

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM SONRASINDA ALGILAYICILAR KULLANILARAK GEÇİŞ
ALANLARINDA HASARA BAĞLI BLOKAJ TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak ÖZBAŞ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

OCAK 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM SONRASINDA ALGILAYICILAR KULLANILARAK GEÇİŞ
ALANLARINDA HASARA BAĞLI BLOKAJ TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Burak ÖZBAŞ
(501111105)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

Tez Danışmanı: Y. Doç. Dr. Esin ERGEN PEHLEVAN

OCAK 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501111105 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Burak ÖZBAŞ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“DEPREM SONRASINDA ALGILAYICILAR KULLANILARAK GEÇİŞ ALANLARINDA HASARA BAĞLI BLOKAJ TESPİTİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Esin Ergen PEHLEVAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Mehmet Uğur MÜNGEN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Sanem Sariel TALAY
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **17 Aralık 2012**
Savunma Tarihi : **25 Ocak 2013**

Canım aileme ve arkadaşlarıma,

ÖNSÖZ

Yüksek lisansımın bu son adımını atmadan önce aşağıdaki birkaç satırı büyük bir keyifle yazıyorum.

Tüm yüksek lisans eğitimim, projem ve tez çalışmam boyunca yanında çalışmaktan onur duyduğum, tecrübelerinden yararlandığım ve bu süreç boyunca bana göstermiş olduğu sabır ve hoşgöründen ötürü hocam Yrd.Doç.Dr. Esin Ergen Pehlevan’a,

Gerek tezime, gerek proje çalışmalarına büyük katkılarından ve anlayışlarından ötürü Araş.Gör. Gürşans Güven’e ve Tuluhan Ergin’e

Bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan, desteklerini bir an olsun esirgemeyen aileme,

Tüm çalışmalarımın öncesinde ve sonrasında bana destek olan, hayata bağlayan arkadaşlarım Doğukan, Onur, Buşra, Batıkan, Gamze, Ekrem, Ozan, Anıl, Muhammet, Buse, Nehir, Veli, Berker, Özhan, Melih, Caner, Ece, Uğur, Selen, Sinem, Hatice, Gözde, Ahmet, Samet, Dinçer ve Vehbi’ye,

Yüksek lisansım süresince bende emeği geçen tüm İTÜ Yapı İşletmesi Programı hocalarıma ve

Tezimin TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından desteklenen 109M263 nolu “Binalarda Çeşitli Tehlikelerin Yaratdığı Acil Durumlar İçin Eş Zamanlı Hasar Tespit, Yerel Tahliye, Yönlendirme ve Yönetim Modeli” başlıklı EVRENA projesi kapsamında bilgiler içermesinden ötürü yazarlara ve TÜBİTAK’a çok teşekkür ederim.

Ocak 2013

Burak ÖZBAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Vizyon ve Çalışmanın Kapsamı	4
1.3 Tezin Yöntemi.....	6
1.4 Organizasyon.....	7
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	9
2.1 İnşaat Dışı Sektörlerde Verilerin Birleştirme Yöntemlerinin Kullanımı	9
2.2 İnşaat Sektöründe Algılayıcı Verisinin Eş-Zamanlı Olarak Kullanımı.....	10
2.3 İnşaat Sektöründe Algılayıcı Verilerinin Hasar Tespitinde Kullanımı	11
3. ALGILAYICI ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ	13
3.1 Jiroskop	13
3.2 İvmeölçer.....	13
3.3 Ultrasonik Mesafe Ölçer (UMÖ)	14
3.4 Kapalı Devre Kablosu (KDK).....	15
3.5 Görüntü İşleme (Yazılımsal ve Donanımsal).....	15
4. HASAR TESPİT MODELİ PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ	17
4.1 Maketin Yapısal ve Elektronik Aksamı	17
4.1.1 Maketin yapısal aksamı.....	17
4.1.2 Maketin elektronik aksamı	20
4.2 Makette Kullanılan Cihazların Yerleşimi.....	20
4.3 Yapılan Deneyler ve Bu Deneylerin Sonuçlarının Anlamlandırılması	22
5. DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ	23
5.1 Kamera Görüntü İşleme Yaklaşımları.....	23
5.1.1 Koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren yöntemler .	23
5.1.1.1 Birinci yöntem (elips yöntemi)	23
5.1.1.2 İkinci yöntem	26
5.1.2 Düğüm düğüm gözlemleyerek değerlendiren yöntem (ideal yöntem).....	27
5.2 Kapalılık Sınıflandırmaları.....	27
5.2.1 Kapalılık harf notları	28
5.2.2 Uzman görüşü değerlendirmeleri.....	29
5.2.3 Deney sonuçlarının çizelgeleştirilmesi	33
6. DENEYLERDEN ELDE EDİLEN VERİLERİN YORUMLANMASI.....	35
6.1 Algılayıcılardan Gelen Hatalı Sonuçların Tespiti	35
6.2 Algılayıcıların Elemanların Durumlarını Tespit Etme Başarıları	39

6.2.1 Aynı tip algılayıcıların elemanın durumunu değerlendirmesi.....	39
6.2.1.1 KDK algılayıcılarının asma tavan durumlarını anlamadaki başarısı .	41
6.2.1.2 KDK algılayıcılarının dolap durumlarını anlamadaki başarısı	41
6.2.1.3 KDK algılayıcılarının duvar durumlarını anlamadaki başarısı	42
6.2.1.4 UMÖ algılayıcılarının asma tavan durumlarını anlamadaki başarısı.	43
6.2.1.5 UMÖ algılayıcılarının duvar durumlarını anlamadaki başarısı.....	44
6.2.1.6 Elemanın durumunu değerlendirme sonuçlarının kıyaslanması	45
6.2.2 Aynı tip algılayıcıların düğümün durumunu değerlendirmesi	45
6.2.2.1 KDK algılayıcılarının düğümün durumunu anlamadaki başarısı.....	46
6.2.2.2 UMÖ algılayıcılarının düğümün durumunu anlamadaki başarısı	48
6.2.2.3 Kameranin düğümün durumunu anlamadaki başarısı	50
6.3 Algılayıcı Verilerinin Birleştirilmesi (Sensor Fusion)	54
6.3.1 Duvar KDK'lerinden alınan verilerin birleştirilmesi	54
6.3.2 Dolap KDK'lerinden alınan verilerin birleştirilmesi	55
6.3.3 Asma tavan algılayıcı verilerinin birleştirilmesi	56
6.3.4 Duvar algılayıcı verilerinin birleştirilmesi	57
6.3.5 Kamera verilerinin birleştirilmesi	57
6.3.6 Farklı tip algılayıcıların düğüm bazında ortak değerlendirilmesi	58
6.3.6.1 Tüm algılayıcıların birlikte değerlendirilmesi.....	58
6.3.6.2 Elips yöntemi ile UMÖ algılayıcılarının birleştirilmesi.....	59
6.3.6.3 İkinci yöntem ile UMÖ algılayıcılarının birleştirilmesi.....	61
6.3.6.4 İdeal yöntem ile UMÖ algılayıcılarının birleştirilmesi	62
6.3.7 Karar ağacı yaklaşımı.....	63
6.3.7.1 Weka yazılımına veri girişinin yapılması.....	65
6.3.7.2 Özelliklerin önem katsayılarının (rank) değerlendirilmesi	66
6.3.7.3 Hata matrisi	71
6.3.7.4 Karar ağacı sonuçlarının geçerlilik sınama amacıyla kullanılması ...	74
7. MALİYET ANALİZİ.....	83
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ.....	105

KISALTMALAR

.N1	: 1. Düğüm
.N2	: 2. Düğüm
.N3	: 3. Düğüm
A	: Hasar öncesi ortalama açıklık oranı
a	: Asma Tavan
B	: Hasar sonrası ortalama açıklık oranı
C	: Şerit değişim oranı
d	: Dolap
dv	: Duvar
KDK	: Kapalı Devre Kablosu
UMÖ	: Ultrasonik Mesafe Ölçer

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Algılayıcı tiplerinin kullanımları, üstünlükleri, zayıflıkları.	16
Çizelge 4.1 : Geniş koridor düzeneğine yerleştirilen algılayıcılar.	21
Çizelge 5.1 : Şerit değişim oranına karşılık gelen kapalılık durumu değerleri.	26
Çizelge 5.2 : Kapalılık sınıflandırmaları ve açıklamaları.	27
Çizelge 5.3 : Kamera kapalılık yüzdelere denk gelen harf notları.	29
Çizelge 5.4 : Dar koridor uzman görüşleri.	31
Çizelge 5.5 : Geniş koridor uzman görüşleri.	32
Çizelge 5.6 : Deney verileri çizelge başlıkları.	33
Çizelge 6.1 : Düğüm bazında geniş ve dar koridor düğüm adetleri.	35
Çizelge 6.2 : Yanlış negatif ve yanlış pozitif durumları.	36
Çizelge 6.3 : Yanlış negatif, yanlış pozitif dağılım çizelgesi.	37
Çizelge 6.4 : Kısaltmalar.	40
Çizelge 6.5 : KDK-Asma tavan başarımlık yüzdesi.	41
Çizelge 6.6 : KDK-Dolap başarımlık yüzdesi.	42
Çizelge 6.7 : KDK-Duvar başarımlık yüzdesi.	43
Çizelge 6.8 : UMÖ-Asma tavan başarımlık yüzdesi.	44
Çizelge 6.9 : UMÖ-Duvar başarımlık yüzdesi.	45
Çizelge 6.10 : KDK-Düğüm başarımlık yüzdesi.	47
Çizelge 6.11 : Düğüm bazında UMÖ birleşik sonuçları.	49
Çizelge 6.12 : UMÖ-Düğüm başarımlık yüzdesi.	50
Çizelge 6.13 : Yuvarlama kuralları.	51
Çizelge 6.14 : Kapalılık harf notu kuralları.	52
Çizelge 6.15 : Elips yöntemi-Düğüm başarımlık yüzdesi.	52
Çizelge 6.16 : İkinci yöntem-Düğüm başarımlık yüzdesi.	53
Çizelge 6.17 : İdeal yöntem-Düğüm başarımlık yüzdesi.	54
Çizelge 6.18 : Duvarlardaki KDK'lerin değerlendirilmesi.	55
Çizelge 6.19 : Dolaplardaki KDK'lerin değerlendirilmesi.	56
Çizelge 6.20 : Asma tavanlardaki KDK ve UMÖ'lerin değerlendirilmesi.	56
Çizelge 6.21 : Duvarlardaki KDK ve UMÖ'lerin değerlendirilmesi.	57
Çizelge 6.22 : Kamera tipleri – Başarımlık yüzdeleri.	58
Çizelge 6.23 : UMÖ-Elips yöntemi başarımlık yüzdesi.	60
Çizelge 6.24 : UMÖ-Elips yöntemi birleşik başarımlık yüzdeleri.	61
Çizelge 6.25 : UMÖ-İkinci yöntem başarımlık yüzdesi.	61
Çizelge 6.26 : UMÖ-İkinci yöntem birleşik başarımlık yüzdesi.	61
Çizelge 6.27 : UMÖ-İdeal yöntem başarımlık yüzdesi.	62
Çizelge 6.28 : UMÖ-İdeal yöntem birleşik başarımlık yüzdesi.	63
Çizelge 6.29 : Karar ağacında kullanılan özellikler.	65
Çizelge 6.30 : Özellik değerlendirme algoritması ile oluşturulan sıralama.	67
Çizelge 6.31 : Özelliklerin aldığı değerler ve anlamları.	68
Çizelge 6.32 : Asma tavan algılayıcıları önem katsayıları.	69
Çizelge 6.33 : Asma tavan için UMÖ algılayıcısının değerlendirilmesi.	70

Çizelge 6.34 : Duvar algılayıcıları önem katsayıları.	70
Çizelge 6.35 : Koridor algılayıcıları önem katsayıları.	70
Çizelge 6.36 : C4.5 algoritması hassasiyet ve anımsama değerleri.	72
Çizelge 6.37 : C4.5 algoritması hata matrisi.	72
Çizelge 6.38 : REPTree algoritması hassasiyet ve anımsama değerleri.	73
Çizelge 6.39 : REPTree algoritması hata matrisi.	73
Çizelge 7.1 : Pilot binanın sistem maliyeti ve maliyet unsurları.	84
Çizelge 7.2 : Pilot binanın UMÖ ve kamerasız maliyeti.	85
Çizelge 7.3 : Pilot binanın birinci yöntemli kamera ile maliyeti.	85
Çizelge 7.4 : Pilot binanın ikinci yöntemli kamera ile maliyeti.	85
Çizelge 7.5 : Pilot binanın ideal yöntemli kamera ile maliyeti.	86
Çizelge 7.6 : Pilot binanın azaltılmış KDK ile maliyeti.	87
Çizelge 7.7 : UMÖ-Birinci yöntem başarımlık yüzdesi.	88
Çizelge 7.8 : Pilot binanın UMÖ ve birinci yöntemi kullanan kamera ile maliyeti.	88
Çizelge 7.9 : UMÖ-Birinci yöntem başarımlık yüzdesi.	88
Çizelge 7.10 : UMÖ-İkinci yöntem başarımlık yüzdesi.	89
Çizelge 7.11 : Pilot binanın UMÖ ve ikinci yöntemi kullanan kamera ile maliyeti.	89
Çizelge 7.12 : UMÖ-İkinci yöntem başarımlık yüzdesi.	89
Çizelge 7.13 : UMÖ-İdeal yöntem başarımlık yüzdesi.	90
Çizelge 7.14 : Pilot binanın UMÖ ve ideal yöntem kamerası ile maliyeti.	90
Çizelge 7.15 : UMÖ-İdeal yöntem birleşik başarımlık yüzdesi.	91
Çizelge 7.16 : Farklı maliyet kombinasyonları ve doğruluk yüzdeleri.	91
Çizelge 8.1 : Asma tavan değerlendirme kuralı.	94

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Ülkemizde yaşanan “Afet” türleri (Akdağ, 2002).....	1
Şekil 1.2 : Tez çalışmasının vizyonu.	5
Şekil 1.3 : Tezin yöntemi.	6
Şekil 3.1 : Jiroskop.	13
Şekil 3.2 : İvmeölçer.	14
Şekil 3.3 : Ultrasonik mesafe ölçer.	14
Şekil 3.4 : UMÖ’nün dolgu duvarı denetlemesi için yerleştirilmesi.	14
Şekil 3.5 : Asma tavana yerleştirilmiş olan KDK algılayıcısı.	15
Şekil 3.6 : Yerel bilgisayar sisteminin temsili şeması (Birgönül ve diğ., 2012).	16
Şekil 4.1 : Deney düzeneğinin plandan görünümü.	17
Şekil 4.2 : Deney düzeneğinin 3 boyutlu görünümü ve ölçüleri.	18
Şekil 4.3 : Deney düzeneğinin plan görünümü ve ölçüleri.	18
Şekil 4.4 : Plan görünümünde duvarların üzerindeki kapalı devre kabloları.	18
Şekil 4.5 : Asma tavan detayı ve boyutlarının yandan görünüşü.	19
Şekil 4.6 : Asma tavanların yerleşimi ve algılayıcı bağlantıları.	19
Şekil 4.7 : Dolapların geniş koridor düzeneğindeki yerleşimi.	20
Şekil 4.8 : (a) Algılayıcıların konumları, (b) Elemanların konumları.	21
Şekil 4.9 : Kameranın (a) konumu (b,c) deney sırasında çekilmiş fotoğrafı.	21
Şekil 5.1 : Hasarsız koridorda elips yöntemi.	24
Şekil 5.2 : Hasarlı koridorda elips yöntemi.	24
Şekil 5.3 : Hasar öncesi ve sonrası çizilen elipsler ile geçiş alanı.	24
Şekil 5.4 : Hasar öncesi çizilen elips ile dikdörtgenin kesişimi.	25
Şekil 5.5 : Hasar sonrası çizilen elips ile dikdörtgenin kesişimi.	25
Şekil 5.6 : Kapalılık sınıflandırmalarını örnekleyen deney fotoğraflar.	28
Şekil 6.1 : Duvar KDK’lerinde yanlış negatif durumlarına örnekler.	37
Şekil 6.2 : Dolap KDK’lerinde yanlış negatif durumlarına örnekler.	38
Şekil 6.3 : Asma tavan KDK’lerinde yanlış negatif durumlarına örnekler.	38
Şekil 6.4 : Duvar KDK’lerinde yanlış pozitif durumu.	39
Şekil 6.5 : Dolap KDK’lerinde yanlış pozitif durumları.	39
Şekil 6.6 : KDK-Asma tavan değerlendirilmesi.	41
Şekil 6.7 : KDK-Dolap değerlendirilmesi.	42
Şekil 6.8 : KDK-Duvar değerlendirilmesi.	43
Şekil 6.9 : UMÖ-Asma tavan değerlendirmesi.	44
Şekil 6.10 : UMÖ-Duvar değerlendirilmesi.	45
Şekil 6.11 : KDK-Düğüm durumu değerlendirilmesi.	47
Şekil 6.12 : UMÖ-Düğüm durumu değerlendirilmesi.	48
Şekil 6.13 : İkinci yöntem örnek fotoğrafı.	52
Şekil 6.14 : İdeal yöntem ile farklı derinlikteki düğüm	53
Şekil 6.15 : Farklı tip algılayıcıların düğümü ortak değerlendirmesi.	59
Şekil 6.16 : C4.5 algoritması karar ağacı.	76
Şekil 6.17 : REPTree algoritması karar ağacı.	80

DEPREM SONRASINDA ALGILAYICILAR KULLANILARAK GEÇİŞ ALANLARINDA HASARA BAĞLI BLOKAJ TESPİTİ

ÖZET

Yalnızca İstanbul'da gerçekleşebilecek depremlerin senaryolaştırılmış sonuçları incelendiğinde, can kayıplarının tüm İstanbul nüfusunun %0,2'sine ve yapısal hasar kaynaklı mali kaybın 26 Milyar TL'ye varabileceği görülmüştür. Ekonomiyi olumsuz etkileyen ve ülkemizde gerçekleşen afetlerin büyük bir kısmını oluşturan depremler sonucunda meydana gelen can kayıplarını en aza indirmek için bina sakinleri ve acil kurtarma ekipleri için eş zamanlı olarak yapılarda oluşan hasar bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Geçiş alanlarında oluşan blokaj bilgisinin eş-zamanlı olarak sağlanması ile gerekli noktalarda kullanılabilir hale gelecektir.

Bu tez çalışmasında yapı içerisinde bulunan gerek yapısal, gerek yapısal olmayan elemanların durumları hakkında veri sağlayabilecek şekilde kapalı devre kabloları, ultrasonik mesafe ölçerler ve kameralar yapı içerisine yerleştirilmiş ve deprem ile eş zamanlı olarak veri aktarımları sağlanmıştır. Farklı tür algılayıcılardan elde edilen, farklı özellikteki veriler ortak bir biçimde ifade edilerek(1,0) anlamlandırılmıştır. Manuel olarak yapılacak değerlendirmelerde kullanılmak üzere, kameralardan elde edilen görüntü verileri için derinlik algılayabilen bir yöntem ve derinlik algılamadan geçiş alanının tamamını değerlendiren iki yöntem tanımlanmıştır.

Verilerin anlamlandırılmasından ve kamera görüntü işleme yöntemlerinin belirtilmesinden sonra, çalışma grubu içerisinde yer aldığım TÜBİTAK projesi kapsamında seçilen pilot binanın geniş ve dar koridor modeli üzerinde deprem senaryoları gerçekleştirilmiştir. Kapalı devre kabloları ve ultrasonik mesafe ölçerler dolap, duvar ve asma tavan gibi yapısal olmayan elemanlar üzerine yerleştirilmiş ve toplamda 168 geniş koridor, 21 dar koridor deneyi gerçekleştirilmiştir.

Deneyler sonucunda algılayıcılardan elde edilen veriler ile ilk olarak her bir algılayıcının denetlemesi gereken elemanın durumunu tek başına tespit edebilme başarısı manuel olarak irdelenmiştir. Sonrasında tek tip algılayıcı türünün ve kameranın bir geçiş alanını değerlendirme başarısı ayrı ayrı tespit edilmiştir. Algılayıcıların elemanları değerlendirmedeki başarı sonuçları göz önünde bulundurularak elde edilen verilerin birleştirilmesi ile algılayıcıların beraber kullanılması sonucunda blokajı tespit edebilme başarısına sağlanabilecek katkılar araştırılmıştır.

Gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan veriler C4.5 ve REPTree algoritmaları ile karar ağacı oluşturmada kullanılmış, karar ağacı sonuçları ile manuel olarak gerçekleştirilen sonuçların birbirini ne oranda destekledikleri değerlendirilmiştir. Karar ağacı dışında 6 farklı algoritma (GainRatioAttributeEval, ChiSquaredAttributeEval, FilteredAttributeEval, OneRAttributeEval, ReliefFAttributeEval, SymmetricalUncertAttributeEval) ile geçiş alanının durumunu değerlendirmede kullanılan algılayıcı verilerinin önem katsayıları belirlenmiş ve manuel olarak yapılan değerlendirmelerin doğruluğu desteklenmiştir. Son olarak,

farklı sayıda ve türde algılayıcı içeren sistemlerin farklı yapılarda kullanılmasına olanak sağlamak amacıyla pilot binanın hasar tespit doğruluk oranlarını ve maliyet analizlerini içeren bir çizelge oluşturulmuş ve ideal olan sistemler belirtilmiştir.

Genel anlamda, geçiş alanlarının blokaj seviyelerini belirlemede kullanılacak algılayıcıların ne şekilde anlamlandırılması ve birleştirilmesi gerektiği konusunda çalışma gerçekleştirilmiştir. Tüm elemanların durumunu belirlemede KDK'lerin UMÖ algılayıcılarından daha başarılı sonuç verdikleri belirlenmiştir. Kamera görüntü işleme yöntemleri karşılaştırıldığında, derinlik algılayabilen yöntemin geçiş alanının blokaj seviyesinin tespitinde en başarılı yöntem olduğu ve UMÖ algılayıcısı ile bu tespitin daha da güçlendirilebileceği gözlemlenmiştir. Maliyet analizi sonucunda ise en ideal sistemin %96 doğruluk oranına sahip yalnızca KDK'lerin kullanıldığı sistem olduğu sonucuna varılmıştır. %92 doğruluk seviyesi ile KDK miktarlarında azaltma gerçekleştirmek ve maliyeti azaltmak da mümkün olabilmektedir.

Bu çalışma yardımıyla geliştirilebilecek bilgisayar sistemi, acil durum ekipleri ve bina sakinleri için ihtiyaç duyulan bilgilere zamanında ulaşılabilmesine olanak sağlayacaktır. Acil durum ekipleri yapının aldığı hasar bilgisi ile daha fazla hasar ve can kaybı meydana gelmeden öncelikli müdahale gerektiren noktalara yönelebileceklerdir. Bina sakinleri ise, deprem ile eş zamanlı olarak çalışır durumda olan bir yönlendirme modeli ile aşına olmadıkları bir yerde dahi en elverişli çıkış yolunu bulabileceklerdir.

THE ASSESSMENT OF BLOCKAGE RELATED TO DAMAGE IN TRANSITION AREAS AFTER EARTHQUAKE WITH SENSORS

SUMMARY

The economic damage from natural disasters has been doubled by 10 in the past 50 years. Earthquakes cause unpreventable direct impacts like economic damages and live lose as they can collapse buildings but in most cases, most of the structures remain in the safety limit like in Gölcük earthquake on 17 August 1999 in Turkey. To lower the damage from earthquakes, which have the biggest percentage of disasters that occur in our country, there is a need for the information about the blockage related to damage in transition areas in buildings. This information can be used both by the occupants inside the structure and by the emergency rescue teams for the determination of the shortest path to safe zone. Although some other kinds of information are available at about the buildings structural system, these kinds of real-time information were not available since now for both parts.

According to this deficiency, in this thesis ultrasonic distance measurement tools, closed circuit cables and cameras were used to obtain the information about the situation of both structural and non-structural elements in buildings. By the help of this information, blockage level caused by elements in transition areas of structures was aimed to be determined. A three-story pilot university structure was selected in Nevşehir and 1/3 scaled prototype models of wide and narrow corridors were created in 109M263 numbered TÜBİTAK project that I have been involved.

In wide corridor prototype model suspended ceilings, wardrobes and walls were placed where in narrow corridor prototype model only wardrobes and walls were used for the blockage tests. Ultrasonic distance measurement tools were used on suspended ceilings and walls one on each to detect their final situations after disaster. One ultrasonic distance measurement tool was placed bottom of the upper floor, above the suspended ceiling to watch that specific suspended ceiling and one ultrasonic distance measurement tool was placed opposite of a wall to watch that specific wall's situation after disaster. As the suspended ceiling' final situation was thought to be in seven different situations after disaster, four closed circuit cables were used on suspended ceilings. Only two closed circuit cables were used on walls and, two closed circuit cables were used on wardrobes to detect their final situations. The camera was placed to detect whole transition areas blockage level instead of a single non-structural element's final situation. Related with the structure's story area, 2 to 3 accelerometers were determined in TÜBİTAK project to be used as triggers for the sensors to start sensing with the earthquake. Gyroscopes were decided to be used on several columns in story to determine the structural final situation of the building. Although the transition area in real buildings with a damaged column planned to be considered as blocked, as the structural system of the 1/3 scaled prototypes were not damaged with real earthquakes, any of the accelerometers or gyroscopes were used on tests.

