECLA:	Algılamaya başladı.	0
EMİNE ALTAYLI:	Algılamaya başladı.	0
BELGİN:	Algılamaya başladı.	0
GÜLAY KOÇAK:	Algılamaya başladı.	0
NİHAL:	Algılamaya başladı.	0
GÜLŞEN:	Algılamaya başladı.	0
AYTÜL AYDEMİR:	Algılamaya başladı.	0
İSMAİL TEKİN:	Algılamaya başladı.	0
ADNAN İŞÇİ:	Algılamaya başladı.	0
ERHAN YILMAZ:	Algılamaya başladı.	0
ALİ AYDEMİR:	Algılamaya başladı.	0
ARİF SARIYER:	Algılamaya başladı.	0
SERVET TEKİN:	Algılamaya başladı.	0
BAHTİYAR TELLİ:	Algılamaya başladı.	0
ZEKİ AYHAN:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	0
SABAHATTİN ÖZDEMİR:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	0
AYTÜL AYDEMİR:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	0
ERHAN YILMAZ:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	0
ALİ AYDEMİR:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	0
ARİF SARIYER:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	0
SERVET TEKİN:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	0
MÜT:	Algılama bitti.	1000
MÜT:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	1000

BAHTİYAR TELLİ:	Algılama bitti.	4000
BAHTİYAR TELLİ:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	4000
AYTÜL AYDEMİR:	Merdiven inmeye başlıyor.	5459,97074
AYTÜL AYDEMİR:	Merdivenlere ulaştı.	5459,97074
NİHAL:	Algılama bitti.	7000
NİHAL:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	7000
AYTÜL AYDEMİR:	Merdivenlerden en alt kata indi.	8459,97074
AYTÜL AYDEMİR:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	8459,97074
İSMAİL TEKİN:	Algılama bitti.	11000
ADNAN İŞÇİ:	Algılama bitti.	11000
İSMAİL TEKİN:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	11000
ADNAN İŞÇİ:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	11000
SABAHATTİN ÖZDEMİR:	Merdiven inmeye başlıyor.	12151,246
SABAHATTİN ÖZDEMİR:	Merdivenlere ulaştı.	12151,246
MÜT:	Merdiven inmeye başlıyor.	13002,4442
MÜT:	Merdivenlere ulaştı.	13002,4442
ERHAN YILMAZ:	Merdiven inmeye başlıyor.	13648,4143
ERHAN YILMAZ:	Merdivenlere ulaştı.	13648,4143
ZEKİ AYHAN:	Çıkışa ulaştı.	13879,9438
AYTÜL AYDEMİR:	Çıkışa ulaştı.	14244,0755
ERKAN ÇEKİN:	Algılama bitti.	15000
ERKAN ÇEKİN:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	15000
SABAHATTİN ÖZDEMİR:	Merdivenlerden en alt kata indi.	15151,246
SABAHATTİN ÖZDEMİR:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	15151,246
İSMAİL TEKİN:	Merdiven inmeye başlıyor.	15159,2078
İSMAİL TEKİN:	Merdivenlere ulaştı.	15159,2078
MÜT:	Merdivenlerden en alt kata indi.	16002,4442
MÜT:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	16002,4442
ERHAN YILMAZ:	Merdivenlerden en alt kata indi.	16648,4143
ERHAN YILMAZ:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	16648,4143
AZEM ATMACA:	Algılama bitti.	17000
AZEM ATMACA:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	17000
İSMAİL TEKİN:	Merdivenlerden en alt kata indi.	18159,2078
İSMAİL TEKİN:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	18159,2078
NİHAL:	Merdiven inmeye başlıyor.	20607,8071
NİHAL:	Merdivenlere ulaştı.	20607,8071
BAHTİYAR TELLİ:	Çıkışa ulaştı.	22259,7034
ERHAN YILMAZ:	Çıkışa ulaştı.	22426,7029
NİHAL:	Merdivenlerden en alt kata indi.	23607,8071
NİHAL:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	23607,8071
İSMAİL TEKİN:	Çıkışa ulaştı.	23937,4517
ADNAN İŞÇİ:	Merdiven inmeye başlıyor.	24401,8667
ADNAN İŞÇİ:	Merdivenlere ulaştı.	24401,8667
ARİF SARIYER:	Merdiven inmeye başlıyor.	24544,5731
ARİF SARIYER:	Merdivenlere ulaştı.	24544,5731
ADEM ALBAYRAK:	Algılama bitti.	26000