After that, 168 wide corridor tests and 21 narrow corridor tests were performed according to the previously specified earthquake scenarios in TÜBİTAK project. The data were collected with the placed sensors in all tests. The data collected from ultrasonic distance measurement tool was in meters where closed circuit cable was in 1 and 0 and, camera was in image format. To strengthen the information's reliability about the structural and non-structural elements' final situation, data fusion was needed. In addition, to perform the fusion of the data collected from different kind of sensors, all data were organized in 1, 0 format. For ultrasonic distance measurement tool, threshold values were determined for elements individually, considering collected values from tests in TÜBİTAK project. If the ultrasonic distance measurement tools sensed value exceeds the threshold value, the output was 1 and the detected element considered as damaged. Otherwise, elements situation detected with ultrasonic distance measurement tool remained as 0.

For the camera, one perspective detectable and two non-detectable in total three different image processing systems were introduced and used to determine the transitions areas' blockage level. All three systems general idea was similar as they all calculate the first accessible part of the transition area and compare it with the final situation. From A to E, with 20% increment five class intervals were determined for the camera results and a table was created according to this consideration of the ratios.

To start with, all collected sensor data were compared with the real element situations viewed from external camera records and all false negative, false positive situations were detected. The values detected were analyzed to understand the causes and noted for further experiments to prevent collecting that kind of unexpected values. In this thesis, all false negative and false positive values were used for calculations as they were considered that they may also appear in real life and also it was one of the main aims to determine every sensors performance on detecting the elements final situation.

Data obtained from different sensors on different non-structural elements were evaluated separately and manually to specify every sensor' success on determining every element's final situation individually. All sensors were compared on their performance detecting different kind of non-structural elements. Then, a manual study was performed for every kind of sensor placed on different non-structural elements in a transition area to determine the success of sensors on detecting transition areas final situation. To enhance the success level of sensors on detecting the transition areas blockage level, considering the success levels obtained from previous study, the data were fused. First, fusion was performed on single elements, with same kind of sensors like two closed circuit cables on wardrobes or on walls. Then, both ultrasonic distance measurement tools and closed circuit cables sensors were fused on elements and enhance to the damage detection levels was observed. To observe the ultrasonic distance measurement tools contribution to the camera image processing results, both data were fused with three different processing systems.

Next, manually obtained data were supported by decision trees for validation. C4.5 algorithm was selected as it was widely used for that kind decision tree systems and ranker method was used for attribute ranking as it was defined as the processor of the C4.5 algorithm. In addition, a decision tree with REPTree algorithm was created, as it was known to be faster than C4.5 algorithm. 24 input and 1 output attributes were

entered as data to Weka program to obtain trees. Confusion matrixes' recall and precision values were evaluated to compare the effectiveness of decision tree algorithms and C4.5 performed better in both recall and precision values.

Then attributes' rankings were obtained with 6 different attribute evaluator algorithms (GainRatioAttributeEval, ChiSquaredAttributeEval, FilteredAttributeEval, OneRAttributeEval, ReliefFAttributeEval, SymmetricalUncertAttributeEval). GainRatioAttributeEval was used to rank all 24 attributes in tests where the rest of the algorithms were just used to rank and compare closed circuit cables' and ultrasonic distance measurement tools' success on detecting suspended ceilings and, walls and transition areas' final situations. As previously found from manually performed calculations, closed circuit cables were performed better performance on detecting transition areas', suspended ceilings' and walls' final situation compared to ultrasonic distance measurement tools.

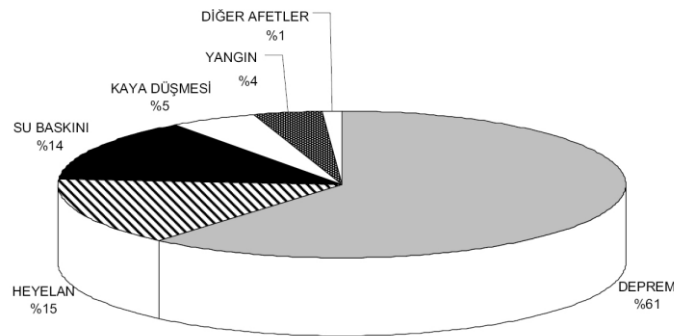
For last, the cost analysis of different kinds of sensor-involved systems had been made in previously selected pilot model. The sensors were considered as they were placed in the same way as they have been used in prototype during the tests. Nine different selections of sensors were listed in a table with their success in detection of the transition areas final situation. The one that only includes closed cable circuit sensors were determined as one of the cheapest and the most successful with 96% success percentage. The second successful one was determined with some reduction in the numbers of closed circuit cable sensors on walls and on wardrobes with a success percentage of 92%. Any of the camera' image processing systems seem as it was contributing to the results as their success were clearly low. The maximum camera success percentage was 52% and obtained from the perspective detectable processing system.

It was concluded as closed circuit cables performed better on detecting all elements and transition areas situations compared to ultrasonic distance meters and cameras. However, ultrasonic distance meters strengths the information obtained from closed circuit cables in element level. As with the selected processing systems, cameras' success levels were low, they were not useful for the fusion. Besides that, the processing systems can be upgraded and they can be useful for detecting transition areas' blockage level without any visual pollution in the area as the processing systems can be set in security cameras.

From the results obtained from this study, the information needed for the emergency rescue teams and occupants can be generated during the earthquakes. According to the damage information about the building, emergency rescue teams will be able to response through less blocked transition areas and avoid more live loses. In addition, occupants can be directed with a visual system, even if they were not familiar with the building. It is proposed that, more and different earthquake scenarios for different pilot models should be created for this work. Although the system mentioned in this thesis was validated, as the more scenarios will be performed, the more system will reflect the real earthquake situation.

1. GİRİŞ

Dünya Doğayı Koruma Vakfı'nın (World Wild Fund for Nature) yaptığı araştırmalara göre son 50 yılda doğal afetlerden dolayı kaynaklanan ekonomik zarar 10 katına çıkmıştır (Stern, 2010). Ülkemizde de ekonomik zararlara yol açan doğal afetler sıkça yaşanmakta ve bu afetlerin %61 gibi büyük bir kısmını depremler oluşturmaktadır (Şekil 1.1). Afet sonrası oluşan bu ekonomik zararları ve can kayıplarını azaltmak amacıyla bina sakinlerinin ve müdahale ekiplerinin planlama ve karar alma aşamalarında yardımcı olmak üzere, ihtiyaç duydukları bina ve bina çevresi ile ilgili bilgilere ulaşmaları önem arz etmektedir (Harris, 2005). Bu bilgiler ışığında zamanında ve etkin bir şekilde bina sakinlerinin binadan uzaklaştırılması ve acil durum müdahale ekiplerinin ihtiyaç olunan noktalara yönlendirilmesi sağlanabilir. Ancak, bu tür bilgiler, acil durum müdahale ekipleri, bina sakinleri için genelde mevcut değildir (Jones ve Bukowski, 2001; Evans vd., 2005; Son ve Pena Mora, 2006). Bu nedenle, deprem gibi acil yardım gerektiren bir tehlikeden hemen sonra hasarlı durumdaki binanın hızlı ve güvenli bir şekilde boşaltılması ve dışarıdan gelecek ekiplerin öncelikli olarak bu alanlara yönlendirilmesi için herhangi bir yapının göreceği hasara bağlı olarak, geçiş alanlarının kullanımını engelleyen (blokaja neden olan) elemanların tahmin edilmesini sağlayacak bir yönteme bu ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 1.1 : Ülkemizde yaşanan “Afet” türleri (Akdağ, 2002).

Hasara bağlı blokajın tahmin edilebilmesi için hem yapısal hem yapısal olmayan elemanların geçiş alanlarını ne ölçüde bloke ettiği bilgisine ihtiyaç vardır. Yapısal

olamayan elemanlar hakkında bilgi edinilmesinin gerekli olmadığı, can kayıplarının yalnızca binanın yıkılması sonucu gerçekleştiği konusunda yaygın bir kanı olmasına karşın, yapısal olmayan elemanlarda meydana gelen hasarlardan ötürü, acil çıkış yollarında blokaj meydana gelmekte, ciddi sayılarda yaralanmalar ve can kayıpları oluşmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde 1999 İzmit ve Düzce depremlerinde hasarlı binaların yalnızca %5'ini tamamen yıkılan binaların oluşturduğu görülmektedir. Çoğu orta hasarlı ve ağır hasarlı hatta bazı az hasarlı binalarda, yapısal olmayan tehlikeler ciddi yaralanma ve maddi kayıplara sebep olmuştur (AHEB, 2004). Boğaziçi Üniversitesi, Afete Hazırlık Eğitim Biriminin yayınlamış olduğu kitapçığa göre 1999 İzmit depremindeki yaralanmaların %50'si, ölümlerin %3'ü yine yapısal olmayan elemanlardan kaynaklanmıştır (Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Afete Hazırlık Eğitim Birimi, 2005). Bu nedenle yapısal ve yapısal olmayan elemanların yıkılması veya hasar görmeleri ile kısmen veya tamamen bloke olan geçiş alanlarının tespit edilmesi gerekmektedir.

Deprem sırasında oluşabilecek eş zamanlı tehlikelerin(yapısal ve yapısal olmayan elemanların meydana getirdiği tehlikeler) yanı sıra, sonrasında tetiklenebilecek ardışık tehlikelerin (deprem sonrası çıkan yangınlar, patlamalar, vb.) zararları; 1906 San Francisco, 1923 Kanto ve 1995 Kobe depremlerinde de olduğu gibi, oldukça yıkıcı mertebede olabilmektedir (Charles 2003, Haddow vd. 2007). Yapılan çalışma ile tahliye hızının artırılması öngörüldüğünden, bu gibi ikincil, ardışık tehlikelerde oluşacak can kayıpları ve yaralanmaların da büyük oranda önüne geçilmesi beklenmektedir.

Bu bilgiler ışığında bina sakinlerine ve acil kurtarma ekiplerine ihtiyaç duyulan bilgilerin sağlanması için yapı içerisinde en elverişli geçiş alanlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için ise yapı içerisinde bulunan yapısal ve yapısal olmayan elemanların hasar durumları hakkında algılayıcılar ile veri elde edilmesine ihtiyaç vardır. Tek bir algılayıcı ile elemanların hasar durumları ile ilgili veri almak mümkün olduğu gibi, birden fazla algılayıcı kullanılarak daha güvenilir bir sonuca ulaşmak da mümkündür. Birden fazla algılayıcıdan elde edilen verilerin, tespit edilmek istenen durum bilgisinin güvenilirliğini arttıracak fakat bu verilerin birleştirilmesinin ve değerlendirilmesinin zorlayıcı olduğu ve yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulabileceği önceki çalışmalarda tespit edilmiştir (Akıncı ve diğ., 2011). Afetler ve acil durumlar

sonrasında oluşan ölümlerin, yaralanmaların ve hasarların azaltılabilmesi için, bilgilerin güvenilir olması ve hızlı bir şekilde ulaşılabilir olması gerekmektedir (Schtz ve diğ., 2008). Bu bilgi göz önünde bulundurulduğunda tez çalışmasında, güvenilirliğin kesin olarak verilerin birleştirilmesi sırasında karşılaşılacak zorluktan daha önemli olduğu dşnlmş ve birden fazla algılayıcı kullanılarak elde edilen verilerin birleştirilmesine karar verilmiştir. Buna bağlı olarak geçiş alanları içerisinde yer alan yapısal ve yapısal olmayan elemanların durumları, güvenilirliği arttırmak için birden fazla algılayıcı ile değerlendirilmiş ve farklı algılayıcılardan elde edilen verilerin birleştirilmesi için de bir yaklaşım sunulmuştur. Farklı algılayıcılardan elde edilen verilerin birleştirilmesi işlemi önceki çalışmalarda ofis binalarındaki kişi sayısı ve yerinin tespiti, sahada malzeme takibi, inşaat içlerinde verimliliğin tespiti, inşaat sahasında karar verme mekanizmasının geliştirilmesi gibi birçok farklı amaç için kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında ise, yer aldığım 109M263 nolu TBTAK projesinin bilgilerinden faydalanılarak, algılayıcılardan eş-zamanlı olarak elde edilecek verilerin, geçiş alanı blokaj durumunun belirlenmesinde doğruluk seviyesini arttırma amacıyla kullanılması hedeflenmiştir. Bu yönüyle önceki çalışmalarda konunun ele alınma amaçları, bu tez içerisinde belirtilen amaçtan farklılık göstermektedir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, bir depremin yarattığı acil durum sırasında veya hemen sonrasında, yapı içerisindeki geçiş alanlarının hasara bağlı blokaj seviyesinin tespit edilmesidir. Bu amaç doğrultusunda, farklı tür algılayıcı ve görüntü işleme teknikleri kullanarak elde edilen verilerin eş zamanlı olarak anlamlandırılmış, birleştirilmiş ve sonrasında bütünleşik model üzerine eklenebilecek yerel izleme ve yönlendirme sistemi ile maliyet analizi yapılmıştır. Belirlenen amaç doğrultusunda üç ana araştırma sorusu üzerinde durulmuştur.

Araştırma sorusu 1: Her bir algılayıcı, geçiş alanları içerisinde bulunan mevcut elemanların durumunu hangi doğruluk oranı ile tespit edebilmektedir?

Bu amaç doğrultusunda yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda, deprem sonrası hasara bağlı oluşan gerçek hasar durumu ile algılayıcıların tek tek durum hakkında sağladığı veriler karşılaştırılarak, herhangi bir algılayıcının bir elemanın hasar durumunun tespitindeki başarı seviyesi belirlenmiştir.

Araştırma sorusu 2: Her bir algılayıcıdan gelen blokaja dair veri daha doğru bir sonuç almak için ne şekilde birleştirilebilir?

Algılayıcılardan elde edilen verilerin ortak değerlendirilmesi iki adımda gerçekleştirilmiştir. Birinci adımda bir eleman üzerinde bulunan birden fazla aynı tür algılayıcıdan elde edilen verilerin hangi durumlarda birbirlerini desteklediği, elemanın hasar durumunun tespitine katkı sağladığı incelenmiştir. Aynı işlem farklı tür algılayıcılar kullanılarak hasar durum tespitine katkıları irdelenerek tekrarlanmıştır. İkinci adımda ise tüm koridorun tek tip algılayıcılar ile irdelenmesi durumunda koridorun blokaj durumunun hangi doğruluk oranı ile tespit edilebildiği araştırılmıştır.

Araştırma sorusu 3: Farklı türde ve sayıda algılayıcı içeren sistemlerde, maliyet düşük tutularak hangi doğruluk seviyelerinde sonuç elde edilebilir?

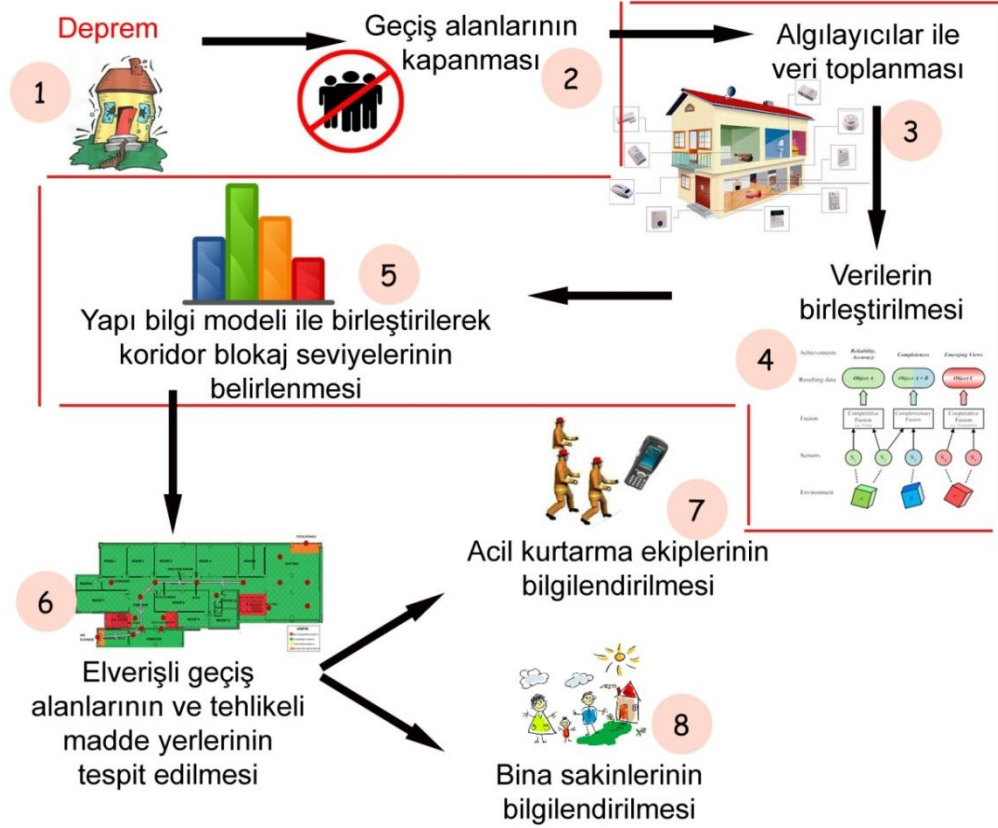
Algılayıcıların sayısı, tipleri ve yerel izleme sistemi, birim fiyatlar göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş, önerilen sistemlerin doğruluk ve maliyetleri çıkarılmıştır. Maliyet kazanımı sağlanabilecek noktalar üzerinde durularak, farklı tip binalarda uygulandığında önerilen türde bir sistemin maliyet kalemlerini belirlemede kullanılacak yöntemler önerilmiştir.

1.2 Vizyon ve Çalışmanın Kapsamı

Çalışmanın vizyonu, deprem sırasında geçiş alanlarında meydana gelen blokaj seviyesinin, sınırlı sayıda algılayıcı verileri ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak eş zamanlı ve yapısal hasarlara bağlı olarak tespit edilebilmesi olarak ifade edilebilir. Şekil 1.2’de görülebildiği gibi, bu çalışmada bina içinde oluşan hasara bağlı blokajların tespitinde kullanılacak algılayıcılar çeşitli bina elemanlarına yerleştirilerek; üçüncü ve dördün adımda görülen kapalı kalan alanlar, yıkılan elemanlar ve bina içi durum hakkında mevcut uygulamada toplanamayan bilgiler elde edilerek birleştirilmiş ve beşinci adımda blokaj seviyelerinin belirlenmesine çalışılmıştır(Şekil 1.2).

Çalışmanın vizyonu ek olarak, altıncı adımda görüldüğü gibi yapısal ve yapısal olmayan bina elemanları arasındaki bağlantıların, belli bir açıklık içinde yer alan yapı elemanlarının ve bu yapı elemanları hakkında bilginin hızlı bir şekilde belirlenmesine olanak sağlayacak yapı bilgi modelin geliştirilmesini

gerektirmektedir(Şekil 1.2). Ancak bu kısım tez çalışmasının kapsamı dışında kalmaktadır. Aynı şekilde, bu model yardımıyla acil durumlarda, yedinci ve sekizinci adımlarda görülen müdahale ekipleri ve bina sakinleri için gerekecek bilgilerin (örneğin çıkışlar, çıkış yolları, binanın yapısal durumu, bina içeriği, vb.) kullanılabilir hale getirilmesi de çalışma dahilinde yer almamaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 : Tez çalışmasının vizyonu.

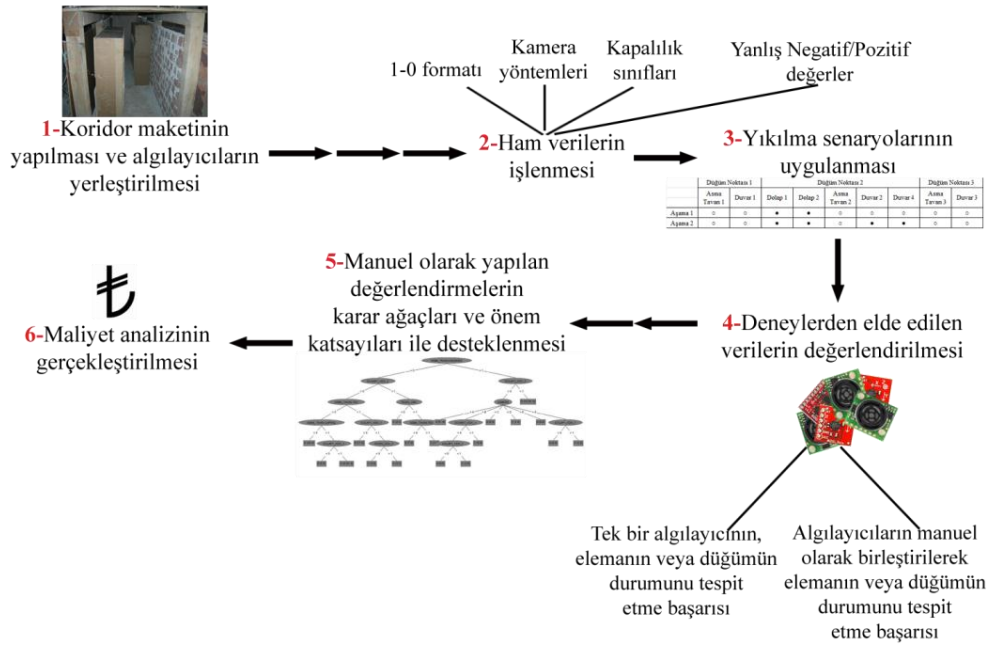
Acil durum müdahale ekipleri, binanın aldığı hasar ile bina içerisinde oluşan blokajı gösteren bu deforme modeli kullanarak bina içerisinde gerçekleşen durum hakkında bilgi edinebileceklerdir. Bu sayede ekipler, hasar görülebilirlik/hassasiyet analizi yaparak, binanın içinde bulunan hassas, tehlikeli ve geçişin sağlanamadığı yerleri tespit edebileceklerdir. Mevcut uygulamalarda acil durum operasyonları sırasında toplanamayan ya da eksik toplanabilen bu bilgilerin acil durum müdahale ekiplerine sunulması ile ekiplerin bilgilendirilmesi ve binada daha fazla hasar ve can kaybına neden olabilecek alanlara öncelik verilmesi mümkün olacaktır.

Elde edilen bu bilgiler, bina tahliyesi için bina içerisinde bulunan bina sakinlerinin yönlendirilmesi esnasında da kullanılabilir. Bina sakinlerinin yönlendirilme aşamasında, binanın hasar sonrası oluşan blokaj durumu ve binanın hassas/tehlikeli

noktaları göz önünde bulundurularak; güvenli ve en kısa çıkış yolları belirlenebilecektir. Bu belirlenen en kısa ve güvenli tahliye yolları; binalarda bulunan kaçış yolları aydınlatması, acil durum aydınlatma ve yönlendirmesi için kullanılan ışıktandırılma sistemleri kullanılarak ve ayrıca güvenli çıkış yollarının çıkış yönünde oklarla ışıktandırılması sayesinde bina sakinlerine sunulabilecektir.

1.3 Tezin Yöntemi

Tezin birinci araştırma sorusuna cevap olarak gerçekleştirilen çalışmalarda algılayıcılarla ilgili testlerin ve simülasyonların yapılabilmesi için 2010 yılında tamamlanmış olan ve 3. derece deprem bölgesinde bulunan Nevşehir Üniversitesi Hacıbektaş Güzel Sanatlar Fakültesi pilot bina olarak seçilmiştir. Ekibinde yer aldığım 109M263 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında, seçilen pilot binadan temsili üç açıklıklı bir koridor bölgesi seçilmiş ve maketi 1/3 oranında küçültülerek inşa edilmiştir. Birinci adımda görüldüğü şekilde algılayıcılar koridor içerisine uygun şekillerde yerleştirilerek deprem sonrası oluşabilecek yıkılma senaryoları gerçekleştirilmiş ve algılayıcıların tek başına mevcut elemanların durumunu hangi doğruluk oranı ile tespit edebildikleri belirlenmeye çalışılmıştır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 : Tezin yöntemi.

Tezin ikinci araştırma sorusuna cevap olarak gerçekleştirilen çalışmalarda, ilk araştırma sorusuna cevap olarak yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Tek tek algılayıcıların, elemanların deney sonrası durumu

algılamada elde ettikleri veriler irdelenmiştir. Dördüncü adımda, aynı tip veya farklı tip algılayıcılar birlikte kullanıldıklarında elemanın durumunu anlamadaki doğruluk seviyelerini, birbirlerini ne oranda desteklediklerini değerlendirebilmek için verilerin birleştirildiği bir yaklaşım geliştirilmiştir (Şekil 1.3). Verilerin birleştirilmesi sonucu elde edilen değerler algılayıcı ve düğüm bazında değerlendirilerek, algılayıcıların güvenilirlikleri ve birbirlerine yaptıkları katkılar irdelenmiştir. Elde edilen sonuçlar farklı algoritmalar(C4.5, REPTree) kullanılarak oluşturulan karar ağaçlarının, füzyon sonucu elde edilen iyileştirilmiş veriler ile ne derecede örtüştüğü tespit edilerek değerlendirmesi beşinci adımda yapılmıştır (Şekil 1.3).

Üçüncü ve son araştırma sorusuna yönelik olarak, birinci ve ikinci araştırma sorularından elde edilen bilgiler ve birim fiyatları ışığında farklı algılayıcı türü ve sayısı içeren sistemlerin maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Farklı algılayıcı sayısı, türü ve doğruluk seviyesine sahip sistemlerden maliyet kazanımı sağlanabilecek noktalar altıncı adımda belirlenmiş, bu noktalar göz önünde bulundurularak pilot bina için kullanılabilecek farklı algılayıcı türü ve sayısı içeren sistemlerin maliyetleri hesaplanmıştır (Şekil 1.3).

1.4 Organizasyon

Tezin ikinci bölümünde proje kapsamında yapılan literatür araştırmalarının sonuçları detaylandırılarak verilmiştir. Üçüncü bölüm algılayıcıların özelliklerinin araştırıldığı ve tez kapsamında kullanılması kararlaştırılan algılayıcıların bina içerisine yerleştirilmesiyle ilgili kuralların belirlendiği bölümdür. Dördüncü bölümde, yerel izleme ve hasar tespit modelinin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar verilmiştir. Proje kapsamında kullanılması kararlaştırılan algılayıcılar ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak pilot bina örnek alınarak hazırlanan deney düzenekleri üzerinde yapılan deneylere beşinci bölümde değinilmiştir. Altıncı bölümde, bir önceki bölümde değinilen deneylerin sonuç analizlerine ve farklı tür algılayıcılardan gelen verilerin birleştirilmesi için geliştirilen yaklaşımlara değinilmiş ve yedinci bölümde önerilen sistemin maliyet analizi anlatılmıştır. Tezin son kısmında, çalışmadan elde edilen bulgular verilmekte, tartışılmakta ve çalışma öneriler ile sonlandırılmaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 İnşaat Dışı Sektörlerde Verilerin Birleştirme Yöntemlerinin Kullanımı

Yapılan literatür taramasında inşaat dışı sektörlerde, çoklu algılayıcıların kullanılması ve birleştirilerek anlamlandırılması yaklaşımının son dönemlerde ağırlıklı olarak ofis binalarındaki kişi sayısı ve yerinin tespiti için kullanıldığı görülmüştür (Dodier ve diğ. (2006), Hutchins ve diğ. (2007), Tachwali ve diğ. (2007), Sarkar ve diğ. (2008), Erickson ve diğ. (2009), Lam ve diğ. (2009), Meyn ve diğ. (2009), Erickson ve diğ. (2010), Newsham ve diğ. (2010), Lo ve diğ. (2010), Benezeth ve diğ. (2011), Chen ve diğ. (2000)).

Algılayıcı verisinin birleştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda Markov Chain Teorisi gibi matematiksel teoremler kullanıldığı, sonuçların denklemler ile elde edilmeye çalışıldığı görülmüştür (Hutchins ve diğ. (2007), Tachwali ve diğ. (2007), Meyn ve diğ. (2009), Lam ve diğ. (2009), Hailemariam ve diğ. (2011)). Teoremler ile hesaplanan bir takım algılayıcı verilerinin birleştirilip anlamlandırılmasında ise, kimi çalışmalarda, Bayesian olasılık teorisi gibi olasılık yöntemleri kullanılırken (Dodier ve diğ. (2006), Hutchins ve diğ. (2007)) kimi çalışmalarda modelleme yöntemine gidilmiştir (Tachwali ve diğ. (2007), Lam ve diğ. (2009), Erickson ve diğ. (2010), Newsham ve diğ. (2010)). Matematiksel formüller ile kullanılan her bir algılayıcının kişi sayısı tespitine etkisi hesaplanmaya çalışılmıştır. Bir kaç haftalık veri toplama zamanı sonunda, araştırmacıların ellerinde milyonlarca algılayıcı verisi oluşmuş, bu veriler arasındaki düzenleme ve seçim ise genellikle “Markov Chain Monte Carlo Örneklem Metodu” ile yapılmıştır (Dodier ve diğ. (2006), Hutchins ve diğ. (2007), Erickson ve diğ. (2009)).

İncelenen çalışmaların hemen hepsinde elde edilen sonuç, kişinin belirlenen alan sınırları dahilinde olup olmadığı durumudur. Eğer bir kişi yok ise; bu algılayıcısı verisine 0, var ise de 1 olarak aktarılmaktadır. Yani, 0 ile 1 arasında bir veri aranmamaktadır. İncelenen çalışmalarda kişi tespiti için çoğunluklu olarak CO2, ısı, hareket ve akım algılayıcıları kullanılmış (Hailemariam ve diğ. (2011), Newsham ve

diğ. (2010), Tachwali ve diğ. (2007), Hutchins ve diğ. (2007)), bu algılayıcıların eşik değerleri o algılayıcı için sınır olarak kabul edilmiştir. Yani algılayıcıdan okunan değer eşik değerde veya eşik değerinin altında olduğunda taranan alanda kişi olmadığı; algılayıcı verisi eşik değerinin üzerine çıktığı anda ise taranan alanda kişi olduğu kabulü yapılmıştır. Dolayısıyla da, incelenen bu çalışmalarda algılayıcıdan elde edilen veriyi anlamlandırma gereksinimi duyulmamış ve bu yönde bir çaba gerekmemiştir.

Bir başka çalışmada (Hailemariam ve diğ. 2011) ise algılayıcı verilerinin doğruluğunu sorgulamak için “performans metrikleri” oluşturulduktan sonra, en yüksek bilgi kapasitesine sahip veriyi seçebilmek adına karar ağacı oluşturulmuştur. Kullanılan bu yöntem ile Hailemariam ve diğ. (2011) çalışmalarında, verilerden alınan ve sonuca götüren bilginin belirli bir mantık ağı içerisinde ilerlemesini sağlayarak, algılayıcılar ile elde edilen sonucun doğrulama için kullanılan kamera verilerinden elde edilen sonuç ile maksimum düzeyde örtüştüğünü gözlemlemişlerdir.

2.2 İnşaat Sektöründe Algılayıcı Verisinin Eş-Zamanlı Olarak Kullanımı

Literatürdeki çalışmalar şunu göstermektedir ki, eş zamanlı veya hızlı hasar değerlendirmesi çalışmaları tek bir yapı için değil, bölgesel hasar ve kayıp tahminleri yapılabilmesi amacıyla genellikle bir yapı stoğu kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Kircher ve diğ. 1997a, Kircher ve diğ. 1997b, Wu ve diğ. 2002). Yapı stoğuna ait gerçek hasar dağılımının belirlenmesi için değişik yöntemler kullanılmıştır. Bunların arasında uzaktan algılama yöntemleri (Alexander 1991, Westen 2002) kapsamında en önemlileri uydu görüntülerinden faydalanma (Kerle ve Oppenheimer 2002) ya da havadan çekilen görüntülerden faydalanma (Steinle ve diğ. 2001) sayılabilir. Böyle bir uygulama söz konusu olduğu zaman, yapısal hasarın çok detaylı olarak belirlenmesi gerekmemekte ve incelenen bina stoğu içerisinde herhangi bir binanın hangi katında ne tür bir hasar olduğunun belirlenmesi pek mümkün olmamaktadır.

Yapının dinamik özelliklerinin anlık değişiminin izlenmesi yoluyla yapıda oluşan hasarın gerçek zamanlı olarak tespit edilmesini öngören çalışmalar da literatürde mevcuttur (Todorovska 2004, Niousha ve Motosaka 2007). Meydana gelen hasar yapının rijitliğini doğrudan etkilediği için bu yöntemler genellikle yapının doğal titreşim frekansındaki değişimleri göz önüne almaktadır. Hasar tespiti, binaya

yerleştirilen ivme algılayıcılarından (akselerometre) elde edilen ivme kayıtlarının analiz edilmesi ve kaydın frekans içeriğinde herhangi bir değişikliğin olup olmadığının tespit edilmesinden ibarettir. Ancak hasarın doğal titreşim frekanslarını her zaman değiştirmedeği gözlenmiştir (Şafak 2005). Bazı durumlarda deprem etkisi altında yapıda hasar olmasına rağmen yapının deprem öncesi ve sonrası doğal titreşim frekanslarının birbirinden çok farklı olmadığı, çünkü hasarın kalıcı deformasyon şeklinde ortaya çıktığı görülmüştür. Bunun aksine, binanın doğal titreşim frekansındaki bir değişimin her zaman yapısal hasarla ilişkilendirilmesinin doğru olmadığı da belirtilmektedir. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde bir binadan iki yıl boyunca devamlı kayıt alınmasından sonra, yapının doğal titreşim frekansının yağış şiddeti, rüzgar hızı ve ısı gibi çevresel faktörlerden oldukça etkilendiği ortaya çıkmıştır (Clinton ve diğ. 2004). Bu çalışmalarda en son varılan nokta, tek başına ivme algılayıcısı kullanılmasının yapısal hasar tespitinde yanıltıcı sonuçlara sebep olabileceğidir. Güvenilir ve eş-zamanlı bir izleme için ivme algılayıcılarının yanı sıra kalıcı deformasyonu ölçmek için yapının belirli bölgelerine coğrafi bilgi sistemi algılayıcıları ve hatta düzlem içi dönme deformasyonlarını ölçmek için dönel algılayıcılar konulabileceği yönündedir.

2.3 İnşaat Sektöründe Algılayıcı Verilerinin Hasar Tespitinde Kullanımı

Bu bölümde, yapısal ve yapısal olmayan bina elemanları için hasar tespiti öneren çalışmalar irdelenmiştir. Afet sonrası hasar görmüş bir binanın son durumu ile ilgili bilgiye çok hızlı ulaşabilmek ve binanın içindekileri kurtarabilmek için yapısal ya da yapısal olmayan elemanların durumlarının çok kısa bir süre içerisinde belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla kiriş, kolon, taşıyıcı duvar gibi yapısal elemanlar ile bunların bir araya gelmesinden oluşan çerçeve yapı sistemlerinde değişik yük seviyeleri altında meydana gelebilecek hasarın tahmin edilmesi için pek çok çalışma yapılmıştır (Beck ve diğ. 1999, Porter ve diğ. 2001, Beck ve diğ. 2002, Krawinkler 2002, Miranda ve Aslani, 2003, CUREE, 2005, NEES 2007). Ancak bu çalışmaların hiçbirinde yapısal hasarın eş zamanlı ya da çok hızlı bir şekilde tahmin edilmesi hedeflenmemiştir. Bu çalışmaların ortak amacı, ileride meydana gelebilecek bir afet esnasında, söz konusu yapısal elemanın ya da daha genel olarak yapının nasıl davranacağı ile ilgili gerçekçi bir fikir elde edebilmektir.

3. ALGILAYICI ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bir yerel izleme ve hasar tespit modeli geliştirilmesi ve bu modele dayalı bir prototip sistemin kurulması amaçlanmış ve farklı tip algılayıcıların kullanılması öngörülmüştür. Bu amaçla tez içerisinde kullanılacak algılayıcı türlerinin yapısı incelenmiştir.

Tez çalışmasında özellikleri araştırılan ve prototip içerisinde kullanılan fiziksel büyüklükleri algılayan algılayıcılar şu şekilde sıralanabilir;

- Jiroskop
- İvmeölçer
- Ultrasonik Mesafe Ölçer
- Kablo Kapalı Devre Sistemi
- Görüntü İşleme

3.1 Jiroskop

Jiroskoplar(Şekil 3.1), yerleştirildikleri elemanların konumunu kontrol ederek hasar tespiti için veri gönderebilen elemanlardır. Afet sırasında bir yapısal elemanın ya da yapısal olmayan elemanın yıkılıp yıkılmadığını ve yıkılmanın hangi yönde olduğunu jiroskop sayesinde tayin etmek mümkündür. Tez içerisinde kolonların hasar bilgilerini almak amacıyla kullanılmıştır.

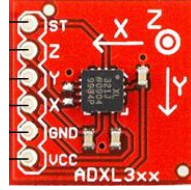


Şekil 3.1 : Jiroskop.

3.2 İvmeölçer

İvmeölçerler(Şekil 3.2), geniş bir kullanım alanına sahip olmasının yanı sıra(otomotiv, ulaşım, tüketici elektroniği vb.), yer sarsıntısının yapılar üzerindeki

etkisini gözlemlemek için de kullanılmaktadır. Yapının yatay düzlemde bulunan yapısal elemanlarının üzerine yerleştirilerek, yer hareketinin ve binanın dinamik özelliklerinin bir araya gelmesi sonucu oluşan salınım hareketinin büyüklüğü ile ilgili bilgi vermektedir. Tez içerisinde ivmeölçerler, deprem ivmesini algılayarak tüm algılayıcıları ve yerel bilgisayar sistemini devreye sokacak bir tetikleyici şeklinde kullanılmıştır.



Şekil 3.2 : İvmeölçer.

3.3 Ultrasonik Mesafe Ölçer (UMÖ)

UMÖ'ler(Şekil 3.3), yerleştirildikleri bölgelerde anlık mesafe değerini sunucuya iletebilen elemanlardır.



Şekil 3.3 : Ultrasonik mesafe ölçer.

Elemanların belirli mesafelerine yerleştirilecek bu algılayıcı yardımıyla, eleman ile algılayıcı arasındaki mesafenin belirli bir eşik değerini aşması sonucunda elemanın hasar gördüğü bilgisi edinilebilmektedir. Tez içerisinde asma tavan ve taşıyıcı olmayan dolgu duvarların durumunu tespit etmek için kullanılmıştır. Şekil 3.4'te dolgu duvarı izlemek için yerleştirilen bir UMÖ görülmektedir.



Şekil 3.4 : UMÖ'nün dolgu duvarı denetlemesi için yerleştirilmesi.

3.4 Kapalı Devre Kablosu (KDK)

KDK türü algılayıcılar, kapalı bir elektrik devresinden oluşmaktadır. Algılayıcıyı oluşturan kablonun bir şekilde kopması ile devrenin kesilmesi sonucu sunucuya farklı bir değer yansımakta, elemanın durumundaki değişim algılanabilmektedir. Tez çalışması içerisinde KDK asma tavan, dolap ve dolgu duvar durumlarını algılamak için kullanılmıştır. KDK ile asma tavandan veri alınabilmesi için algılayıcılar, üst kat döşemesi ile asma tavan arasına Şekil 3.5’te gösterildiği şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3.5 : Asma tavana yerleştirilmiş olan KDK algılayıcısı.

Dolgu duvardan veri alınabilmesi için, duvarın köşelerini çapraz olarak birleştirecek şekilde KDK’ler kullanılmıştır. Dolaplardan veri alınabilmesi için ise KDK’ler dolapların alt köşelerine yerleştirilmiştir.

3.5 Görüntü İşleme (Yazılımsal ve Donanımsal)

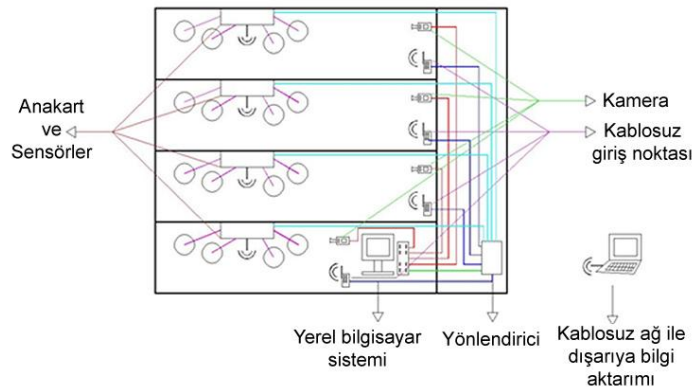
Bu teknik, kamera aracılığıyla önceden tespit edilmiş görüntünün zaman içinde oluşabilecek değişimini bildirir. Görüntü işleme ile kameranın izlediği bir geçiş bölgesindeki kapalılık durumu hakkında sistemin bilgi edinmesi mümkündür. Tez içerisinde kullanılan görüntü işleme yazılımı, hasarın algılamasından ziyade izlediği koridor parçasının geçişe elverişli olup olmadığının anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Kamera algılamasında iki farklı yaklaşım vardır. Bu yaklaşımlardan ilki baktığı bölgenin tamamını değerlendirirken ikinci yaklaşım sadece belirli bölgeleri ayrı ayrı değerlendirmektedir. Bu yaklaşımlar ve yaklaşımlarda kullanılan farklı yöntemlerle ilgili detaylar “5.1. Kamera Görüntü İşleme Yaklaşımları” bölümünde verilmiştir. Çizelge 3.1’de algılayıcıların projede kullanım şekilleri, üstünlükleri ve zayıflıkları görülebilir.

Algılayıcılardan elde edilen verilerin eş zamanlı olarak depolanmasına imkan sağlayacak bir yerel bilgisayar sistemi kullanılmıştır (Şekil 3.6). Kullanılan yerel

bilgisayar sistemi hakkında detaylı bilgi Birgönül ve diğ. (2012) çalışmasından elde edinilebilir.

Çizelge 3.1 : Algılayıcı tiplerinin kullanımları, üstünlükleri, zayıflıkları.

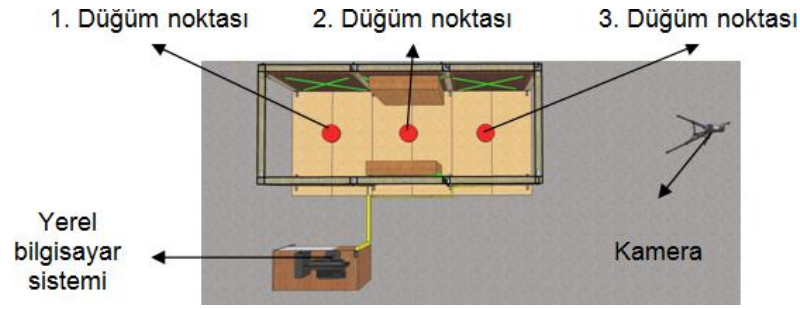
Algılayıcı tipi	Projedeki kullanımı	Üstünlükleri	Zayıflıkları
Jiroskop	Taşıyıcı elemanlara yerleştirilir ve yataya göre konumunu tespit eder.	Taşıyıcı elemanın devrilmesini ve devrilme yönünü tespit edebilir.	-
İvmeölçer	Yapısal bir elemana yerleştirilerek yer sarsıntısını tespit eder.	Algılayıcıların çalışması için tetik olarak kullanılabilir.	Hasar ya da geçiş durumu hakkında bilgi vermez.
UMÖ	Mesafe ölçerek, baktığı elemanın konumunu koruyup korumadığı bilgisini verir.	Mesafe bilgisi ile elemanın sın konumu hakkında bilgi saylayabilir.	Algılayıcıların önünden geçen cisimler, yanıltıcı olabilir.
KDK	Duvar gibi yapı elemanlarında ve dolap gibi ağır hareketli mobilyalarda hasar tespiti için kullanılabilir.	Basit ve doğrudan kullanılabilen bir veri sağlar.	İletken tel hasar dışı sebeple koparsa yanıltıcı bilgi verebilir.
Görüntü İşleme	Koridor gibi geçiş bölgelerinin geçişe açık olup olmadığı bilgisi edinilebilir.	Koridorun geneli hakkında doğrudan geçiş bilgisi verebilir.	Kameranın önü kapandığı durumda işlevini yitirir.



Şekil 3.6 : Yerel bilgisayar sisteminin temsili şeması (Birgönül ve diğ., 2012).

4. HASAR TESPİT MODELİ PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Algılayıcı ve cihazların doğruluğunun denenmesi amacıyla Nevşehir Üniversitesi Hacıbektaş Güzel Sanatlar Fakültesi pilot bina olarak ele alınmıştır. Farklı algılayıcılar ve görüntü işleme teknikleri ile yapıda tehlike sonrası meydana gelebilecek hasar ve blokajla ilgili ne kadar sağlıklı bilginin alınabileceğini görmek amacıyla, pilot bina içerisinde temsili bir koridor bölgesi seçilmiştir. Seçilen bu koridor bölgesine benzer olarak üç açıklıklı fiktif bir koridorun maketi, 1/3 oranında küçültülerek inşa edilmiştir. Bu üç açıklıklı makette, her açıklığın ortasına birer fiktif düğüm noktasının olduğu düşünülmüştür (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : Deney düzeneğinin plandan görünümü.

İnşa edilen bu maket algılayıcılarla donatılmış ve senaryolar dahilinde tekrarlı olarak hasar verilmiştir. Her deney kamera ile kayda alınmış, görüntü işleme teknikleri de kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

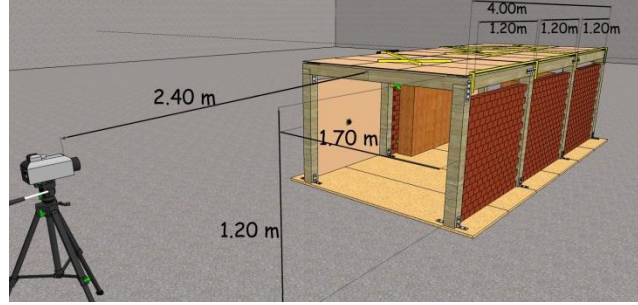
4.1 Maketin Yapısal ve Elektronik Aksamı

4.1.1 Maketin yapısal aksamı

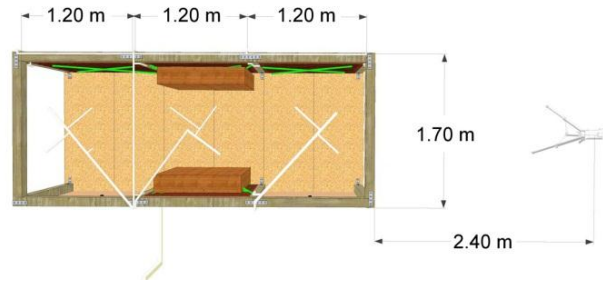
Maketin yapısal aksamı ahşap kolon, kiriş, karton tavanlar, duvar ve asma tavanlardan oluşmaktadır. Deneyler süresince maketin yapısal aksamını oluşturan kolon, kiriş ve tavanlara hasar verilmemiş geri kalan yapısal olmayan elemanlar ve hareketli mobilyaları temsilen yerleştirilen iki adet dolap hasara uğratılmıştır.

Maket, farklı boyutlardaki mekanların denenmesi amacıyla iki farklı boyutta iki kere yapılmıştır. İlk yapılan maket, deneylerin çoğunun gerçekleştiği geniş koridor

maketidir. Bu maketin kısa doğrultusundaki toplam uzunluğu 170 cm, uzun doğrultusundaki uzunluğu 400 cm, yüksekliği ise 120 cm'dir. Şekil 4.2'de gösterilmiştir. İkinci maket ise, dar koridor maketidir. Bu maket, geniş koridor maketindeki uzunluğa ve yüksekliğe sahip olmakla beraber; kısa doğrultudaki uzunluğu 90 cm'ye düşürülmüştür (Şekil 4.3).

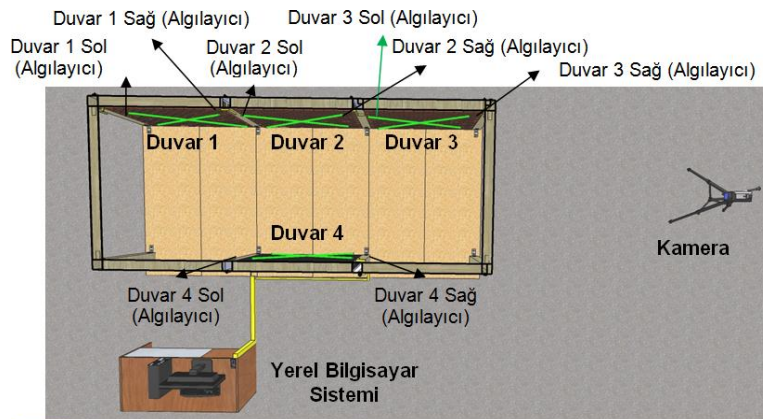


Şekil 4.2 : Deney düzeneğinin 3 boyutlu görünümü ve ölçüleri.



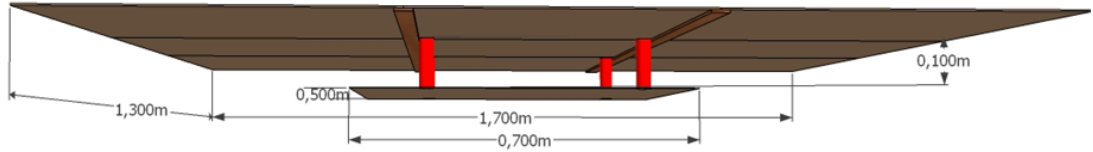
Şekil 4.3 : Deney düzeneğinin plan görünümü ve ölçüleri.

Duvarlar ODTÜ Yapı Mekaniği Laboratuvarında bulunan maketin ölçeklerine uygun boyutlarda (6 cm x 8 cm x 10 cm) tuğlalardan örülerek oluşturulmuştur. Deneyler sırasında hem geniş koridor hem de dar koridor maketinin 4 açıklığına duvar örülmüştür (Şekil 4.4).



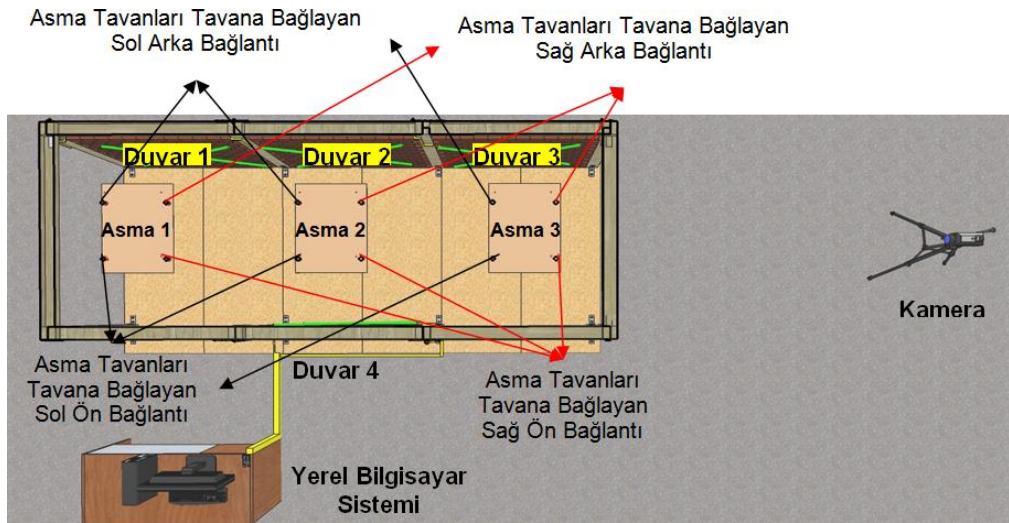
Şekil 4.4 : Plan görünümünde duvarların üzerindeki kapalı devre kabloları.