ADEM ALBAYRAK:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	26000
SERVET TEKİN:	Merdiven inmeye başlıyor.	26274,6317
SERVET TEKİN:	Merdivenlere ulaştı.	26274,6317
ADNAN İŞÇİ:	Merdivenlerden en alt kata indi.	27401,8667
ADNAN İŞÇİ:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	27401,8667
ARİF SARIYER:	Merdivenlerden en alt kata indi.	27544,5731
ARİF SARIYER:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	27544,5731
ALİ AYDEMİR:	Merdiven inmeye başlıyor.	27897,2682
ALİ AYDEMİR:	Merdivenlere ulaştı.	27897,2682
SERVET TEKİN:	Merdivenlerden en alt kata indi.	29274,6317
SERVET TEKİN:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	29274,6317
NİHAL:	Çıkışa ulaştı.	29392,7565
AZEM ATMACA:	Çıkışa ulaştı.	30275,1726
ALİ AYDEMİR:	Merdivenlerden en alt kata indi.	30897,2682
ALİ AYDEMİR:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	30897,2682
SAADETTİN TİMURCA:	Algılama bitti.	31000
SAADETTİN TİMURCA:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	31000
LEYLA ÖZKAYA:	Algılama bitti.	32000
LEYLA ÖZKAYA:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	32000
ERKAN ÇEKİN:	Çıkışa ulaştı.	32269,4153
ADNAN İŞÇİ:	Çıkışa ulaştı.	33180,1106
ARİF SARIYER:	Çıkışa ulaştı.	33322,8169
SERVET TEKİN:	Çıkışa ulaştı.	35052,8666
BELGİN:	Algılama bitti.	36000
BELGİN:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	36000
ALİ AYDEMİR:	Çıkışa ulaştı.	36675,6158
GÜLAY KOÇAK:	Algılama bitti.	37000
GÜLŞEN:	Algılama bitti.	37000
GÜLAY KOÇAK:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	37000
GÜLŞEN:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	37000
ADEM ALBAYRAK:	Çıkışa ulaştı.	37710,3368
SABAHATTİN ÖZDEMİR:	Çıkışa ulaştı.	38890,3276
MÜT:	Çıkışa ulaştı.	39741,8341
ATİLLA ÖNER:	Algılama bitti.	40000
ATİLLA ÖNER:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	40000
LEYLA ÖZKAYA:	Çıkışa ulaştı.	41692,4227
SAADETTİN TİMURCA:	Çıkışa ulaştı.	44976,9391
SERDAR PİR:	Algılama bitti.	45000
SERDAR PİR:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	45000
ATİLLA ÖNER:	Çıkışa ulaştı.	50308,5881
GÜLAY KOÇAK:	Merdiven inmeye başlıyor.	50498,9106
GÜLAY KOÇAK:	Merdivenlere ulaştı.	50498,9106
BELGİN:	Merdiven inmeye başlıyor.	50826,9732
BELGİN:	Merdivenlere ulaştı.	50826,9732
EMİNE ALTAYLI:	Algılama bitti.	52000
EMİNE ALTAYLI:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	52000