Deneyler sırasında yıkımı gerçekleşen bir diğer eleman da asma tavanlardır. Bu eleman sadece geniş koridor maketinde kullanılmış, dar koridor maketinde kullanılmasına ihtiyaç duyulmamıştır. Asma tavanlar çift oluklu mukavvadan yapılmış olup, boyutları 50 cm x 70 cm'dir. Asma tavanlar, tavanlara dört uçlarından ipler ile tutturulmuş ve asma tavan ile tavan arasında 10 cm boşluk bırakılmıştır. Deneyler sırasında bu iplerin çözülmesi suretiyle asma tavanların yıkılması sağlanmıştır. Şekil 4.5'te asma tavan detay ve boyutları gösterilmektedir.



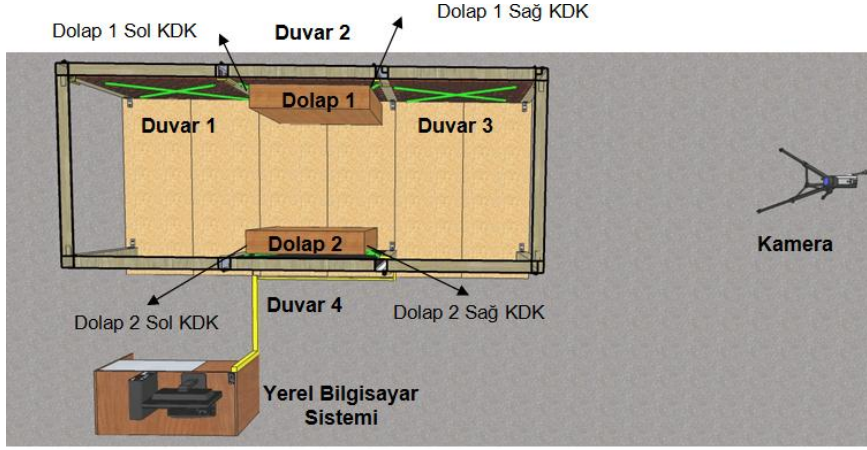
Şekil 4.5 : Asma tavan detayı ve boyutlarının yandan görünüşü.

Asma tavanlardan üç adet yapılmış ve her biri bir tavana bağlanmıştır. Şekil 4.6'da asma tavanların deney düzeneği üzerinde yerleşimleri ve bağlantıları gösterilmektedir.



Şekil 4.6 : Asma tavanların yerleşimi ve algılayıcı bağlantıları.

Algılayıcılar ve görüntü işleme teknikleri ile tehlike sonucu oluşabilecek hasarla birlikte meydana gelebilecek blokajların tespit edilebilmesi amacıyla, yapılan deneylerde ağır ve hacimli olduğu varsayılan iki adet dolap kullanılmıştır. Bu dolaplar ahşaptan yapılmıştır. Boyutlar 100 cm x 100 cm x 20 cm'dir. Şekil 4.7'de geniş koridor düzeneğindeki yerleşimi ile isimleri görülmektedir. Dar deney düzeneğinde ise dolaplar, her düğüm noktasına en fazla bir tane gelecek şekilde ve farklı deneylerde farklılık oluşturarak yerleştirilmiştir.



Şekil 4.7 : Dolapların geniş koridor düzeneğindeki yerleşimi.

4.1.2 Maketin elektronik aksamı

Maketin elektronik aksamı; algılayıcılar, mikro işlemcili kart, kamera, yerel bilgisayar sistemi ve bunları birbirine bağlayan kablolardan oluşmaktadır. Makette 5 adet UMÖ ve 24 adet kapalı devre kablo (KDK) algılayıcısı ile kamera kullanılarak veriler elde edilmiştir. Kamera olarak Canon marka ve LEGRIA HV40 modeli tercih edilmiştir. Yerel bilgisayar sisteminin içerisine yazılan ayrı bir yazılım sayesinde kamera ve algılayıcılardan gelen veriler, eş zamanlı olarak yerel bilgisayar sisteminin sabit sürücüsüne aktarılmıştır.

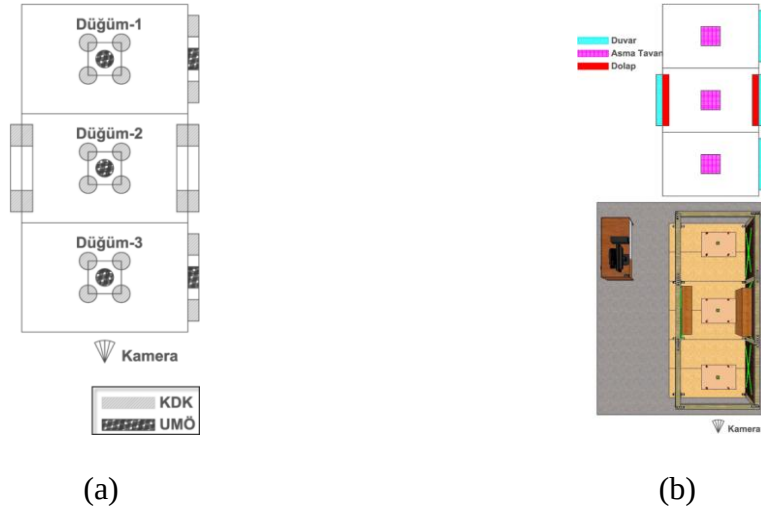
4.2 Makette Kullanılan Cihazların Yerleşimi

Deneylerde maketin duvarları, asma tavanları ve dolapları algılayıcılarla izlenmiştir. Geniş koridor maketinde dört adet duvar, üç adet asma tavan ve iki adet dolap bulunmaktadır. İki dolap da, ikişer KDK ile kontrol edilmektedir. Üç asma tavanın üçünde de dörder KDK ve birer adet UMÖ vardır. Her duvar ikişer adet KDK ile kontrol edilmektedir. Bunun dışında Duvar 1 ve Duvar 3 birer tane UMÖ ile de kontrol edilmektedir. Çizelge 4.1’de, hangi elemanlara hangi algılayıcılardan kaç tane kullanıldığına yönelik bilgi sunulmaktadır. Dar koridor düzeneğinde kullanılan eleman sayısı deneye göre değişkenlik gösterdiğinden, Çizelge 4.1’deki gibi bir çizelge, bu düzenek için verilememektedir.

Şekil 4.8a’da, geniş koridor düzeneği üzerinde yer alan algılayıcıların elemanlara göre konumları plan üzerinde temsili olarak gösterilmiştir. Şekil 4.8b’de ise plan görünümünde deney düzeneğindeki elemanların konumları gösterilmektedir.

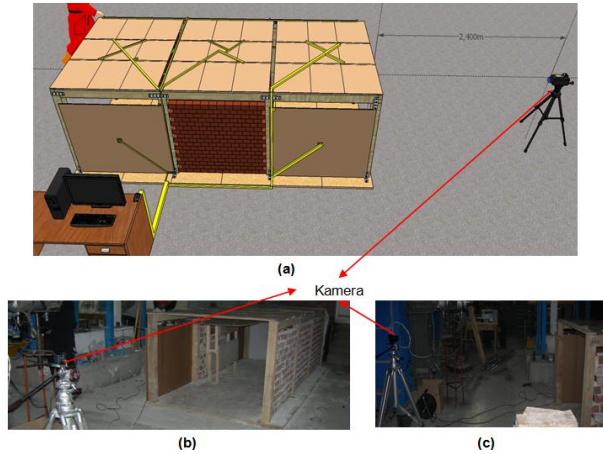
Çizelge 4.1 : Geniş koridor düzeneğine yerleştirilen algılayıcılar.

Kontrol Edilen Eleman	KDK	UMÖ
Dolap 1	2	-
Dolap 2	2	-
Asma Tavan 1	4	1
Asma Tavan 2	4	1
Asma Tavan 3	4	1
Duvar 1	2	1
Duvar 2	2	-
Duvar 3	2	1
Duvar 4	2	-
TOPLAM	24	5



Şekil 4.8 : (a) Algılayıcıların konumları, (b) Elemanların konumları.

Kamera ise, makette oluşturulan koridorun tamamına yönlendirilmek suretiyle bu yönde bilgi toplanmaya çalışılmıştır. Kamera maketten, görüntü işlemenin sağlıklı biçimde yapılacağı ve kayıtların alınabileceği mesafe olarak 240 cm uzağa, Şekil 4.9'da gösterildiği gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 4.9 : Kameranın (a) konumu (b,c) deney sırasında çekilmiş fotoğrafı.

4.3 Yapılan Deneyler ve Bu Deneylerin Sonuçlarının Anlamlandırılması

Geniş ve dar deney düzeneklerinde toplamda 189 aşama deney gerçekleştirilmiştir. Farklı aşamalar sayesinde birden fazla hasar durumu denenmiş, böylelikle algılayıcı verilerinin birleştirilmesi ile ilgili yöntemin geliştirilebilmesi için aşama sayısı kadar deney verisi elde edilmiştir. Gerçekleştirilen deneylerin aşamaları hakkında detaylı bilgilere Birgönül ve diğ., 2012 çalışmasından ulaşılabilir.

Her bir düğüm noktasındaki elemanlara yerleştirilen algılayıcılardan elde edilen veriler ham şekilde (örn. UMÖ mesafe cinsinden, KDK "1" ve "0" cinsinden) elde edilmiştir. Prototip üzerinde farklı tür algılayıcıların kullanılıyor olması, farklı türde ham verilerin oluşmasına sebep olmaktadır. Bu noktada bir yaklaşım geliştirilerek, farklı türde algılayıcı verilerinin benzer bir şekle dönüştürülmesi ve anlamlandırılması gerekmektedir. Bunun için izlenen yaklaşım tüm algılayıcı verilerinin "1" ve "0" formatına çevrilmesi olmuştur.

KDK'ler, kopma olması durumunda 0 kopma olmaması durumunda 1 değerini yansıtmaktadır, doğrudan kullanılmaya hazır verilerdir. Üzerinde bulunduğu elemanın ilk durumdaki ve son durumdaki konumunu uzunluk cinsinden veri olarak yansıtan UMÖ algılayıcıları için ise bir eşik değeri belirlenmiştir. Son durumda veri olarak alınan mesafe değerinin, ilk okunan mesafe değerden farkı alınarak, ilk okunan değerden kaç kat büyük olduğuna bakılmıştır. Duvar UMÖ'lerinde bu değerin %115, asma tavan UMÖ'lerinde ise bu oranın %95 olması durumu eşik olarak kabul edilmiştir. Detaylı bilgiye Birgönül ve diğ., 2012 çalışmasından ulaşılabilir.

5. DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tezin bu bölümünde geniş ve dar koridor düzenekleri üzerinde yapılan deneylerin değerlendirilmesi aşamasında yapılan çalışmalar kapsamlı olarak verilmiştir. Kamera görüntülerini değerlendirmede kullanılan yöntemler sunulmuş, algılayıcılardan elde edilen veriler ile ortak değerlendirilebilmesi için “uzman görüşleri” tanımlanmıştır.

5.1 Kamera Görüntü İşleme Yaklaşımları

Prototip kapsamında kullanılan kamera görüntü işleme yöntemi için farklı yaklaşımlar geliştirilmiş, bunların çalışma prensipleri ve kameranın izlediği bölgenin hasar sonrası durumunu doğru tespit etmedeki başarıları araştırılmıştır. Önerilen yöntemler temelde (1) koridorun arkasındaki açık alanı gözlemleyerek ve (2) düğüm düğüm açıklıkları gözlemleyerek değerlendirme noktasında birbirlerinden ayrılmaktadır. Geliştirilen yöntemlerin detayları 5.1.1. ve 5.1.2. bölümlerinde verilmiştir.

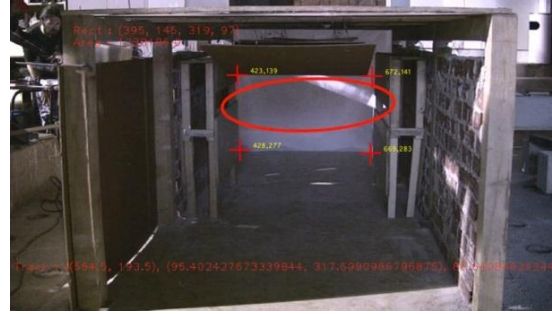
5.1.1 Koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren yöntemler

Koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendirme yapan toplam iki farklı yöntem kullanılmıştır.

5.1.1.1 Birinci yöntem (elips yöntemi)

Bu yöntemin çalışma prensibi, kamera içerisine yerleştirilen yazılım yardımıyla görüntüsünü aldığı koridor parçasının en arkasındaki açık alandan alınan referans piksel renklerini, komşu pikseller ile kıyaslayarak benzer renklerin olduğu piksel kümesini elips içine almasıdır. Deney sırasında elipsi çizilen hasarsız koridor Şekil 5.1’de, hasarlı koridor ise Şekil 5.2’de gösterilmektedir. Bu prensiple elde edilen iki elipsin merkezleri, çapları gibi geometrik sayısal parametreleri ve açık alanın köşe koordinatları kullanılarak otomatik olarak bilgisayara aktarılmıştır. Böylelikle ilk boşluğun ve hasar sonrası oluşan son boşluğun yer koordinatları fotoğraf üzerinde belirlenmiştir (Şekil 5.3). Şekil 5.3’te bulunan iki elipsin (mavi renkteki elips hasar

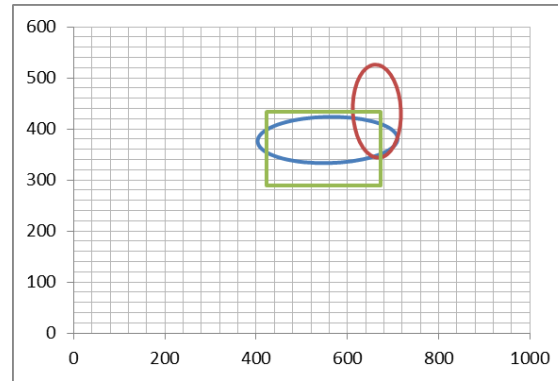
öncesi, kırmızı renkteki elips hasar sonrası çizilen elipstir) ve geçiş alanının çizimi (yeşil dikdörtgen) gözükmemektedir.



Şekil 5.1 : Hasarsız koridorda elips yöntemi.



Şekil 5.2 : Hasarlı koridorda elips yöntemi.



Şekil 5.3 : Hasar öncesi ve sonrası çizilen elipsler ile geçiş alanı.

Daha sonra Şekil 5.3'te görünen yeşil dikdörtgenin içine 80 kolonlu ve 45 satırlı bir matrise oturtulmuştur. Bunun dışında geçiş alanı 5 dikey şeride ayrılmıştır. Matris boyutunun 80 kolon ve 45 satır olmasının sebebi, görüntünün 16:9 oranında olması ve 5 şeride ayrılan bu alanın tam sayılara bölünebilmesidir ($80 \times 45 \{ (16 \times 5) \times (9 \times 5) \}$). Geçiş alanının 5 şeride ayrılması ise şöyle açıklanabilir; “4.1.1. Maketin yapısal aksamı” bölümünde de anlatıldığı üzere maketin kısa kenarının uzunluğu, yani koridor genişliği 150 cm’dir. Yine aynı bölümde anlatıldığı üzere maketin ölçeği 1/3 olduğundan, o koridorun gerçek boyutu 450 cm’dir. Bir kapının genişliği ortalama 90

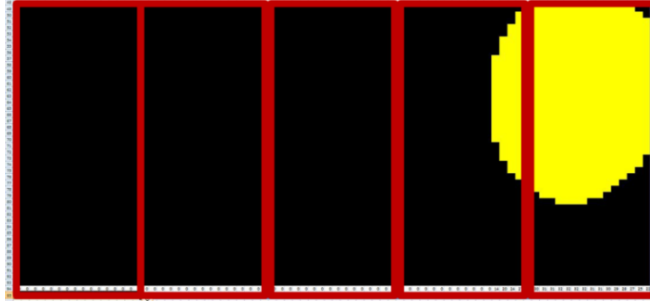
cm olarak kabul edilebilir. Kapı genişliğinin maket ölçeğindeki boyutu ise 30 cm'dir. Maket boyutunda 150 cm genişliğinde olan koridora 5 adet kapı sığabilmektedir. Her kapı aynı anda o bölgeden geçebilecek insan sayısını temsil etmektedir.

Bu sebeple 5 geçiş alanını temsilen geçiş bölgesi 5 şeride ayrılmıştır.

Oluşturulan bu platform üzerine yazılan bir yazılım ile elipsle geçiş alanının (yeşil dikdörtgen) kesişim bölgelerinde olan matris hücreleri 1 ile kesişim dışı kalan yerlerdeki elemanlar ise 0 ile doldurulmuştur. Görsel olarak açıklanması için de kesişim bölgeleri sarı ile kesişim dışı kalan yerler ise siyah renk ile doldurulmuştur (Şekil 5.4 ve Şekil 5.5).



Şekil 5.4 : Hasar öncesi çizilen elips ile dikdörtgenin kesişimi.



Şekil 5.5 : Hasar sonrası çizilen elips ile dikdörtgenin kesişimi.

Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te görünen her şeridin genişliği 16 kolondur. Her şeritte ortalama açıklık oranı bulunur. Örneğin Şekil 5.5'te gözüken soldan üç şeridin de ortalama açıklık oranı %0'dır. Hasar öncesi ve hasar sonrası şeritlerin ortalama açıklık oranları hesaplandıktan sonra her şeridin değişim oranı aşağıdaki Denklem 5.1 vasıtasıyla bulunur.

$$C = \frac{B-A}{A} \quad (5.1)$$

Denklem 5.1'de B hasar sonrası ortalama açıklık oranını ifade ederken, A hasar öncesi ortalama açıklık oranını, C ise şerit değişim oranını ifade etmektedir. Şerit

değişim oranının sınır değerleri ve bu değerlere karşılık atanacak değerler çizelge 5.1'dedir.

Çizelge 5.1 : Şerit değişim oranına karşılık gelen kapalılık durumu değerleri.

Şerit Değişim Oranı (C)	Kapalılık Durumu
Tanımsız	1
%-10'dan küçükse	1
%-10 ile %10 arasında ise	0
%10 ile %50 arasında ise	1
%50'den büyükse	0

Şerit kapalılık durumu değeri 1 ise kapalı, 0 ise açık olarak kabul edilir. Genel olarak incelendiğinde %10'un altındaki değişimleri dikkate alınmamıştır çünkü açıklığının veya kapalılığının bilinemediği bir durumdur. %10'un üzerinde azalan şeritlerin açık durumdan kapalı duruma geçtiği gözlenmiştir. %50'nin üzerinde artan şeritlerin kapalı durumdan açık duruma geçtiği gözlenmiştir. %10 ile %50 arasında artan şeritlerin kapalı durumlarını korudukları gözlenmiştir. Eğer elips, deney öncesi görüntüdeki şeritlerden hiç geçmiyorsa tanımsız bir sayı elde edilmektedir. Bu durumda açık olabileceği gibi kapalı da olabileceğinden güvenli tarafta kalınıp o şerit kapalı olarak alınmıştır. Çizelge 5.1'deki değerlerin ortalamasına göre de koridor kapalılık oranı bulunur.

5.1.1.2 İkinci yöntem

Elips yönteminden farklı olarak bu yöntemde elemanların hatlarını belli eden keskin çizgileri daha iyi algılayabilen bir görüntü işleme mekanizması kullanılmıştır. Bu sayede elips yönteminde karşılaşılan sorunların üstesinden gelinmesi öngörülmüştür. Bu yöntemin çalışma prensibi, elips yöntemine benzer şekilde izlediği koridor parçasının en arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendirme yapmasıdır. Bu süreçte gerçekleştirdiği ilk işlem arka açıklığın alanını tespit etmektir. Deprem gibi bir etki sonrası yapıda meydana gelen değişiklikler sonucunda elemanların, tespit edilen ilk alan üzerinde ne ölçüde bir blokaja yol açtığını hesaplayarak bunu bir alan değeri cinsinden kullanıcılara sunmaktadır. Bu yöntem; detaylı bir kurulum gerektirmeyen ve örneğin güvenlik kameraları ile de kullanılabilen bir yöntem olarak öngörülmüştür. Değinilmesi gereken bir diğer nokta, elips yönteminde de gözlemlenen, kameraya yakın bir noktada kamera görüşünü kapatan bir değişim meydana geldiğinde kameranın koridor kapalılığı hakkında doğru değerlendirme yapamama olasılığının artmasıdır.

5.1.2 Düğüm düğüm gözlemleyerek değerlendiren yöntem (ideal yöntem)

Koridor parçasının en arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren kamera yaklaşımı ile benzer bir yaklaşımdır. Bu yöntem, kamera verisinin işlenmesi için iyi bir kamera görüntü işleme yazılımı kullanılması durumunda kamera görüntülerinin değerlendirilmesinde nasıl sonuçlar elde edilebileceğini görmek amacıyla gerçekleştirilen bir yöntemdir.

Bir  nceki değerlendirme sisteminden farkı, güvenlik kamerası içerisine kameranın izlediği koridor üzerindeki düğümlerin her birindeki kapalılık durumlarını ayrı ayrı değerlendirebilen bir yazılımın yerleştirilmiş olmasıdır. Elips yöntemi ve ikinci yöntemde belirtilen sistemden farklı olarak bu yazılım sayesinde sadece koridorun en arkasındaki açık alan değil, koridor içerisindeki düğümlerin açıklıkları ayrı ayrı saptanarak değerlendirmeye dahil edilebilmektedir. Benzer şekilde etki sonrası elemanların yarattıkları kapalılık değerleri de düğüm bazında değerlendirilebilmektedir. Kameraya yakın düğümlerde meydana gelen kapalılıkların arkada kalan düğümlerdeki kapalılık algısını etkilemesi her ne kadar önüne geçilemeyen bir durum olarak görünse de; bu yöntem kullanıldığında, belirli bir kapalılık oranının üzerindeki kamera değerlerinin değerlendirilmeye dahil edilmemesiyle, bu sorunun üstesinden gelmek diğer yöntemlere kıyasla biraz daha mümkün olmaktadır. 6.2.2.3. bölümünde deney düzenekleri değerlendirilirken bu yönteme daha detaylı olarak değinilecektir

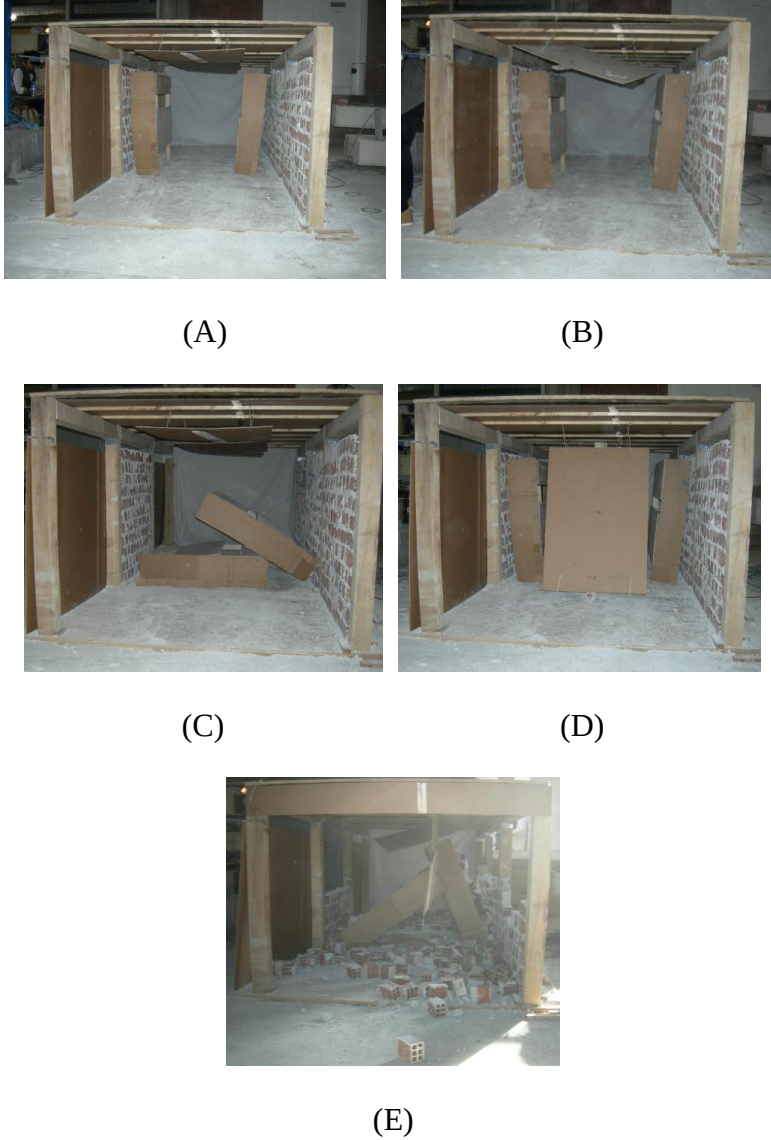
5.2 Kapalılık Sınıflandırmaları

Deneylerde elamanlara verilen hasarlar sonrasında koridor modelinde oluşan kapalılıkların değerlendirilebilmesi için bir sınıflandırma yapılmış ve çeşitli kapalılık durumları için harf değerleri belirlenmiştir. Belirlenen harf değerleri “A”, ”B”, ”C”, ”D” ve “E” olarak belirlenmiş ve anlamlandırılmıştır ( izelge 5.2).

Çizelge 5.2 : Kapalılık sınıflandırmaları ve açıklamaları.

NOT	Açıklama
A	Herhangi bir hasar yok
B	Hasar var ancak geçişi engellemiyor (engelliler de geçebilir)
C	Hasar var, yalnızca sağlıklı insanlar geçebilir (engelliler geçemez)
D	Hasar var, yalnızca sağlıklı insanlar fiziki zorlanma ile geçebilirler (sürünerek veya engeli iterek)
E	Hasar var, riskli ve tehlikeli durum, geçiş yok.

Çizelge 5.2'den de görüldüğü gibi A durumu düzenekte hiç hasar olmayan durumu temsil ederken; E durumu engelli ya da engelsiz kimsenin geçemeyeceği, hasarın ve tehlikenin en fazla olduğu durumu temsil etmektedir. Belirlenen bu sınıflandırma yaklaşımından; deneylerde elde edilen durumları ile kamera, KDK ve UMÖ algılayıcılarının verilerinin değerlendirilmesinde faydalanılmıştır. Sınıflara göre durumları örnekleyen deney fotoğraflar Şekil 5.6'da verilmektedir.



Şekil 5.6 : Kapalılık sınıflandırmalarını örnekleyen deney fotoğrafları.

5.2.1 Kapalılık harf notları

İki farklı tür kamera yaklaşımından ((1) koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyen yaklaşım ve (2) düğüm düğüm açıklıkları gözlemleyen yaklaşım) veri elde etmek için farklı görüntü işlemleri yöntemleri kullanılmıştır. Tüm yöntemlerde elde edilen son değer koridorun veya düğümün yüzde olarak kaçta kaçının kapandığını ifade

eden cinstendir. Bu değerlerin ne oranda doğru olduğunu belirleyebilmek için kamera verilerinin, uzman görüşü kuralları ile atanan kapalılık harf notları ile örtüşüp örtüşmedikleri kontrol edilmiştir. Kontrol öncesinde, kamera verilerinde bir dönüşüm yapılarak bu değerlerin uzman görüşü harf notları ile kıyaslanabilecek duruma gelmesi sağlanmıştır. Değerlerin düzenli bir dağılıma sahip olmaları da göz önünde bulundurularak elde edilen yüzde kapalılık değerlerinin kapalılık harf değerlerine dönüştürülmesi için bir çizelge oluşturulmuştur (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 : Kamera kapalılık yüzdelerine denk gelen harf notları.

Kamera Yüzdelik Dilim	Karşılığı Harf Değeri
$0 < a < 20$	A
$21 < a < 40$	B
$41 < a < 60$	C
$61 < a < 80$	D
$81 < a < 100$	E

5.2.2 Uzman görüşü değerlendirmeleri

Hasar sonrası geçiş alanında oluşan kapalılık durumunun değerlendirilmesinde farklı yorumların önüne geçebilmek için, düzenlemeye uygun olacak şekilde oluşabilecek tüm durumlara harf notlarının(kapalılık sınıfı) atanması kararlaştırılmıştır. Bu amaçla asma tavan, dolap ve duvar elemanlarının her biri için bir etki sonrasında alabilecekleri tüm durumlar birer birer çıkartılmıştır. Asma tavanın alabileceği toplam 7 farklı durum olup, bunlar: (1) asma tavanda hiçbir hasar olmaması, (2) asma tavanın bütün kablosunun kopması, (3) asma tavanın tek kablonun kopması, (4) asma tavanın çapraz kablosunun kopması, (5) asma tavanın paralel kablosunun kopması, (6) asma tavanın dik kablosunun kopması, (7) asma tavanın üç kablosunun kopması durumlarıdır. Dolabın alabileceği toplam 3 farklı durum olup; bunlar: (1) dolapta hiçbir hasar olmaması, (2) iki dolabın yıkılması ve (3) bir dolabın yıkılması durumlarıdır. Son olarak duvarın alabileceği toplam 2 farklı durum olup; bunlar: (1) duvarda hiçbir hasar olmaması ve (2) duvarın yıkılması durumlarıdır.

Elemanların son durumlarını içeren çizelge yardımı ile bütün kombinasyonlar oluşturularak değerlendirilmiştir. Elde edilmiş olan deney düzeneklerinin video görüntüleri ve fotoğrafları da dikkatle incelenerek, hangi durum için hangi harf notunun verilmesi gerektiğine uzman görüşü kullanılarak karar verilmiştir (Çizelge 5.4, Çizelge 5.5). Çizelge 5.4'ten de görülebileceği gibi, elemanların çeşitli durumlarının kombinasyonları için hangi kapalılık durumunu oluşturacakları tespit

edilerek ilgili harf değeri atanmıştır. Örneğin, dar bir koridordaki düğüm noktalarından birindeki asma tavanın tek kablusunun kopması durumu, diğer elemanlarda bir değişiklik yok ise, B kapalılık durumunu oluştururken; asma tavanın bu durumu bir dolap yıkılması veya bir duvar yıkılması ile birleştiğinde D kapalılık durumunu oluşturmaktadır. Buna karşılık dar koridorda geçiş alanı daha kısıtlı olacağından daha az elemanın hasar aldığı durumlarda aynı kapalılık durumu oluşmaktadır. Dar koridor düzeneğinin geniş koridor düzeneğine kıyasla boyutlarının insanların geçişi için daha az elverişli olmasından dolayı; örneğin geniş bir koridor üzerinde C kapalılık sınıfını oluşturabilecek bir durumun dar koridor üzerinde direkt olarak D kapalılığını vermesine neden olmaktadır. Bu nedenle dar koridor düzeneğinde C kapalılık sınıfı veren bir kombinasyon oluşmamaktadır.

Çizelge 5.5'ten görülebileceği gibi, geniş bir koridor üzerindeki asma tavanın çapraz kablolarının kopması durumu tek başına B kapalılık sınıfını oluştururken; buna bir dolabın yıkılması durumu eşlik ettiğinde C kapalılığı oluşmaktadır. Her iki deney düzeneğinde aynı olan durum ise herhangi bir elemanda hasar olmadığı durumun A harf notu ile değerlendirilmesidir.

Elde edilen, olası tüm sonuçları içeren uzman görüşü kuralları deney sonuçlarına kapalılık harf notlarını atamak için kullanılmıştır. Kamera kuralları için de benzer bir çizelge oluşturulmuştur. Geniş ve dar koridor düzeneklerinde gerçekleştirilen deneyler oluşturulan kamera kurallarıyla değerlendirilerek, kamera yüzdelik değerleri atanmıştır. Önceki bölümlerde bahsi geçen görüntü işleme yöntemleriyle kameradan elde edilen yüzdelik değerler Çizelge 5.3'e göre kapalılık harf notlarına çevrilmiş ve hangi kombinasyon içerisine dahil oluyorsa o kombinasyonun yanına ilgili harf notu yazılmıştır. Kullanılan görüntü işleme yöntemleri bir durum için her seferinde aynı yüzde kapalılık değerini veremeyebilmektedir. Bunun bir nedeni, elemanların aynı hasar verilmiş olsa da her seferinde aynı şekilde davranmıyor olmasıdır. Bir başka neden ise bir durumun farklı düğümlerde farklı kapalılık oranları yaratmasıdır. Örneğin, bir dolap elemanı her seferinde aynı şekilde düşmemekte ve dolayısıyla aynı kapalılığı yaratmamaktadır. Örneğin, geniş koridor düzeneğinde ideal yöntem uygulandığında asma tavanın paralel kablolarının kopması senaryosu, deneylerde 15 kere denenmiş ve bunların 9 tanesi %10 (A), 2 tanesi %20 (A), 2 tanesi %30 (B), 1 tanesi %40 (B) ve 1 tanesi de %50 (C) şeklinde tespit edilmiştir. Bu durum, kullanılan kamera görüntü işleme yönteminin elemanın ve

düğümün hasar sonrası oluşan durumunu doğru tespit etmedeki başarısını düşürmektedir.

Çizelge 5.4 : Dar koridor uzman görüşleri.

Deneylerde Gerçekleşen Eleman Hasarları					
No	NOT	Asma tavan	Dolap	Duvar	Kolon
1	A	-	-	-	-
2	B	Tek Kablo Kopması	-	-	-
3	B	Çapraz Kablo Kopması	-	-	-
4	D	-	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
5	D	Tek Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
6	D	Çapraz Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
7	D	-	-	Duvar Yıkılması	-
8	D	Tek Kablo Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
9	D	Çapraz Kablo Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
10	E	Paralel Kablo Kopması	-	-	-
11	E	Paralel Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
12	E	Paralel Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
13	E	Paralel Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
14	E	Paralel Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
15	E	Paralel Kablo Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
16	E	Dik Kablo Kopması	-	-	-
17	E	Dik Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
18	E	Dik Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
19	E	Dik Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
20	E	Dik Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
21	E	Dik Kablo Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
22	E	Üç Kablo Kopması	-	-	-
23	E	Üç Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
24	E	Üç Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
25	E	Üç Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
26	E	Üç Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
27	E	Üç Kablo Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
28	E	Bütün Kabloların Kopması	-	-	-
29	E	Bütün Kabloların Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
30	E	Bütün Kabloların Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
31	E	Bütün Kabloların Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
32	E	Bütün Kabloların Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
33	E	Bütün Kabloların Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
34	E	-	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
35	E	Tek Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
36	E	Çapraz Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
37	E	-	İki Dolabın Yıkılması	-	-
38	E	Tek Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
39	E	Çapraz Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
40	E	-	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
41	E	Tek Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
42	E	Çapraz Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
43	E	Herhangi bir durum	Herhangi bir durum	Herhangi bir durum	Kolon yıkılması

Çizelge 5.5 : Geniş koridor uzman görüşleri.

Deneylerde Gerçekleşen Eleman Hasarları					
No	NOT	Asma tavan	Dolap	Duvar	Kolon
1	A	-	-	-	-
2	B	Tek Kablo Kopması	-	-	-
3	B	Çapraz Kablo Kopması	-	-	-
4	C	-	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
5	C	Tek Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
6	C	Çapraz Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
7	C	-	-	Duvar Yıkılması	-
8	C	Tek Kablo Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
9	C	Çapraz Kablo Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
10	C	-	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
11	C	Tek Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
12	C	Çapraz Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
13	D	Paralel Kablo Kopması	-	-	-
14	D	Paralel Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
15	D	Dik Kablo Kopması	-	-	-
16	D	Dik Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
17	D	Üç Kablo Kopması	-	-	-
18	D	Üç Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
19	D	Bütün Kabloların Kopması	-	-	-
20	D	Bütün Kabloların Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	-	-
21	D	-	İki Dolabın Yıkılması	-	-
22	D	Tek Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
23	D	Çapraz Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
24	D	-	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
25	D	Tek Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
26	D	Çapraz Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
27	E	Paralel Kablo Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
28	E	Paralel Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
29	E	Paralel Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
30	E	Paralel Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
31	E	Dik Kablo Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
32	E	Dik Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
33	E	Dik Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
34	E	Dik Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
35	E	Üç Kablo Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
36	E	Üç Kablo Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
37	E	Üç Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
38	E	Üç Kablo Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
39	E	Bütün Kabloların Kopması	-	Duvar Yıkılması	-
40	E	Bütün Kabloların Kopması	Bir Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
41	E	Bütün Kabloların Kopması	İki Dolabın Yıkılması	-	-
42	E	Bütün Kabloların Kopması	İki Dolabın Yıkılması	Duvar Yıkılması	-
43	E	Herhangi bir durum	Herhangi bir durum	Herhangi bir durum	Kolon yıkılması

5.2.3 Deney sonuçlarının çizelgeleştirilmesi

Gerek gerçekleştirilen deneylerin anlaşılır kılınabilmesi, gerek senaryoların oluşturulabilmesi için tüm verilerin belirli bir düzen içerisinde yazılması gerekmektedir. Bu nedenle deneylerden elde edilen veriler “1”ler ve “0”lar şeklinde düzenlenmiş ve çizelgeleştirilmiştir (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6 : Deney verileri çizelge başlıkları.

ÖRNEK					
Deney Adı-Aşama Adı					10
Düğüm noktası					2
Uzman görüşüyle çıkan sonuç					B
Değişkenler	Kamera (Harf)				B
	Asma Tavan	KDK	Tavan	(sol alt)	1
			Tavan	(sol üst)	0
			Tavan	(sağ üst)	0
			Tavan	(sağ alt)	0
		UMÖ	Tavan		1
	Duvar Üst	KDK	Duvar Üst (sol)		0
			Duvar Üst (sağ)		0
			UMÖ	Duvar Üst	
	Duvar Alt	KDK	Duvar Alt (sol)		0
			Duvar Alt (sağ)		0
			UMÖ	Duvar Alt	
	Dolap Üst	KDK	Dolap Üst (sol)		0
			Dolap Üst (sağ)		0
	Dolap Alt	KDK	Dolap Alt (sol)		0
			Dolap Alt (sağ)		0
Dar-Geniş Koridor					0

6. DENEYLERDEN ELDE EDİLEN VERİLERİN YORUMLANMASI

Yapılan deneyler kapsamında elde edilen algılayıcı verileri değerlendirilerek, algılayıcıların izledikleri elemanlarda ve bulundukları düğüm noktalarında deney sonrası meydana gelen değişimleri tespit etmede sağladıkları başarılar belirlenmiştir. Algılayıcıların üstün ve zayıf kaldıkları noktalar tespit edilerek, tek başlarına veya bir arada kullandıklarında nasıl daha başarılı sonuçlar elde edilebileceği araştırması yapılmış; algılayıcı verilerinin birleştirilmesi (sensor fusion) çalışmaları sırasında kullanılabilecek bulgular elde edilmiştir. Bu analizlerden elde edilen sonuçların yorumlanması ve geçerliklerinin değerlendirilmesi için C4.5 ve REPTree algoritmalarından üretilen karar ağaçlarından elde edilen sonuçlar kullanılarak yorumlama yapılmıştır.

6.1 Algılayıcılardan Gelen Hatalı Sonuçların Tespiti

Laboratuvar ortamında yapılmış olan deney verilerinin doğruluklarını test edebilme adına bir dizi kontrol gerçekleştirilmiştir. Üç açıklıklı geniş koridor maketi üzerinde dört seri olarak gerçekleştirilen 56 adet deney, düğüm bazında ele alınarak toplam 168 (56 x 3) deney şeklinde değerlendirilmiştir. Benzer şekilde, yine üç açıklıklı (üç düğüm noktalı) dar koridor maketi üzerinde 1 seri olarak gerçekleştirilen 7 adet deney ise düğüm bazında toplam 21 (7 x 3) deney olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1 : Düğüm bazında geniş ve dar koridor düğüm adetleri.

	Koridor bazında deney adedi	Düğüm bazında deney adedi
Geniş koridor deneyleri	56	168
Dar koridor deneyleri	7	21
	TOPLAM	189

Geniş ve dar koridor maketleri üzerinde gerçekleştirilen toplam 189 adet deney (168 geniş koridor deneyi ve 21 dar koridor deneyi) sırasında elde edilen algılayıcı verileri ve kamera görüntüleri analiz edilerek, hangi tür algılayıcıların, hangi durumlarda hatalı değer verdiği tespit edilmiştir.

Algılayıcıların elemanların pozisyonundaki değişimi algıladığı durumların “1”, algılamadığı durumların “0” ile ifade edildiği deney sonuçları değerlendirilirken Yanlış Negatif (False Negative) ve Yanlış Pozitif (False Positive) türü hataların varlığı araştırılmıştır. Bu noktada kurulan hipotez şu şekildedir (Çizelge 6.2):

H0: Elemanda değişim var iken elemanı izleyen algılayıcı değişimi algılar

Yanlış Negatif: Gerçekte elemanda değişim var iken (1) algılayıcıların değişim yok (0) dediği durumlar

Yanlış Pozitif: Gerçekte elemanda değişim yok iken (0) algılayıcıların değişim var (1) dediği durumlar

Çizelge 6.2 : Yanlış negatif ve yanlış pozitif durumları.

	Algılayıcının değerlendirmesi	Gerçek eleman durumu
Yanlış Negatif	0	1
Yanlış Pozitif	1	0

Yanlış negatif ve yanlış pozitif değerlerin belirlenebilmesi için, gerçekleştirilen deneylerde elemanların gerçekteki son durumlarının bilinmesi gerekmektedir. Elemanların gerçek durumlarını belirlemede fikir ayrılığı olması önlemek için dolapların 15 dereceden fazla eğilmesi durumunun dolabın düşmesi olarak değerlendirilmesine karar verilmiştir. Bunun yanı sıra UMÖ içeren duvar ve asma tavanlarda herhangi bir değişiklik olması durumunda (asma tavanın en az bir kablosunun kopması, duvarın yıkılması), eleman üzerindeki UMÖ’nün değişim algılaması gerektiği düşünülerek değerlendirme yapılmıştır.

Bu yaklaşım sayesinde algılayıcıların hatalı veri gönderdiği, yani elemanın pozisyonunda değişim olmayan durumda değişim algıladığı veya elemanın pozisyonunda değişim olan durumlarda algılayıcıların değişimi algılayamadığı durumlar gözlemlenebilmiştir. Algılayıcının “1” değerini verdiği fakat deney düzeneğinde değişimin gözlemlenmediği durumlar Yanlış Pozitif (False Positive) iken; algılayıcının “0” değerini verdiği fakat deney düzeneğinde değişimin gözlemlendiği durumlar Yanlış Negatif (False Negative) olarak değerlendirildiğinde sonuçlar Çizelge 6.3’te verildiği şekilde oluşmuştur. Toplamda 51 adet Yanlış Negatif, 5 adet Yanlış Pozitif değer elde edildiği gözlemlenmiştir. Doğru algılanamayan bu toplam 56 adet değer dağılımı Çizelge 6.3’te gözlemlenebilmektedir.

Çizelge 6.3'te sayısal olarak verilen, hatalı veri gönderen algılayıcıların durumları tek tek incelenmiş ve sebepleri araştırılmıştır.

Çizelge 6.3 : Yanlış negatif, yanlış pozitif dağılım çizelgesi.

Geniş Koridor Düzeneği			
Yanlış Negatif		Yanlış Pozitif	
UMÖ	23	UMÖ	0
KDK	27	KDK	5

Dar Koridor Düzeneği			
Yanlış Negatif		Yanlış Pozitif	
UMÖ	1	UMÖ	0
KDK	0	KDK	0

Geniş koridor düzeneğindeki duvar KDK'lerinden alınan toplam 15 yanlış negatif KDK değerinin kaynağı, duvar yıkılmış olmasına karşın, kabloların kopmamış olmasıdır. Deneyler incelendiğinde duvarların yalnızca üst kısımlarının yıkıldığı, alt kısımlarının ayakta kaldıkları gözlemlenmiştir (Şekil 6.1).



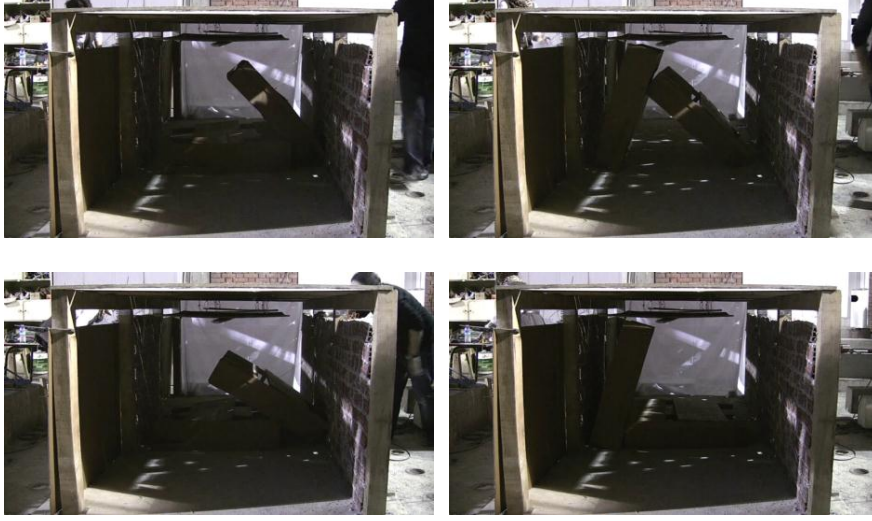
Şekil 6.1 : Duvar KDK'lerinde yanlış negatif durumlarına örnekler.

Geniş koridor düzeneğindeki dolap KDK'lerinden alınan 5 yanlış negatif değerinin nedeni ise dolapların yıkılmış sınırı kabul edilen 15 dereceyi geçmiş olmalarına karşın, kablonun gereğinden uzun olması nedeniyle kopma gerçekleşmeyerek KDK'nin yanlış değer yansıtmasına yol açmış olmasıdır. Yanlış negatife örnek bir diğer durum dolaplarda KDK'lerin yeterince sağlam bağlanmamış olması; devrilme veya düşme gerçekleşmiş olmasına karşın KDK'nin yerinden çıkarak eleman ile birlikte hareket etmesi sonucu hatalı değer yansıtmasıdır (Şekil 6.2).

Geniş koridor düzeneğindeki asma tavan KDK'lerinden alınan 7 yanlış negatif değeri ise kabloların kopmayarak bağlı oldukları noktalardan çıkmış olmalarından kaynaklanmaktadır (Şekil 6.3).

Duvarlara yerleştirilmiş olan UMÖ'lerde görülen hataların bir kısmının devrilen asma tavanların duvar UMÖ'lerinin görüşünü kısıtlayarak yanılmalarına yol

açmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Asma tavanlardaki UMÖ'ler ile elde edilen hatalı verilerin kaynağının UMÖ'nün ölçüm yaparken yaydığı ses dalgalarındaki yankılanma olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 6.2 : Dolap KDK'lerinde yanlış negatif durumlarına örnekler.



Şekil 6.3 : Asma tavan KDK'lerinde yanlış negatif durumlarına örnekler.

Geniş koridor düzeneğindeki duvar KDK'lerinde görülen 1 yanlış pozitif KDK değerinin duvar yıkılmamış olmasına rağmen kablonun başka bir nedenden kopmasından meydana gelmiş olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 6.4).



Şekil 6.4 : Duvar KDK'lerinde yanlış pozitif durumu.

Geniş koridor düzeneğindeki dolap KDK'lerinde gözlemlenen bir yanlış pozitif KDK değerinin nedeni dolaplardan birinin eğilerek KDK değerinde değişime neden olurken; dolap devrilme sınırı olarak kabul edilen 15 dereceden fazla eğilmemiş olmalarıdır (Şekil 6.5).



Şekil 6.5 : Dolap KDK'lerinde yanlış pozitif durumları.

Yanlış negatif ve yanlış pozitif değerlerinin hangi durumlarda elde edildiği gözlemlendikten sonra birleştirmede kullanılacak algılayıcı verileri üzerinde, gerçek uygulamalarda da benzer durumlar ile karşılaşılabilceği düşünülerek, değişiklik yapılmamıştır. Yanlış negatif ve yanlış pozitif sonuç veren yerlerin belirlenmesi ile sonraki çalışmalarda yerleşim ve kullanılan algılayıcı bakımından farklı yaklaşımlar izlenerek istenmeyen bu değerlerin azalması sağlanabilir.

6.2 Algılayıcıların Elemanların Durumlarını Tespit Etme Başarıları

Şekil 1.3'ün dördüncü adımında belirtildiği şekilde bu bölümde, elemanların deney sonrası durumlarının değerlendirilmesinde sadece aynı tip algılayıcılar kullanıldığında ne derece doğru tespitler yapabildikleri incelenmiştir.

6.2.1 Aynı tip algılayıcıların elemanın durumunu değerlendirmesi

KDK ve UMÖ tipi algılayıcılardan elde edilen veriler ayrı ayrı değerlendirilerek; hasar sonrası elemanların gerçek durumlarını ne oranda doğru tespit edebildikleri araştırılmıştır. Bunun için daha önce verilen, her bir elemanın hasar verildikten sonra alabileceği son durumlar kullanılmıştır. Bölüm 5.2.2.'de değinildiği gibi asma tavan

için gözlemlenebilecek farklı durumların toplam adedi 7, dolap için 3, duvar için ise 2'dir. Duvar elemanında iki adet duvarın birlikte yıkılması ve bir duvarın yıkılması durumlarının değerlendirmeye eklenmemesinin nedeni, duvarın yıkılması sonucunda gözlemlenen durumun, yıkılan duvar sayısından bağımsız olarak benzer olmasıdır. Başka bir deyişle, düğüm içerisinde bir veya iki adet duvarın yılmış olması düğümün kapalılık yorumunu değiştirmemektedir.