GÜLŞEN:	Merdiven inmeye başlıyor.	52001,6309
GÜLŞEN:	Merdivenlere ulaştı.	52001,6309
GÜLAY KOÇAK:	Merdivenlerden en alt kata indi.	53498,9106
GÜLAY KOÇAK:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	53498,9106
BELGİN:	Merdivenlerden en alt kata indi.	53826,9732
BELGİN:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	53826,9732
NECLA:	Algılama bitti.	54000
NECLA:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	54000
GÜLŞEN:	Merdivenlerden en alt kata indi.	55001,6309
GÜLŞEN:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	55001,6309
SERDAR PİR:	Çıkışa ulaştı.	56939,2943
GÜLAY KOÇAK:	Çıkışa ulaştı.	59283,3842
BELGİN:	Çıkışa ulaştı.	59610,6413
GÜLŞEN:	Çıkışa ulaştı.	60785,7357
EMİNE ALTAYLI:	Merdiven inmeye başlıyor.	65591,3837
EMİNE ALTAYLI:	Merdivenlere ulaştı.	65591,3837
NECLA:	Merdiven inmeye başlıyor.	66699,0715
NECLA:	Merdivenlere ulaştı.	66699,0715
EMİNE ALTAYLI:	Merdivenlerden en alt kata indi.	68591,3837
EMİNE ALTAYLI:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	68591,3837
NECLA:	Merdivenlerden en alt kata indi.	69699,0715
NECLA:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	69699,0715
EMİNE ALTAYLI:	Çıkışa ulaştı.	74374,8774
NECLA:	Çıkışa ulaştı.	75482,7395
SERAP AKSOY:	Algılama bitti.	109000
SERAP AKSOY:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	109000
SERHAT ERAT:	Algılama bitti.	122000
SERHAT ERAT:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	122000
SERAP AKSOY:	Çıkışa ulaştı.	125188,695
SALİM HAHOLU:	Algılama bitti.	140000
SALİM HAHOLU:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	140000
SERHAT ERAT:	Çıkışa ulaştı.	145321,309
SALİM HAHOLU:	Çıkışa ulaştı.	153724,911
ATILLA YİĞİT:	Algılama bitti.	190000
ATILLA YİĞİT:	Normal çıkışa yol hesaplıyor.	190000
ATILLA YİĞİT:	Çıkışa ulaştı.	208514,209

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Neşe ÇAKICI ALP

Doğum Yeri ve Tarihi: Sarıkamış, 1977

Adres: Kocaeli

Lisans Üniversitesi: Trakya Üniversitesi, Mimarlık Mühendislik Fakültesi, Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans Üniversitesi: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü.

Yayın Listesi:

- Çakıcı N., Çağdaş G., (2010), Etmen Tabanlı Bina Tahliye Modeli, Mimarlıkta Sayısal Tasarım 2010 Ulusal Sempozyumu, YTU, İstanbul.
- Çakıcı N., Yüksek Yapılarda Yangın Tahliye Süresi ve Modellenmesi, Mimarlık Dergisi, Sayı 358, sf. 41.
- Öven V. A., Çakıcı N., (2009), 'Modelling and Analysis of the Evacuation a Tall Office Building in Istanbul, Fire Safety Journal, V. 44-1, sf. 1-15.
- Çakıcı N., (2005), 'Using buildingEXODUS for Evacuation Analysis of a Tall Building in Istanbul, Five Minutes for Survive Years to Recover, ITU.
- Öven V. A., Çakıcı N., 'Yapılarda Acil Boşaltım Analizi', II. Yangın Sempozyumu ve Sergisi (Uluslararası katılımlı), sf. 179-193, Ankara.
- Öven V. A., Çakıcı N., Parlak İ., Pekdemir D., (2003), 'İstanbul'da 17 Ağustos Sonrası Tahribatsız Beton Mukavemet Ölçümleri', II. Uluslararası Tahribatsız Muayene Sempozyum ve Sergisi, İstanbul.
- Öven V. A., Çakıcı N., (2002) 'Olası Bir Yangın İçin Kocaeli-Körfez İlçesi Dolum Tesislerinde Yangın Etkilerinin İncelenmesi', Yangın ve Güvenlik Dergisi, 67, 32-38.

Hakemlik

- Tanaka T. , Nii D., Yamaguchi J., Notake H., Ikehata Y., The Risk-based Evacuation Safety Design Method and Its Practicability in the Safety Verification of Realistic Buildings, 8th asia oceania symposium on fire science and technology, Melbourne, 2010.