Elemanların son durumları ve algılayıcılardan elde edilen veriler göz önünde bulundurularak KDK algılayıcı verilerinin sırasıyla “asma tavan”, “dolap”, “duvar” elemanlarının durumunu değerlendirmedeki başarısı ve UMÖ algılayıcı verilerinin “asma tavan” ve “duvar” elemanlarının durumunu değerlendirmedeki başarısı irdelenmiştir. Bu değerlendirmelerin sonucunda elde edilen veriler çizelgeleştirilmiş ve tüm düğümün kapalılık durumunu tespit etmek için kullanılacak kararların çıkarılması hedeflenmiştir. Eleman durumlarının tespit edilmesi sırasında yanlış olarak tespit edilen değerler, bölüm 6.1’de değinilen yanlış negatif ve yanlış pozitif değerlerden ötürü ortaya çıkacaktır. “6.3.6. Farklı tip algılayıcıların düğüm bazında ortak değerlendirilmesi” başlığı altında farklı algılayıcılardan elde edilen verilerin birleştirilmesi sırasında kullanılmak üzere oluşturulan kararların detayları verilmiştir.

Deney ve algılayıcı adları için bir adlandırma kuralı (naming convention) belirlenmiş ve çizelgeleştirme safhasında buna sadık kalınmıştır (Çizelge 6.4). Düğümün numarası, algılayıcının tipi, elemanın adı, elemanın numarası, algılayıcının numarası kısaltılarak bu kurala dahil edilmiştir.

Çizelge 6.4 : Kısaltmalar.

Kısaltmalar	
.N1:	1. Düğüm
.N2:	2. Düğüm
.N3:	3. Düğüm
K:	KDK
U:	UMÖ
d:	Dolap
dv:	Duvar
a:	Asma Tavan

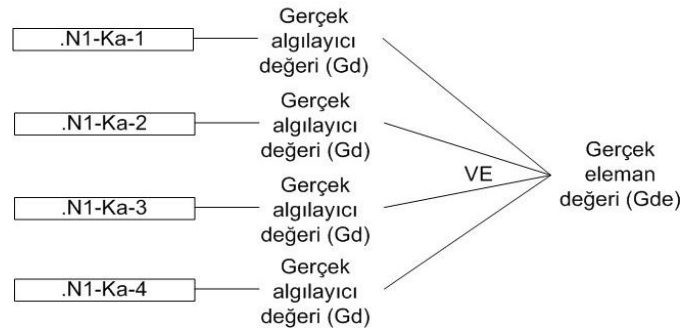
Oluşturulan adlandırma kuralına göre, örnek olarak “.N2 Kdv1-2” ifadesinde “.N2” ikinci düğüm noktasını, “K” KDK’yi, “dv” duvar elemanını, “1” birinci duvarı ve “2” ikinci KDK’yi temsil etmekte ve “İkinci düğüm noktasındaki birinci duvarının iki numaralı KDK’si” ifade edilmektedir.

6.2.1.1 KDK algılayıcılarının asma tavan durumlarını anlamadaki başarısı

Bir asma tavan üzerinde bulunan tüm KDK'ler bir arada değerlendirilerek, asma tavanın deney sonrası oluşan durumunun doğru tespit edilip edilemediği kontrol edilmiştir. Dar koridor düzeneğinde asma tavan elemanının bulunmamasından ötürü, değerlendirme yalnızca geniş koridor deneyleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Asma tavanlar için daha önce de belirtildiği gibi 7 farklı son durum mevcuttur. Bu durumların kesin olarak tespit edilebilmesi için, her KDK'nin doğru değer yansıtması gerekmektedir. Eleman içerisindeki tüm KDK'lerin tek tek doğru değer yansıtması gerekliliği göz önüne alındığında; KDK doğruluk-yanlışlık değerlerinin "VE" bağlacı ile elemanın durumunu belirlemede kullanılması gerektiği görülmektedir (Şekil 6.6).

Geniş koridor düzeneğinde gerçekleştirilen toplam 168 adet deneyin tamamında asma tavanlar ve bunların her birinde 4'er adet KDK bulunmaktadır. Deneylerin değerlendirilmesi sonucunda, 168 adet deneyin 147'sinde asma tavanının durumunun KDK'ler tarafından doğru tespit edildiği, 22 durumun ise KDK'ler tarafından yanlış değerlendirildiği görülmüştür. Bu veriler ışığında KDK algılayıcılarının asma tavanının durumunu %87 oranında doğru tespit edebildiği görülmektedir (Çizelge 6.5).



Şekil 6.6 : KDK-Asma tavan değerlendirilmesi.

Çizelge 6.5 : KDK-Asma tavan başarıım yüzdesi.

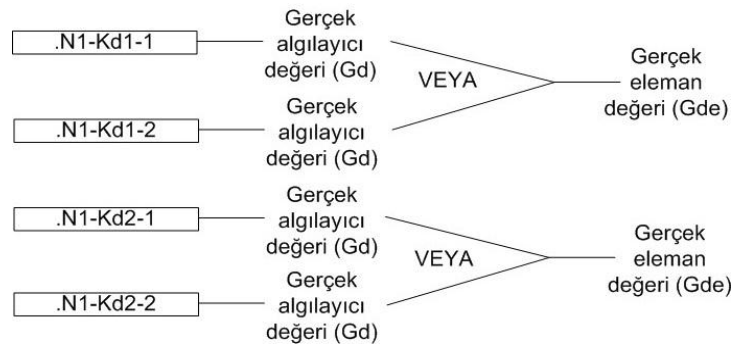
Toplam deney sayısı	168
Doğru tespit edilenler	146
Yanlış tespit edilenler	22
Doğru tespit edebilme yüzdesi	%87

6.2.1.2 KDK algılayıcılarının dolap durumlarını anlamadaki başarısı

Bir dolap üzerinde bulunan KDK'ler bir arada değerlendirilerek, dolabın deney sonrası oluşan durumunun doğru tespit edilip edilemediği kontrol edilmiştir. Geniş

koridor için toplam 168 adet deneyin 56 tanesinde iki adet dolap bulunmaktadır. Dar koridor düzeneğinde ise gerçekleştirilen toplam 6 adet deneyde birer adet dolap bulunmaktadır. Dolaplar ayrı ayrı değerlendirildiğinde toplamda elde edilen 118 deneyde (geniş koridor düzeneğinden toplam $56 \times 2 = 112$ adet ve dar koridor düzeneğinden 6 adet) KDK'ler ile izlenen dolap elemanları mevcuttur.

Dolap elemanını izleyen iki adet KDK algılayıcısından sadece bir tanesinin dolabın düştüğüne dair veri göndermesi dolabın gerçekten devrildiğini anlamak için yeterli bir bilgidir. Bu doğrultuda birinci ve ikinci KDK'ler "VEYA" bağlacı ile bağlanarak dolabın son durumu açısından değerlendirilmiştir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7 : KDK-Dolap değerlendirilmesi.

118 deneyin yalnızca birinci KDK'leri değerlendirmeye alındığında 115 adet durumda dolabın son durumları doğru algılanırken; 3 durum birinci KDK'lerce yanlış tespit edilmiştir. Yalnızca ikinci KDK'ler değerlendirildiğinde ise benzer şekilde 115 durumun doğru, 3 durumun ikinci KDK'lerce yanlış tespit edildiği görülmüştür (Çizelge 6.6).

Çizelge 6.6 : KDK-Dolap başarımlı yüzdesi.

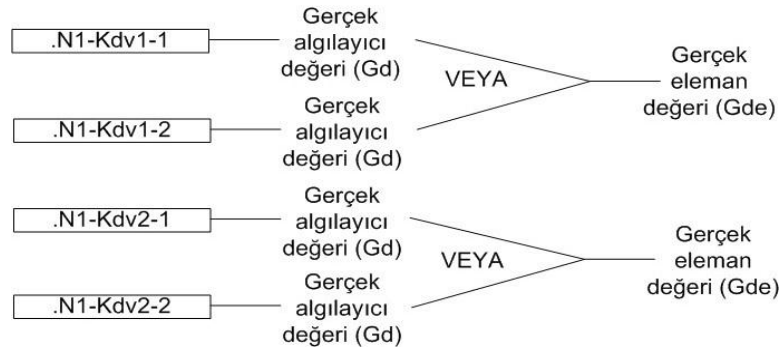
Birinci KDK'lerin başarımlı		İkinci KDK'lerin başarımlı	
Toplam durum sayısı	118	Toplam durum sayısı	118
Doğru tespit edilenler	115	Doğru tespit edilenler	115
Yanlış tespit edilenler	3	Yanlış tespit edilenler	3
Doğruluk yüzdesi	97%	Doğruluk yüzdesi	97%

6.2.1.3 KDK algılayıcılarının duvar durumlarını anlamadaki başarımlı

Bir duvar elamanı üzerinde bulunan tüm KDK tipi algılayıcılar bir arada değerlendirilerek, duvarın deney sonrası oluşan durumunun KDK'lerce doğru tespit edilip edilemediği kontrol edilmiştir. Geniş koridor düzeneğindeki 168 deney içerisinde toplam 224 duvarlı deney bulunmaktadır. Dar koridor düzeneğinde yapılan

deneylerdeki duvar sayısı ise 28’dir. Geniş ve dar koridor düzenekleri beraber değerlendirmeye alındığında toplam deney sayısı 252 (224 adet geniş koridordan ve 28 adet dar koridordan) olmaktadır. Her bir duvar 2’şer adet KDK ile izlenmektedir. Duvar elemanı, dolap elemanı ile deneylerde verilen hasar sonrası oluşabilecek son durumlar açısından benzer özelliklere sahiptir. Duvarlardaki KDK verilerine bakıldığında, iki KDK’den bir tanesinin duvarın düştüğüne dair veri göndermesi, duvarın düştüğünü anlamak için yeterli bir bilgidir. Bu doğrultuda birinci ve ikinci KDK’ler yine “VEYA” bağlacı ile bağlanarak duvarın son durumu açısından değerlendirilmiştir (Şekil 6.8).

252 duvarın yalnızca birinci KDK’leri değerlendirmeye alındığında duvarların son durumları 242 durumda doğru, 10 durumda ise yanlış tespit edilebilmiştir. Aynı değerlendirme sadece ikinci KDK’ler için yapıldığında ise 246 durumun doğru, 6 durumun ise yanlış şekilde tespit edildiği ortaya çıkmaktadır (Çizelge 6.7).



Şekil 6.8 : KDK-Duvar değerlendirilmesi.

Çizelge 6.7 : KDK-Duvar başarımlı yüzdesi.

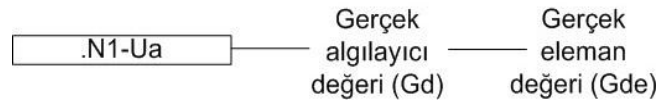
Birinci KDK’lerin başarımlı		İkinci KDK’lerin başarımlı	
Toplam durum sayısı	252	Toplam durum sayısı	252
Doğru tespit edilenler	242	Doğru tespit edilenler	246
Yanlış tespit edilenler	10	Yanlış tespit edilenler	6
Doğruluk yüzdesi	%96	Doğruluk yüzdesi	%98

6.2.1.4 UMÖ algılayıcılarının asma tavan durumlarını anlamadaki başarımlı

Asma tavanları izleyen UMÖ’ler bir arada değerlendirilerek, asma tavanların deney sonrası son durumlarının UMÖ’ler tarafından doğru tespit edilip edilemediği kontrolü yapılmıştır. Asma tavan için daha önce de belirtilen 7 adet son durum belirlenmiş iken; asma tavanlarda birer adet bulunan UMÖ’ler yalnızca asma tavanda kopma olup olmadığını anlayabilmekte ve buna dair sadece iki farklı veri sağlayabilmektedir. Bu durumda asma tavan UMÖ’lerinde değişim algılanmaması

durumunda hiç kablo kopmadığı; UMÖ’de değişim algılandığında ise en az bir kablonun kopmuş olduğunun anlaşılması gerektiği öngörülmüştür. Buna göre, (1) UMÖ’nün değişim algılamadığı ve asma tavanın gerçekten değişim göstermediği durumların ve (2) UMÖ’nün değişim algıladığı ve asma tavanın değişim gösterdiği durumların tespit edilebileceği şeklinde değerlendirme yapılmıştır (Şekil 6.9). İlerleyen bölümlerde bahsedilen “6.2.2.2. UMÖ tipi algılayıcıların düğümün deney sonrası durumunu anlamadaki başarısı” başlığı altında asma tavanın gerçek durumu ve UMÖ’ler üzerine yapılan değerlendirmelere daha detaylı olarak değinilmiştir.

Öngörülen yaklaşım ışığında, geniş koridor düzeneğinde gerçekleştirilen 168 adet deney üzerindeki 168 adet asma tavan UMÖ’sü değerlendirmeye dahil edilmiştir. Dar koridor düzeneğinde gerçekleştirilen deneylerde asma tavan bulunmadığı için toplam deney sayısı 168 ile sınırlı kalmıştır. Değerlendirme sonucunda, 168 adet deneyin 157 tanesinde UMÖ’ler asma tavanın durumunu doğru olarak tespit edebilmiş; kalan 11 durumda ise hatalı veri yansıtmıştır. Buna göre elemanın hasar sonrası durumunu doğru anlamadaki başarısı %93’tür (Çizelge 6.8).



Şekil 6.9 : UMÖ-Asma tavan değerlendirmesi.

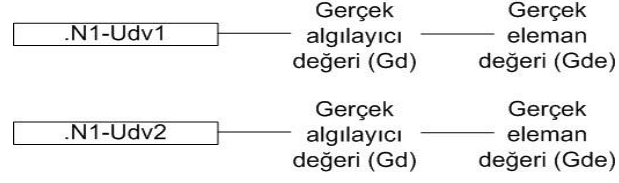
Çizelge 6.8 : UMÖ-Asma tavan başarımlı yüzdesi.

Toplam durum sayısı	168
Doğru tespit edilenler	157
Yanlış tespit edilenler	11
Doğruluk yüzdesi	%93

6.2.1.5 UMÖ algılayıcılarının duvar durumlarını anlamadaki başarısı

Duvarları izleyen UMÖ’ler bir arada değerlendirilerek, duvarların deney sonrası son durumlarının UMÖ’ler tarafından doğru tespit edilip edilemediği kontrolü yapılmıştır. Geniş koridor düzeneğindeki 168 deney içerisinde UMÖ içeren duvarlı deney sayısı 112’dir. Dar koridorda ise UMÖ içeren duvar sayısı ise 14’tür. Dar ve geniş koridor beraber değerlendirmeye alındığında deney sayısı 126 (112 adet geniş koridor deneyi ve 14 adet dar koridor deneyi) olmaktadır. Her duvar tek UMÖ ile izlenmektedir. Duvarın iki farklı son durumu, UMÖ’nün yansıtabileceği iki farklı durum olmasından ötürü; (1) UMÖ’nün değişim algılandığı ve duvarın yıkıldığı

durumların ve (2) UMÖ'nün değişim algılamadığı ve duvarın yıkılmadığı durumların tespit edilebildiği kabul edilmiştir (Şekil 6.10).



Şekil 6.10 : UMÖ-Duvar değerlendirilmesi.

Deneyleerin değerlendirilmesi sonucunca, 126 duvar deneyinin 113'ü UMÖ'ler tarafından doğru tespit edildiği, 13 deneyde ise hatalı sonuç elde edildiği görülmüştür. Bu veriler ışığında UMÖ algılayıcılarının duvarın durumunu %90 oranında doğru tespit edebildiği görülmektedir (Çizelge 6.9).

Çizelge 6.9 : UMÖ-Duvar başarıım yüzdesi.

Toplam durum sayısı	126
Doğru tespit edilenler	113
Yanlış tespit edilenler	13
Doğruluk yüzdesi	90%

6.2.1.6 Elemanın durumunu değerlendirme sonuçlarının kıyaslanması

Asma tavanlarda değişimi anlamada başarıım yüzdeleri kıyaslandığında UMÖ algılayıcılarının başarıım yüzdesi(%93), KDK algılayıcılarının başarıım yüzdesinden(%87) daha yüksek olduğu görülmektedir. Fakat değişim algılamamanın yanı sıra, asma tavanın hasar sonrası gerçek durumunun bilinmesi konusunda UMÖ'ler gerçek değer yansıtmaktan uzak kalmaktadır. Bu değerlendirmeye detaylı olarak 6.2.2.2 bölümünde değinilmiştir.

Duvarlar üzerinde kullanılan KDK'ler, duvarın hasar sonrası durumunu tespit etmede %96 ve %98 başarı gösterirken, UMÖ'ler %90 başarı göstermişlerdir. Dolaplar için UMÖ algılayıcısı kullanılmamış, kullanılan KDK'lerin ikisi de %97 başarı göstermişlerdir.

6.2.2 Aynı tip algılayıcıların düğümün durumunu değerlendirmesi

Algılayıcıların tek tek elemanların durumunu tespit etmedeki başarısı belirlendikten sonra elde edilen sonuçlar ışığında, tüm düğümün durumunu tespit etmedeki başarısı değerlendirilmiştir. Bunun için, öncelikle düğüm içerisinde bulunan asma tavan, dolap ve duvar elemanlarının durumları tek tip algılayıcı ((1) yalnızca KDK'ler, (2)

yalnızca UMÖ'ler ve (3) yalnızca kamera) ile tespit edilmiştir. Bundan sonra; algılayıcının tespit ettiği düğüm durumu, uzman görüşünde belirlenmiş kurallara göre değerlendirilerek harf değerine çevrilmiştir. Benzer şekilde, düğümün deney sonrası durumunu gösteren video görüntülerine bakılarak elemanların gerçekleşen durumları belirlenmiş ve ilgili kapalılık harf değerleri verilmiştir. Biri algılayıcı verilerinin yorumlanmasıyla, öteki de deney sonrası görüntülerin uzman görüşü kurallarıyla incelenmesi sonucu elde edilen iki harf değerinin örtüşüp örtüşmediği kontrol edilerek, aynı tip algılayıcıların düğümün durumunu değerlendirmedeki başarısı saptanmıştır.

6.2.2.1 KDK algılayıcılarının düğümün durumunu anlamadaki başarısı

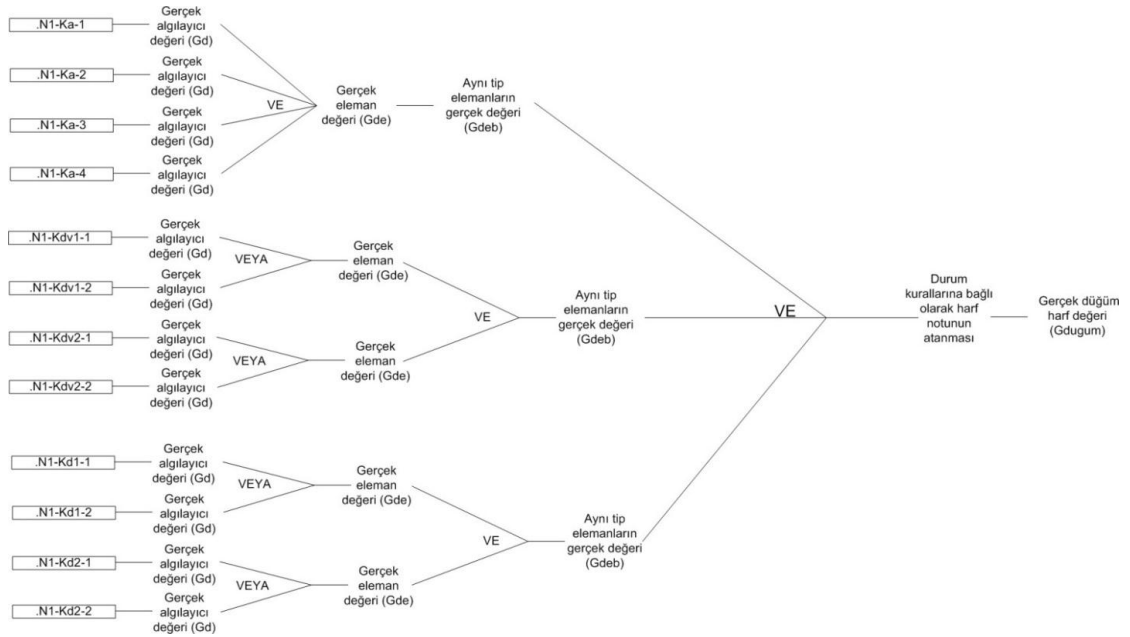
Bir düğüm içerisinde bulunan tüm KDK'ler bir arada değerlendirilerek tespit edilen durum, uzman görüşü kurallarına bağlı olarak kapalılık harf notuna çevrilmiştir. Geniş koridor düzeneği içerisinde bulunan elemanlar tek tek incelendiğinde dolaplar üzerinde iki adet KDK, asma tavanlar üzerinde dört adet KDK, duvarlar üzerinde iki adet KDK olduğu görülmektedir. Dar koridor içerisindeki elemanlar değerlendirildiğinde ise bu düzenekte asma tavan elemanı bulunmadığından dolayı, sadece dolaplarda iki adet KDK ve duvarlarda iki adet KDK olduğu görülmektedir. Geniş koridor düzeneğinde yapılan 168 adet deneyin tamamı ve dar koridor düzeneğinde gerçekleştirilen 21 adet deneyin tamamı; düzenekler içerisinde en az 1 adet KDK bulunmasından ötürü bu değerlendirmeye dahil edilmiştir. Bu yaklaşım ile toplamda 189 deney (168 geniş koridor deneyi, 21 dar koridor deneyi) ile değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

Düğümün deney sonrası gerçekleşen durumunun tespit edilebilmesi için, elemanların bireysel olarak değerlendirilmesi sonucu elde edilen eleman durumlarının hep birlikte ele alınması gerekmektedir. Elemanların bireysel olarak durumlarının değerlendirilmesi birbirlerinden bağımsız olmasına karşın; düğümün durumunun değerlendirilmesi tüm elemanlardan doğru bilgi gelmesi ile sağlanır. Bu nedenle eleman durumlarının sonuçları “VE” bağlacı ile bağlanarak birleştirilmiş ve düğümün deney sonrası durumunun değerlendirilmesine geçilmiştir (Şekil 6.11).

Uzman görüşü kuralları bir düğüm içerisinde bulunabilecek tüm elemanların durumu değerlendirilerek oluşturulmuş bir çizelgedir. Çizelge içerisinde “-“ ile ifade edilen değerlendirme değişim olamaması veya elemanın değerlendirilen düğümde

bulunmaması anlamını taşımaktadır. Örneğin, geniş koridor deney düzeneğinde birinci düğüm noktasında bir adet asma tavan ve bir adet duvar bulunmasına karşın, dolap elemanı bulunmamaktadır. Bu gibi durumlar göz önüne alındığında, dar koridor düzeneği deneylerinde asma tavanın bulunmaması, değerlendirmede bir farklılık yaratmamakta; dar koridor düzeneğinde asma tavanın tüm değerlendirmelerinin sonuçlara “-” olarak yansımaya sebep olmaktadır.

Değerlendirme sonucunda KDK’ler bir düğümün deney sonrası gerçekleşen durumunu değerlendirmede 189 deneyin 181’inde başarı sağlamış; KDK’lerin değerlendirilmesiyle ulaşılan kapalılık harf notları, düğümün gerçek durumunun uzman görüşüyle değerlendirildiğinde aldığı kapalılık harf notu ile aynı çıkmıştır. Sadece 8 deneyde KDK’ler düğümün deney sonrası durumunu gösteren kapalılık harf notunu yansıtmada başarı sağlayamamışlardır. Bu değerler göz önüne alındığında bir düğümün hasar sonrası durumunun değerlendirilmesinde yalnızca düğüme ait KDK verileri alınarak %96’lık bir doğru tespit başarısı sağlanmaktadır (Çizelge 6.10).



Şekil 6.11 : KDK-Düğüm durumu değerlendirilmesi.

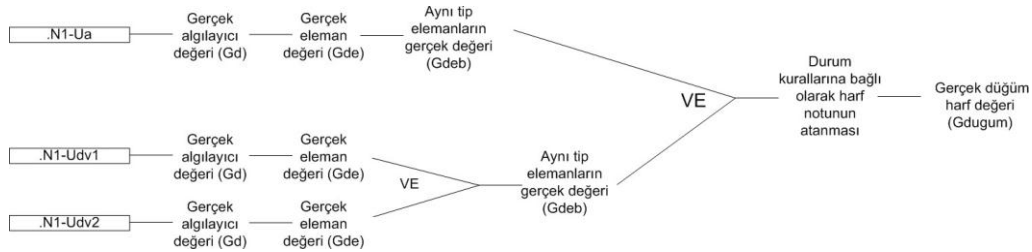
Çizelge 6.10 : KDK-Düğüm başarıım yüzdesi.

Toplam durum sayısı	189
Doğru tespit edilenler	181
Yanlış tespit edilenler	8
Doğruluk yüzdesi	%96

6.2.2.2 UMÖ algılayıcılarının düğümün durumunu anlamadaki başarısı

Bir düğüm içerisinde bulunan tüm UMÖ'ler bir arada değerlendirilerek tespit edilen durum, uzman görüşü kurallarına bağlı olarak kapalılık harf notuna çevrilmiştir. Geniş koridor düzeneği içerisinde bulunan elemanlar tek tek incelendiğinde duvarlar üzerinde bir adet UMÖ ve asma tavanlar üzerinde yine bir adet UMÖ bulunurken dolaplar üzerinde hiç UMÖ bulunmadığı görülmektedir. Bunun yanında, geniş koridor düzeneğinde UMÖ ile izlenmeyen duvarlar da mevcuttur. Dar koridor düzeneği içerisinde bulunan elemanlar incelendiğinde ise yalnızca bazı duvarların UMÖ bulundurduğu görülmektedir. Dar koridor düzeneğinde de benzer şekilde dolaplar UMÖ ile izlenmezken; bu düzende asma tavan elemanı bulunmamasından ötürü asma tavanlara ilişkili bir UMÖ verisi de bulunmamaktadır. Geniş koridor düzeneğinde gerçekleştirilen 168 deneyin tamamı ve dar koridor düzeneğindeki toplam 21 deneyin 14 adedi en az bir UMÖ içerdikleri için değerlendirmeye dahil edilmiştir. Bu yaklaşım ile toplamda 182 (168 geniş koridor düzeneğinden, 14 dar koridor düzeneğinden) deney ile değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

Düğümün deney sonrası gerçekleşen durumunun tespit edilebilmesi için, KDK ile yapılan değerlendirmeye benzer şekilde, elemanların bireysel değerlendirilmeleri sonucu elde edilen eleman durumlarının birlikte ele alınması gerekmektedir. UMÖ değerlendirmelerinde de, KDK'de olduğu gibi elemanların bireysel olarak durumlarının değerlendirilmesi birbirlerinden bağımsız olmasına karşın; düğümün durumunun değerlendirilmesi tüm elemanlarla ilgili verilerin doğru olmasını gerektirmektedir. Bu nedenle eleman durumlarının sonuçları "VE" bağlacı ile bağlanarak düğümün deney sonrası durumunun değerlendirilmesine geçilmiştir (Şekil 6.12).



Şekil 6.12 : UMÖ-Düğüm durumu değerlendirilmesi.

Aynı tip algılayıcıların eleman bazında değerlendirmeleri göz önünde bulundurulduğunda UMÖ'nün asma tavanın durumunu anlamadaki başarısı yüksek seviyelerdedir. Fakat bu değer yüksek olması büyük oranda, asma tavanda

değişiklik olduğunda UMÖ'nün bunu doğru algıladığının kabul edilmesinden dolayıdır (asma tavanında herhangi bir değişiklik olursa UMÖ'nün "1" vermesi). Fakat asma tavanın 7 farklı durumu için UMÖ yalnızca 2 farklı değer üretebilmekte ve düğüm durumunu tek başına değerlendirmek üzere ele alındığında yüksek bir başarı gösterememektedir. İki farklı sonuç üretebilmesinden ötürü asma tavanlardaki UMÖ'lerin doğru tespit edebildiği durumlar sadece asma tavanın tek bir kablosunun koptuğu ve hiç kablosunun kopmadığı durum olduğu kabul edilmiştir. Dolayısıyla, asma tavan üzerindeki UMÖ değişim algıladığında asma tavanın sadece bir kablosunun koptuğu öngörülmüş, değişim algılamaması durumunda ise asma tavanın hiçbir kablosunun kopmadığı öngörülerek değerlendirmeye dahil edilmiştir. Uzman görüşü kurallarının derlenmesi ile oluşturulan Çizelge 6.11'de, deney düzeneklerinde UMÖ içeren düğümlere atanabilecek kapalılık harf notları kombinasyonları gösterilmektedir. Örneğin, tek başına asma tavanında bir değişim algılandığında bu direkt olarak tek kablo kopması şeklinde yorumlanmakta ve kapalılık harf notu B sınıfı olarak oluşmaktadır. Duvarlarda ise duvarın yıkılması veya yıkılmaması gibi oluşabilecek iki farklı durum vardır. Bu durumların duvarları izleyen UMÖ'ler tarafından algılanabilmesi beklenmektedir.

Çizelge 6.11 : Düğüm bazında UMÖ birleşik sonuçları.

Dar koridor düzeneği			Geniş Koridor düzeneği		
Asma Tavan UMÖ'sü	Duvar UMÖ'sü	UMÖ'ler beraber	Asma Tavan UMÖ'sü	Duvar UMÖ'sü	UMÖ'ler beraber
Değişim Algılandı	-	B	Değişim Algılandı	-	B
Değişim Algılandı	Yok	B	Değişim Algılandı	Yok	B
Değişim Algılandı	Duvar Yıkılması	D	Değişim Algılandı	Duvar Yıkılması	C
-	-	A	-	-	A
-	Yok	A	-	Yok	A
-	Duvar Yıkılması	D	-	Duvar Yıkılması	C

Değerlendirme sonucunda UMÖ'ler düğümün deney sonrası durumunu değerlendirmede 182 deneyin 87'sinde başarı sağlamış ve sadece UMÖ verilerine bakılarak oluşturulan kapalılık harf notları, uzman görüşü kurallarıyla atanan ve düğümün deney sonrası gerçek durumunu temsil eden kapalılık harf notu ile özdeşleşmiştir. 95 deneyde ise UMÖ'ler düğümün deney sonrası durumunu gösteren kapalılık harf notunu doğru tespit etmede başarı sağlayamamışlardır. Bu değerler göz önüne alındığında bir düğümün hasar sonrası durumunun değerlendirilmesinde yalnızca düğüm içerisindeki UMÖ verileri alınarak %48'lik bir doğru tespit başarısı sağlanmaktadır (Çizelge 6.12).

Çizelge 6.12 : UMÖ-Düğüm başarıım yüzdesi.

Toplam durum sayısı	182
Doğru tespit edilenler	87
Yanlış tespit edilenler	95
Doğruluk yüzdesi	%48

6.2.2.3 Kameranin düğümün durumunu anlamadaki başarısı

Prototip kapsamında düşünülen kamera yaklaşımlarının değerlendirilmesi birden fazla şekilde gerçekleştirilmiştir. Öncelikli olarak prototipin gerçek binalarda kullanılması sırasında, günümüzde çoğu binada bulunan güvenlik kameralarıyla çalışabilen bir sistem olması üzerinde durulmuştur. Güvenlik kamerasının ise iki farklı şekilde kullanılması düşünülmektedir. Bunlardan ilki doğrudan koridora bakan ve direkt olarak koridorun kapalılık değerlendirmesini yapan kameralardır. Bu değerlendirme yapılırken, öncelikle kamera ile izlenen koridorun en arkasında görülen açıklığın alanı tespit edilir (Bölüm 5.1.1). Daha sonra, deney sırasında yer değiştiren elemanların meydana getirdiği kapalılık miktarına bakılır. Bu iki alan değeri oranlanarak düğümün son kapalılık oranına ulaşılır. Burada kullanılan yöntemin matematiksel ifadesi şu şekildedir (Denklem 6.1):

$$\text{Kapalılık Oranı} = \frac{\text{Deney sonrası düğümde oluşan kapalılık miktarı}}{\text{Deney öncesi düğümün ilk alanı}} \quad (6.1)$$

Bu yaklaşımı kullanan iki farklı yöntem "Koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendirme" başlığı altında bahsedilen yöntemlerdir. Bu şekilde çalışan birinci görüntü işleme yöntemi (elips yöntemi) ve ikinci görüntü işleme yöntemlerinin başarıları ayrı ayrı ele alınmıştır.

Bir diğer kamera görüntü işleme yaklaşımı olan, derinlik algılayabilen "ideal yöntem" ise, kamera içerisine eklenen bir yazılım sayesinde izlediği koridor parçasının tamamı için tek bir kapalılık değeri vermek yerine; koridoru oluşturan açıklıkların (düğümün) her biri için ayrı sonuçlar verebilmektedir. Gerek düğümlerin ilk açıklıklarının düğüm bazında elde edilebilmesi gerekse de etki sonrası düğümlerde oluşan kapalılık değerlerinin düğüm bazında değerlendirilmesi bu yaklaşımla mümkün hale gelmektedir. Deneyler sırasında verilen hasar sonrası, kameranın değerlendirme alanı içerisinde olan düğümlerden, kameraya yakın olanlarda oluşan kapalılıklar ile kameranın önünün kapanmasından ötürü; arka düğümlere de etkimektedir. Bu durumda arka düğümlerde aslında oluşmamış olan bir

kapalılık için değerlendirme yapılması söz konusu olmaktadır. Bu durum da bu çalışmada önerilen tüm görüntü işleme araçlarının kameranın algılayıcı verileriyle tutarsız sonuçlar vermesine yol açan ve başarısını düşüren bir durum olmaktadır. İdeal yöntem ile derinliğin algılanabilmesi mümkün olduğundan, kameranın hangi derinlikte önünün kapandığı tespit edilebilmekte ve blokaj durumunun tespitinde daha iyi başarımlar sağlanabilmektedir.

Koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren birinci yöntem (elips yöntemi)

Elips yöntemi yaklaşımı, belirli bir koridora bakan kameranın görebildiği en sondaki alanın kapalılık durumunu değerlendirerek koridor için bir kamera değeri atayan bir yaklaşımdır. Bu yöntem ile belirlenen kamera değerleri, koridorun uzman görüşü ile belirlenen kapalılık harf notları ile karşılaştırılarak, yöntemin başarımlar yüzdesi kontrol edilmiştir. Elips yöntemi ile ilgili genel bilgiler önceki bölümlerde verilmiş olup bu bölümde deney verilerinin değerlendirilmesi üzerinde durulacaktır.

Geniş koridor düzeneği üzerinde gerçekleştirilen 52 adet deney ile dar koridor düzeneği üzerinde gerçekleştirilen 7 adet deney değerlendirmeye alınarak toplamda 59 deney elde edilmiştir. Bu deneylere ait kamera kapalılık değerlerinin kapalılık harf notlarına çevrilebilmesi için bir dizi işlem uygulanmıştır.

İlk işlem küsuratlı olarak elde edilen kapalılık değerlerinin 10'un katları şekilden yuvarlanması olmuştur. Kurallar çerçevesinde güvenli tarafta kalınacak şekilde yuvarlama işlemi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 6.13).

Çizelge 6.13 : Yuvarlama kuralları.

Yuvarlama Şartı	Kabul
$=\%0$	0%
$\%0 < a < \%10$	10%
$\%11 < a < \%20$	20%
$\%21 < a < \%30$	30%
$\%31 < a < \%40$	40%
$\%41 < a < \%50$	50%
$\%51 < a < \%60$	60%
$\%61 < a < \%70$	70%
$\%71 < a < \%80$	80%
$\%81 < a < \%90$	90%
$\%90 <$	100%

Kameradan elde edilen kapalılık değerleri 10'un katları şeklinde elde edildikten sonra, uzman görüşleri ile kıyaslanabilmesi için ilk aralıktaki %0-%20 aralığı A kapalılık harf notuna denk gelecek şekilde, %10'ar artırımlarla kapalılık harf notlarına çevrilmiştir (Çizelge 6.14).

Çizelge 6.14 : Kapalılık harf notu kuralları.

Kamera Yüzdelik Dilim	Karşılık gelen kapalılık harf notu
%0-%20	A
%30-%40	B
%50-%60	C
%70-%80	D
%90-%100	E

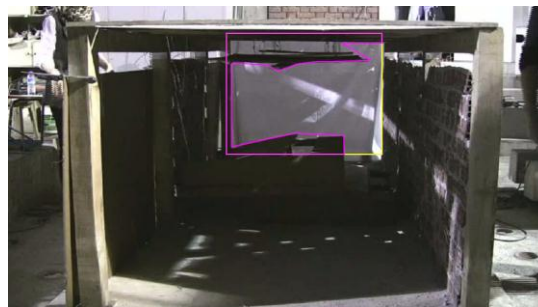
Bu değerlendirme sonucunda 59 deney düzeneğinin 10 tanesinin harf notunu doğru tespit etmiş, 49 deney setinin harf notu değerini yanlış olarak belirlemiştir. Veriler ışığında başarımlar yüzdesi, %17 olarak göze çarpmaktadır (Çizelge 6.15).

Çizelge 6.15 : Elips yöntemi-Düğüm başarımlar yüzdesi.

Toplam durum sayısı	59
Doğru tespit edilenler	10
Yanlış tespit edilenler	49
Doğruluk yüzdesi	%17

Koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren ikinci yöntem

Bu yaklaşımda, kameranın izlediği koridor üzerinde görebildiği en sondaki alandaki kapalılık değerlendirilerek koridorun tamamı için bir kapalılık değeri kamera görüşü olarak atanır. Yöntem sonucunda belirlenen bu kamera görüş değeri, koridorun gerçekleşen durumu için uzman görüşü kuralları ile elde edilen kapalılık harf notu ile karşılaştırılarak, yöntemin başarımlar yüzdesi hesaplanmıştır. Bu yöntemde kullanılan kameranın koridorun sonundaki alanı ve etki sonrası oluşan kapalılığı belirlemesinin gerçekleştirilebilmesi için AutoCAD 2007 yazılımından faydalanılmıştır (Şekil 6.13).



Şekil 6.13 : İkinci yöntem örnek fotoğrafı.

Kamera ile elde edilen kapalılık değerleri geniş koridor düzeneği için 52 adet, dar koridor düzeneği için 7 adet olmak üzere toplam 59 adettir. Tüm deneylerin kapalılık oranları yüzde değer olarak belirlendikten sonra bu değerlerin uzman görüşü kurallarına bağlı olarak değerlendirilebilmesi için elips yöntemindekine benzer işlemler uygulanmıştır.

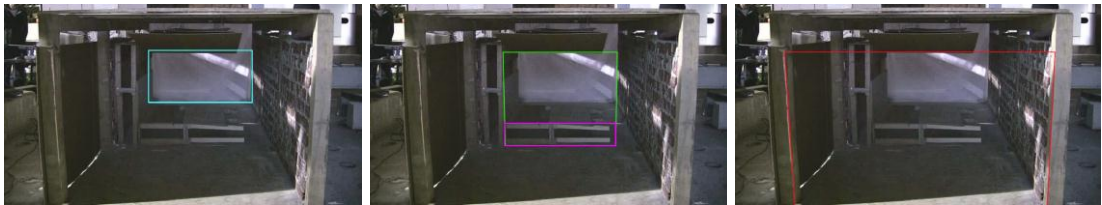
Bu işlemler sonrasında, dar koridor ve geniş koridor düzeneği deneylerinin kamera verileri bahsi geçen aşamalar ile harf notlarına çevrilmiştir. Toplamda 59 adet olan deneylerin (52 adet geniş koridor düzeneğinden, 7 adet dar koridor düzeneğinden), ikinci yöntem ile değerlendirmesinde toplam 12 durum doğru tespit edilebilirken, 47 durumun yanlış olarak algılandığı gözlemlenmiştir. Sonuçlar bu yöntemin %20'lik bir doğruluk oranına sahip olduğunu göstermiştir (Çizelge 6.16).

Çizelge 6.16 : İkinci yöntem-Düğüm başarımlı yüzdesi.

Toplam durum sayısı	59
Doğru tespit edilenler	12
Yanlış tespit edilenler	47
Doğruluk yüzdesi	%20

Düğüm için açıklıkları gözlemleyerek değerlendiren yöntem (ideal yöntem)

Geniş ve dar koridor düzenekleri üzerinde gerçekleştirilen deneylerden elde edilen kapalılık oranları değerlendirilmeye alınmıştır. Bu yöntem, daha önce bahsedilen diğer iki yöntemden farklı olarak kameranın görebildiği her düğümün ilk açıklık değerini tespit edebildiği ve etki sonrası oluşan kapalılıkların düğüm bazında değerlendirilebildiği bir yaklaşımdır. Yöntem sonucunda belirlenen kamera görüş değeri, diğer yöntemler ile aynı şekilde gerçekleşen durum için uzman görüşü ile atanan kapalılık harf notları ile karşılaştırılarak, başarımlı yüzdesi elde edilmektedir. Bu yöntemde kullanılan kameranın görebildiği tüm düğümlerin ilk açıklık alanının ve etki sonrası oluşan kapalılık alanlarının belirlenmesinin gerçekleştirilebilmesi için AutoCAD 2007 yazılımından faydalanılmıştır (Şekil 6.14).



Şekil 6.14 : İdeal yöntem ile farklı derinlikteki düğüm alanları.

Elde edilen kapalılık değerlerinin öncelikle 10'luk dilimlere çevrilmesi, sonrasında ise kapalılık harf notlarına çevrilmesinde diğer kamera görüntü işleme yöntemleri ile aynı adımlar izlenmiştir. İdeal yöntemin değerlendirilebilmesi için geniş koridor düzeneğinde kamera verisi bulunan 156 adet deney ve dar koridor düzeneğinde bulunan 21 adet deney değerlendirmeye katılmıştır. Değerlendirme sonucunda ideal yöntemin uygulandığı 177 deneyin 71'inde düğümde gerçekleşen durumları doğru tespit edebilirken, 106 düğümde yanlış değerlendirme yaptığı gözlemlenmiştir. Bu değerler ışığında ideal yöntemi kullanan kameranın düğümün hasar sonrası oluşan durumunu tespit etmede %40 başarılı olduğu göze çarpmaktadır (Çizelge 6.17).

Çizelge 6.17 : İdeal yöntem-Düğüm başarımlı yüzdesi.

Toplam durum sayısı	177
Doğru tespit edilenler	71
Yanlış tespit edilenler	106
Doğruluk yüzdesi	%40

6.3 Algılayıcı Verilerinin Birleştirilmesi (Sensor Fusion)

Önceki bölümlerde aynı tip algılayıcıların elemanın deney sonrası durumunu anlamadaki ve yine aynı tip algılayıcıların düğümün deney sonrası durumunu anlamadaki başarıları değerlendirilmiştir. Bu aşamada ise, yapılan değerlendirmelerden yola çıkarak aynı tip ve farklı tip algılayıcılar tek başlarına veya birlikte kullanıldıklarında elemanın durumunu anlamada daha başarılı sonuçlar verip vermediklerini, birbirlerini bu açıdan destekleyip desteklemediklerini değerlendirebilmek için algılayıcıların birleştirilmesi (Sensor Fusion) yaklaşımı kullanılmıştır.

6.3.1 Duvar KDK'lerinden alınan verilerin birleştirilmesi

Duvarlar tüm deneylerde iki adet KDK ile gözlemlenmiştir. Geniş koridor düzeneği deneylerinde iki KDK içeren duvar sayısı 224, dar koridor düzeneği deneylerinde ise iki KDK içeren duvar sayısı 28'dir. Geniş koridor ve dar koridor düzeneği deneyleri beraber incelendiğinde ise bu değer toplamda 252'ye ulaşmaktadır. 252 deneyde yer alan duvarlardaki KDK'lerden sadece birincileri değerlendirmeye alındığında 252 duvarın durumunun 242'si doğru olarak tespit edilebilmiştir. Kalan 10 durumda ise hatalı veri elde edilmiş ve doğruluk yüzdesi toplamda %96 olarak tespit edilmiştir. Benzer yaklaşım duvarların sadece ikinci KDK'leri değerlendirilerek elde

edildiğinde doğru tespit edilen duvar sayısı 246 olarak görülmekteyken, yanlış değerlendirilen duvar sayısı 6 adet olarak görülmüştür. Buradan yola çıkarak yalnızca ikinci KDK'lerin değerlendirilmesi ile %98'lik bir doğruluk yüzdesine ulaşıldığı görülmektedir.

İki KDK beraber değerlendirildiğinde ise; birinci algılayıcının hata yapmış olduğu 4 duvar durumu, ikinci algılayıcı tarafından giderilmekte ve doğruluk oranı 246 doğru, 6 yanlış ile %98 olarak belirlenmektedir. Deney sonuçları değerlendirildiğinde iki KDK'nin "VEYA" bağlacıyla birleştirilerek, ikisinden birinin yıkılma tespit ettiği durumda, duvarın yıkılmış olduğu kabul edilebilir. Başka bir deyişle, iki KDK'ye birden bakıldığında duvarın durumunun doğru tespit edilebilme yüzdesi daha fazla olmaktadır (Çizelge 6.18).

Çizelge 6.18 : Duvarlardaki KDK'lerin değerlendirilmesi.

Yalnızca 1. KDK'lerden		Yalnızca 2. KDK'lerden		Birinci ve İkinci KDK birlikte	
Toplam durum sayısı	252	Toplam durum sayısı	252	Toplam durum sayısı	252
Doğru tespit edilenler	242	Doğru tespit edilenler	246	Doğru tespit edilenler	246
Yanlış tespit edilenler	10	Yanlış tespit edilenler	6	Yanlış tespit edilenler	6
Doğruluk yüzdesi:	%96	Doğruluk yüzdesi:	%98	Doğruluk yüzdesi:	%98

6.3.2 Dolap KDK'lerinden alınan verilerin birleştirilmesi

Dolaplar da duvarlarda olduğu gibi tüm deneylerde iki adet KDK ile izlenmiştir. Geniş koridor düzeneği deneylerinde iki adet KDK içeren dolap sayısı 112, dar koridor düzeneği deneylerinde ise iki adet KDK içeren dolap sayısı 6'dır. Geniş koridor ve dar koridor düzeneği deneyleri beraber incelendiğinde ise bu değer toplamda 118'e ulaşmaktadır. 118 deneyde dolapların yalnızca birinci KDK'leri değerlendirmeye alındığında 118 dolabın durumunun 115'i doğru olarak tespit edilebilmiş, 3 durumda hatalı veri elde edilmiş ve doğruluk yüzdesi %97 olarak tespit edilmiştir. Benzer yaklaşım dolabın yalnızca ikinci KDK'leri değerlendirilerek elde edildiğinde doğru tespit edilen dolap durumu sayısı 115 olarak görülmekteyken, yanlış değer elde edilen dolap sayısı 3 olarak sonuçlara yansımıştır. Buradan yola çıkarak dolaplarda yalnızca ikinci KDK'lerin değerlendirilmesi ile %97'lik bir doğruluk yüzdesine ulaşılmıştır.

İki algılayıcı beraber değerlendirildiğinde ise iki algılayıcının farklı deneylerde hata yapmış olmalarından faydalanarak toplamda hatalı bulunan 2 deney durumu doğru hale gelmekte; doğru sayısı 117'ye yükselmekte, yanlış sayısı ise 1'e düşmektedir.

Böylelikle doğruluk oranı da %99 olarak belirmektedir. Deney sonuçları değerlendirildiğinde iki KDK'nin "VEYA" bağlacıyla birleştirilerek, ikisinden birinin yıkılma tespit ettiği durumda, dolabın yıkılmış olduğu kabul edilebilir. Başka bir deyişle, iki KDK'ye birden bakıldığında dolabın durumunun doğru tespit edilebilme yüzdesi daha fazla olmaktadır (Çizelge 6.19).

Çizelge 6.19 : Dolaplardaki KDK'lerin değerlendirilmesi.

Yalnızca 1. KDK'lerden		Yalnızca 2. KDK'lerden		Birinci ve İkinci KDK birlikte	
Toplam durum sayısı	118	Toplam durum sayısı	118	Toplam durum sayısı	118
Doğru tespit edilenler	115	Doğru tespit edilenler	115	Doğru tespit edilenler	117
Yanlış tespit edilenler	3	Yanlış tespit edilenler	3	Yanlış tespit edilenler	1
Doğruluk yüzdesi:	%97	Doğruluk yüzdesi:	%97	Doğruluk yüzdesi:	%99

6.3.3 Asma tavan algılayıcı verilerinin birleştirilmesi

Algılayıcıların eleman durumlarını değerlendirmeler sonucunda asma tavan için UMÖ doğruluk yüzdesi (%93), KDK doğruluk yüzdesinden (%87) daha yüksek gözükmemektedir (Çizelge 6.20). Fakat UMÖ asma tavadaki değişimi büyük oranda doğru algılayabilmesine karşın; asma tavanın kaç kablosu koparak düştüğünü belirleyememesinden ötürü değişim algılandığı durumlarda doğru sonucu verememektedir. Bu yaklaşım göz önünde bulundurularak KDK ve UMÖ algılayıcıları tüm deneyler içerisinde beraber değerlendirildiği çıkarımlar gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 6.20 : Asma tavanlardaki KDK ve UMÖ'lerin değerlendirilmesi.

KDK - Asma Tavan Değerlendirmesi		UMÖ - Asma Tavan Değerlendirmesi	
Toplam durum sayısı	168	Toplam durum sayısı	168
Doğru tespit edilenler	146	Doğru tespit edilenler	157
Yanlış tespit edilenler	22	Yanlış tespit edilenler	11
Doğruluk yüzdesi:	%87	Doğruluk yüzdesi:	%93

Asma tavanın kaç kablosunun koparak düştüğünü belirleyebilen algılayıcının KDK olmasından yola çıkılarak, KDK'nin hatalı değer yansıttığı 14 asma tavan değerlendirilmiştir. Tamamında en az bir kablosu kopmuş olan bu 14 durum yalnızca 2 tanesinde UMÖ değişimi algılayabilmiştir. Fakat bu durumlarda da asma tavanın birden fazla kablosunun kopması durumu meydana gelmiş olduğundan, asma tavanın durumunu UMÖ doğru olarak yansıtmayı başaramamıştır. Buradan yola çıkarak, deney verileri değerlendirildiğinde hiçbir durumda UMÖ verilerinin KDK'ye yardımcı olamadığı gözlemlenmektedir. Bunun yanında deney setinde

bulunmamasına karşın mantık yolu ile UMÖ'nün değişim algıladığı durumlarda asma tavanın bir kablosu koptuğu sonucuna varılabilir. Asma tavanın sadece tek bir kablusunun kopmuş olduğu durumlarda iki algılayıcı beraber değerlendirildiğinde birbirine destek olabilecek iken; KDK'lerden gelen verinin aslında asma tavanda birden fazla kablo kopmuş olduğunu gösterdiği durumlarda ise KDK verisi doğru kabul edilebilecektir. Fakat gerçekleştirilen deneylerde bu durum örnek olarak gözlenememektedir.

6.3.4 Duvar algılayıcı verilerinin birleştirilmesi

Elemanın deney sonrasını durumunu değerlendirme aşamasında duvar için KDK doğruluk yüzdesi (%98), UMÖ doğruluk yüzdesinden (%90) daha yüksek gözükmemektedir (Çizelge 6.21). Algılayıcılar beraber değerlendirildiklerinde ise KDK'nin duvar için yanlış değer yansıttığı 6 durumun hiçbirinde UMÖ bulunmadığı gözlemlenmiştir. Diğer taraftan UMÖ'nün yanlış yansıttığı 13 durumun tamamını KDK'ler doğru değerlendirmiştir. UMÖ'nün değişim algıladığı durum sayısı 1'dir ve doğru tespit etmiştir. Bu durumda UMÖ'nün duvar için değişim algıladığı durumlarda KDK da duvarın yıkıldığı yönünde bilgi veriyorsa, bu bilgi doğru olarak değerlendirilebilir. Bu noktada iki tür algılayıcının bilgisi birbirini güçlendirmektedir. Diğer durumların tamamında ise KDK'nin tek başına değerlendirilmesi yeterlidir.

Çizelge 6.21 : Duvarlardaki KDK ve UMÖ'lerin değerlendirilmesi.

KDK - Duvar Değerlendirmesi		UMÖ - Duvar Değerlendirmesi	
Toplam durum sayısı	252	Toplam durum sayısı	126
Doğru tespit edilenler	246	Doğru tespit edilenler	113
Yanlış tespit edilenler	6	Yanlış tespit edilenler	13
Doğruluk yüzdesi:	%98	Doğruluk yüzdesi:	%90

6.3.5 Kamera verilerinin birleştirilmesi

Üç farklı kamera yaklaşımı olan (1) koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren birinci yöntem (elips yöntemi), (2) koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren ikinci yöntem ve (3) düğüm düğüm açıklıkları gözlemleyerek değerlendiren ideal yöntemin düğümün durumunu tespit etmedeki doğruluk yüzdeleri bulunmuştur. Fakat bu yöntemler gerek değerlendirme sistemi gerek doğruluk yüzdeleri bakımından KDK'ye katkı sağlamaktan çok uzakta kalmaktadır (Çizelge 6.22).

Çizelge 6.22 : Kamera tipleri – Başarım yüzdeleri.

Düğüm düğüm açıklıkları gözlemleyerek değerlendiren ideal yöntemin		Koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren ikinci yöntem		Koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren birinci yöntem (elips yöntemi)	
Toplam durum sayısı	177	Toplam durum sayısı	59	Toplam durum sayısı	59
Doğru tespit edilenler	71	Doğru tespit edilenler	12	Doğru tespit edilenler	10
Yanlış tespit edilenler	106	Yanlış tespit edilenler	47	Yanlış tespit edilenler	49
Doğruluk yüzdesi:	%40	Doğruluk yüzdesi:	%20	Doğruluk yüzdesi:	%17

Düğüm düğüm açıklıkları gözlemleyerek değerlendiren ideal yöntemin Koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren ikinci yöntem Koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren birinci yöntem (elips yöntemi)

6.3.6 Farklı tip algılayıcıların düğüm bazında ortak değerlendirilmesi

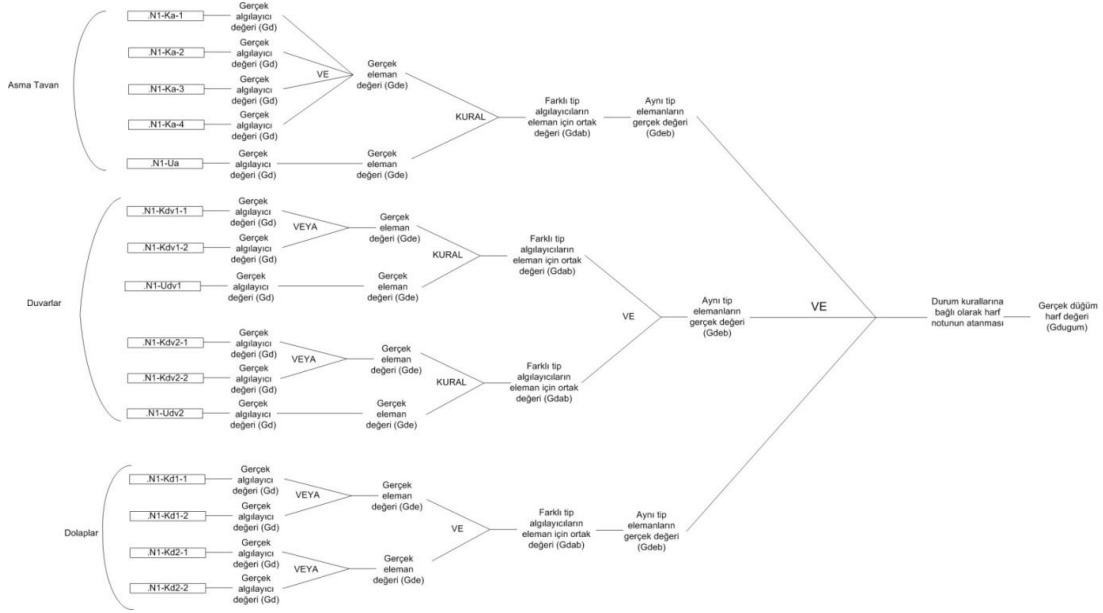
Bir düğüm noktasında yer alan ve izleme yapan tüm algılayıcılar bir arada değerlendirilerek, düğümün deney sonrası durumunu doğru tespit etmedeki başarıları araştırılmıştır. İlk olarak tüm algılayıcıların kullanıldığı sistemin, düğümün durumunu tespit etmedeki başarısı tespit edilmiş sonrasında ise düşük maliyetli ve yüksek doğruluk oranına sahip olacağı düşünülen KDK içermeyen 3 farklı kamera yazılımına(Elips yöntemi, 2. yöntem, İdeal yöntem) sahip sistemlerin başarısı irdelenmiştir. Detaylar takip eden bölümlerde verilmektedir.

6.3.6.1 Tüm algılayıcıların birlikte değerlendirilmesi

Bundan önceki bölümlerde her eleman için algılayıcıların ne tür bağlaçlar (VE; VEYA) ile bağlanması gerektiği konusunda belirli sonuçlara ulaşılmıştır. Bu aşamada ise elde edilen sonuçlar ile tüm deney düzeneği için bir karar ağacı şeması çıkarılmaya çalışılmıştır (Şekil 6.15).

Şema içerisinde (Şekil 6.15) belirtilen “KURAL” ifadeleri, elemanlar için farklı tip algılayıcıların değerlendirilmesi sonucu varılan sonuçları ifade etmektedir. Örneğin, asma tavan için, hem UMÖ’den hem de ilgili KDK’lerden gelen veriler 6.3.3 bölümünün son paragrafında belirlenen kurallara göre birleştirilerek elemanın durumunu anlamada kullanılmaktadır. Verilen şemadaki kurallar ve adımlar izlenerek, bir düğüme ait tüm algılayıcılar kullanıldığında düğümün deney sonrasındaki durumunun tespit edilmesindeki başarı yüzdesi bulunmaya çalışılmıştır. Geniş koridor düzeneği deneylerinde 168, dar koridor düzeneği deneylerinde ise 21 deney verisi değerlendirmeye dahil edilerek toplamda 189 deney üzerinden sonuca

ulaşılmıştır. Şema takip edilerek yapılan değerlendirmeler sonucunda 181 düğümün deney sonrası durumu doğru olarak tespit edilebilmiş, 8 durum ise doğru olarak tespit edilememiştir. Bu değerlendirme sonucunda algılayıcıların beraber değerlendirilmesi ile %96 oranında bir doğruluk yüzdesine ulaşılabildiği görülmektedir.



Şekil 6.15 : Farklı tip algılayıcıların düğümü ortak değerlendirmesi.

Yalnızca KDK'nin tek başına düğümü değerlendirmesinin yüzdelik doğruluk değeri ile farklı tip algılayıcıların düğüm bazında ortak değerlendirmesinin yüzdelik doğruluk değerlerinin aynı olduğu görülmektedir. Buradan yola çıkarak, UMÖ'nün değerlendirme şeması içerisinde istenilen katkıyı sağlayamadığı sonucu çıkarılabilmektedir. KDK'nin gerek elemanların durumunu, gerek bunun karşılığı olan kapalılık harf notunu yüksek oranda bir doğrulukla değerlendirebilmesinden ötürü; UMÖ ve kameranın katkı sağlayacağı noktalar oluşmamaktadır. Fakat KDK kullanılmayan düğüm ve koridorlarda yalnızca UMÖ ve kamera kullanılarak algılayıcılar birleştirilerek doğruluk yüzdelilerinin artmaları sağlanabilir.

6.3.6.2 Elips yöntemi ile UMÖ algılayıcılarının birleştirilmesi

Geniş ve dar koridor düzeneklerinde UMÖ ve kamera verisine sahip koridorlar ele alınarak değerlendirilme yapılmıştır. Bu şartı sağlayan geniş koridor düzeneğinde bulunan 52 adet deney ve dar koridor düzeneğinde bulunan 7 adet deney ile toplamda 59 adet deney bu değerlendirme içerisine alınmıştır. 59 adet deney yalnızca UMÖ'leri ile değerlendirildiğinde, 15 deneyin kapalılık harf notu değerlendirmesi uzman görüşü değerlendirmesi ile örtüşerek doğru değer yansıtmış; geriye kalan 44

değer ise yanlış olarak değerlendirilmiştir. Benzer şekilde deneyler yalnızca kamera ile değerlendirildiğinde ise 59 adet deneyin 10 tanesi doğru olarak tespit edilebilmiş; kalan 49 adedinde ise kameradan alınan veri uzman görüşü ile örtüşemeyerek hatalı olarak değerlendirilmiştir. UMÖ ve kameranin tek başına koridorları değerlendirmedeki doğruluk yüzdeleri değerlendirildiğinde ise UMÖ için bu değer %25, kamera için ise %17 olarak görülmektedir (Çizelge 6.23).

Çizelge 6.23 : UMÖ-Elips yöntemi başarımlı yüzdesi.

UMÖ		Kamera	
Toplam durum sayısı	59	Toplam durum sayısı	59
Doğru tespit edilenler	15	Doğru tespit edilenler	10
Yanlış tespit edilenler	44	Yanlış tespit edilenler	49
Doğruluk yüzdesi:	25%	Doğruluk yüzdesi:	17%

UMÖ ve kamera, deney düzenekleri içerisinde beraber değerlendirilerek birbirlerine katkı sağladıkları durumlar incelenmiştir. UMÖ'nün eleman bazında değerlendirmeleri başlığı altında elde edilen doğruluk değerleri kameranin doğruluk yüzdesinden çok yüksek olarak gözükmemektedir. Fakat deneyler içerisinde dolaplarda UMÖ bulunmaması, dolapta değişiklik olması durumunda algılanamamasına neden olmaktadır. Uzman görüşleri göz önünde bulundurulduğunda ise, A ve B harf durumlarının dolap elemanındaki değişimlerden bağımsız olduğu gözlemlenmektedir. Kameranin ve UMÖ'nün C olarak değerlendirdiği noktalar ise kendi içlerinde değerlendirilerek; UMÖ'nün daha yüksek bir doğruluk yüzdesine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. D ve E harf notlarının atanmasında dolabın durumunun önem kazanmasından ötürü kamera daha doğru bir yaklaşım sergilemektedir. Buradan yola çıkarak; UMÖ'nün A, B ve C değerlendirmesi yaptığı durumlarda bu durumun doğru kabul edilmesi, kameranin D ve E değerlendirmesi yaptığı durumlarda ise kameraya güvenilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. İki verinin üst üste bindiği noktalarda (örn. UMÖ'nün C verdiği, kameranin E verdiği), UMÖ'nün yaptığı değerlendirmenin doğru olarak kabul edilmesi gerektiği öngörülmektedir.

Bu yaklaşımlar göz önünde bulundurularak değerlendirme yapıldığında kamera ve UMÖ birbirini güçlendirerek veya hatalarını ortadan kaldırarak doğruluk oranını yükselttiği gözlemlenmektedir. Kamera ve UMÖ'nün ortak değerlendirilmesi sonucunda 59 adet deneyin 21'i doğru tespit edilebilmekte; kalan 38 durum ise yanlış olarak belirlenmektedir. Doğruluk oranı ise %36'ya yükselmektedir (Çizelge 6.24).

Çizelge 6.24 : UMÖ-Elips yöntemi birleşik başarımlar yüzdeleri.

Kamera ve UMÖ beraber değerlendirme	
Toplam durum sayısı	59
Doğru tespit edilenler	21
Yanlış tespit edilenler	38
Doğruluk yüzdesi:	36%

6.3.6.3 İkinci yöntem ile UMÖ algılayıcılarının birleştirilmesi

Birinci yöntem ile benzer şekilde geniş ve dar koridor düzeneklerinde UMÖ ve kamera verisine sahip düğümler ele alınarak değerlendirilmiştir. Bu şartı sağlayan geniş koridor düzeneğinde bulunan 52 adet deney ve dar koridor düzeneğinde bulunan 7 adet deney ile toplamda 59 adet deney bu değerlendirme içerisine alınmıştır. 59 adet deney yalnızca UMÖ'leri ile değerlendirildiğinde, 15 deneyin harf notu değerlendirmesi uzman görüşü değerlendirmesi ile örtüşerek doğru değer yansıtmış ancak geriye kalan 44 değer ise yanlış olarak değerlendirilmiştir. Benzer şekilde deneyler yalnızca kamera ile değerlendirildiğinde ise 59 deneyin 12 adedi doğru olarak tespit edilebilmiş, 47 adedinde ise kameradan alınan veri uzman görüşü ile örtüşmeyerek hatalı olarak değerlendirilmiştir. UMÖ ve kameranın tek başına koridorları değerlendirmedeki doğruluk yüzdeleri değerlendirildiğinde ise UMÖ için bu değer %25, kamera için ise %20 olarak görülmektedir (Çizelge 6.25).

Çizelge 6.25 : UMÖ-İkinci yöntem başarımlar yüzdesi.

UMÖ		Kamera	
Toplam durum sayısı	59	Toplam durum sayısı	59
Doğru tespit edilenler	15	Doğru tespit edilenler	12
Yanlış tespit edilenler	44	Yanlış tespit edilenler	47
Doğruluk yüzdesi:	25%	Doğruluk yüzdesi:	20%

Çizelge 6.26 : UMÖ-İkinci yöntem birleşik başarımlar yüzdesi.

Kamera ve UMÖ beraber değerlendirme	
Toplam durum sayısı	59
Doğru tespit edilenler	24
Yanlış tespit edilenler	35
Doğruluk yüzdesi:	41%

Birinci yöntem içerisinde UMÖ ve kameranın hangi harf notlarında başarımlar sağladıkları konusunda elde edilen yaklaşım, ikinci yöntem için de göz önünde bulundurularak değerlendirme yapıldığında kamera ve UMÖ birbirini güçlendirerek veya hatalarını ortadan kaldırarak doğruluk oranını yükselttiği gözlemlenmektedir. Kamera ve UMÖ'nün birinci yöntemde kullanılan ve 6.3.6.2 bölümünde verilen

yaklaşım ile ortak değerlendirilmesi sonucunda 59 deneyin 24'i doğru tespit edilebilmekte, 35 durum ise yanlış olarak değerlendirilmektedir. Doğruluk oranı ise %41'ya yükselmektedir (Çizelge 6.26).

6.3.6.4 İdeal yöntem ile UMÖ algılayıcılarının birleştirilmesi

Koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendirme yapan birinci yöntem (Elips yöntemi) ve ikinci yöntem ile benzer şekilde geniş ve dar koridor düzeneklerinde UMÖ ve kamera verisine sahip düğümler ele alınarak değerlendirme yapılmıştır. Bu şartı sağlayan geniş koridor düzeneğinde bulunan 156 adet deney ve dar koridor düzeneğinde bulunan 21 adet deney ile toplamda 177 adet deney bu değerlendirme içerisine alınmıştır. 177 deney yalnızca UMÖ'leri ile değerlendirildiğinde, 85 deneyin harf notu değerlendirmesi uzman görüşü değerlendirmesi ile örtüşerek doğru değer yansıtmış ancak geriye kalan 92 değer ise yanlış olarak değerlendirilmiştir. Benzer şekilde deneyler yalnızca kamera ile değerlendirildiğinde ise 177 adet deneyin 71 adedi doğru olarak tespit edilebilmiş, 106 adedinde ise kameradan alınan veri uzman görüşü ile örtüşmeyerek hatalı olarak değerlendirilmiştir. UMÖ ve kameranın tek başına düğümleri değerlendirmedeki doğruluk yüzdeleri incelendiğinde ise UMÖ için bu değer %48, ideal yöntem yaklaşımı kullanan kamerada ise %40 olarak görülmektedir (Çizelge 6.27).

Çizelge 6.27 : UMÖ-İdeal yöntem başarımlar yüzdesi.

UMÖ		Kamera	
Toplam durum sayısı	177	Toplam durum sayısı	177
Doğru tespit edilenler	85	Doğru tespit edilenler	71
Yanlış tespit edilenler	92	Yanlış tespit edilenler	106
Doğruluk yüzdesi:	%48	Doğruluk yüzdesi:	%40

Önceki kısımlarda UMÖ ve kameranın hangi harf notlarında başarımlar sağladıkları konusunda izlenen yaklaşım, ideal yöntem için de göz önünde bulundurularak değerlendirme yapıldığında kamera ve UMÖ'nün birbirlerini güçlendirerek veya hatalarını ortadan kaldırarak doğruluk oranını yükselttiği gözlemlenmektedir. Kamera ve UMÖ'nün ortak değerlendirilmesi sonucunda 177 adet deneyin 93'ü doğru tespit edilebilmekte, 84 adet durum ise yanlış olarak değerlendirilmektedir. Bu değerler ile ideal yöntemin diğer görüntü işleme yöntemlerinden daha yüksek doğruluk oranına sahip olduğu ve oranını %53'e yükselttiği gözlemlenebilmektedir (Çizelge 6.28).

Çizelge 6.28 : UMÖ-İdeal yöntem birleşik başarıım yüzdesi.

Kamera ve UMÖ beraber değerlendirme	
Toplam durum sayısı	177
Doğru tespit edilenler	93
Yanlış tespit edilenler	84
Doğruluk yüzdesi:	%53

6.3.7 Karar ağacı yaklaşımı

Düğüm noktalarının kapalılık durumları hakkında bilgi edinebilmek için algılayıcının verilerinin tek tek ve birleştirilerek anlamlandırılması çalışmaları “6.3 Algılayıcı verilerinin birleştirilmesi” bölümünde açıklanmıştı. Algılayıcı verilerinin anlamlandırılması ve birleştirilmesi aşamasında kullanılabilecek bir yaklaşım da yazılım alanında bir veri madenciliği (data mining) yöntemi olarak kullanılan karar ağacı (decision tree) yöntemidir. Veri madenciliği, veri setinde tutulan çok çeşitli verilere dayanarak veri setindeki daha önce keşfedilmemiş bilgileri ortaya çıkarmak, bunlara karar vermek ve eylem planını gerçekleştirmek için kullanma sürecidir (Özmen, 2001). Veri madenciliği, büyük ölçekli veriler arasından “değerli olan” bir bilgiyi elde etme işi olup, bu sayede veriler arasındaki ilişkileri ortaya koymak ve gerektiğinde ileriye yönelik kestirimlerde bulunmak da mümkün görülmektedir (Erdiş ve diğ., 2012). Algılayıcılardan elde edilen veriler karar ağacı tekniğiyle değerlendirilerek, bir düğümün deney sonrası durumunun doğru tespit edilmesinde hangi tür algılayıcıdan/algılayıcılardan alınan verinin daha etkili olduğunun tespit edilebilmesi mümkündür. Bu bölümde, tespit edilen sonuçlar daha önce bölüm 6.3’te deney sonuçları üzerinde yapılan analizlerle karşılaştırılmış ve geçerliği test edilmiştir.

Bu uygulamayı yapabilmek için karar ağacı yaklaşımları incelenmiş ve bu yaklaşımı uygulayan yazılımlar arasından bir Java uygulaması olan Weka adlı yazılım seçilmiştir. Weka yazılımı, veri madenciliği için tasarlanmış kapsamlı bir programlama aracıdır (URL-1). Bu yazılımın seçilmesine neden olan temel özelliği ise nesneye yönelik, anlaşılır ve Java temelli bir sınıflandırma alanı uyguluyor olmasıdır. Seçilen yazılım içerisinde ise karşılaştırma için anlamlı karar ağaçları oluşturulabilen C4.5 ve REPTree algoritmaları kullanılmıştır.

C4.5 algoritması, Ross Quinlan tarafından geliştirilen bir endüktif öğrenme algoritmasıdır (Akgöbek, 2006). Endüktif öğrenme algoritmaları ile elde edilen öğrenme sonuçları, ya kesin ya da tahmini sonuçlar olarak bir karar ağacı veya bir

kural seti şeklinde sınıflandırılarak gösterilirler (Akgöbek, 2006). Günümüzde en çok bilinen ve en çok kullanılan algoritma olarak kabul edilen C4.5 yukarıdan-aşağıya doğru karar ağacı üretmesinden ötürü bu çalışma içerisinde de kullanılmıştır. REPTree algoritması ise verileri bölme kistasına (splitting criterion) göre değerlendirerek hızlı şekilde karar ağacını oluşturan bir algoritmadır (Zhao ve Zhang, 2007). REPTree algoritması, C4.5 algoritmasına benzer şekilde karar ağacı üretebilmekte ve geçerliğin test edilmesinde kullanılabilmekte olduğundan bu çalışma içerisine dahil edilmiştir.

Karar ağacının oluşturulması ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi için oluşturulan sistemde izlenen yöntem şöyledir:

- Sunulan üç kamera yönteminden, yalnızca derinlik algılayarak düğümün durumunu tespit etmede en başarılı(%40) olan ideal yöntem seçilerek Weka programına veri olarak girilmiştir.
- Koridor parçalarının geçiş durumu için ne kadar elverişli olduğunu gösteren bir sınıflandırma yapılmıştır (kapalılık sınıflandırmaları, A, B, C, D ve E harf notları).
- ODTÜ İnşaat Mühendisliği Yapı Laboratuvarlarında yapılan deneyler sonuçları, algılayıcı sonuçları, kamera görüntüsü neticesinde elde edilen kapalılık sonuçları ve bu verilere bağlı olarak belirlenen koridor parçası blokaj durumunu gösteren nihai sonuçların yer aldığı bir çizelge haline getirilmiştir. Karar ağacı öğrenme yazılımına (Weka) veri seti olarak ODTÜ İnşaat Mühendisliği Fakültesi Yapı laboratuvarlarında geniş deney düzeneği üzerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen 168 deney verisi girilmiştir (Birgönül ve diğ., 2012).
- Dar koridor deney düzeneğiyle yapılan deney sayısının azlığı sebebiyle karar ağacı oluşturulması aşamasında sağlıklı sonuçlar veremeyeceği için dar koridor düzenek deneyleri kullanılmamıştır.
- Yazılıma girilen bu değerlere k-katlamalı çapraz geçerlilik yöntemi (k-fold cross-validation) uygulanarak; deney verilerinin eşit alt kümelerle ayrılması sağlanmıştır. Alt küme sayısı olarak programda ön tanımlı olarak mevcut 10 değeri olarak gerçekleştirilmesi planlanmıştır.
- REPTree ve C4.5 algoritmalarından oluşturulan karar ağaçları kendi içlerinde hassasiyet ve anımsama değerleri ile kıyaslanmış ve algılayıcıların birleştirilmesi ile elde edilen sonuçlar karar ağaçları ile değerlendirilmiştir.

6.3.7.1 Weka yazılımına veri girişinin yapılması

Weka programına girilmek üzere iki tip özellik (attribute) tanımlanmıştır. İlk tip özellikler doğrudan algılayıcılardan alınan sonuçlardan oluşturulmuştur. İkinci tip özellikler ise algılayıcı sonuçlarının elemana göre yorumlanmasıyla elde edilen durumlardır. Bu ayırım Çizelge 6.29’de görülmektedir.

Çizelge 6.29 : Karar ağacında kullanılan özellikler.

	Algılayıcı verisinin özellikleri	Algılayıcı verilerinin birleştirilmesi ile oluşturulan özellikler
Asma Tavan Özellikleri	TAVAN_KDK_1	ASMA_TAVAN-HASARSIZ
	TAVAN_KDK_2	ASMA_TAVAN-TEK
	TAVAN_KDK_3	ASMA_TAVAN-ÇAPRAZ
	TAVAN_KDK_4	ASMA_TAVAN-PARALEL
	TAVAN_UMO	ASMA_TAVAN-dik
		ASMA_TAVAN-UC
		ASMA_TAVAN-TUM
Dolap Özellikleri	DOLAP1_KDK_1	DOLAP_DURUM
	DOLAP1_KDK_2	
	DOLAP2_KDK_1	
	DOLAP2_KDK_2	
Duvar Özellikleri	DUVAR1_KDK_1	
	DUVAR1_KDK_2	
	DUVAR1_UMO	
	DUVAR2_KDK_1	
	DUVAR2_KDK_2	
	DUVAR2_UMO	
Kamera Özellikleri	KAMERA	

Programa girilen özelliklerden kamera A’dan E’ye kadar olan harf değerlerini alabilmekte, geri kalan özelliklerin tümü ise 1 veya 0 değerini alabilmektedir. Çizelge 6.29’da gösterilen ve asma tavanla ilişkili olan KDK ve UMÖ özellikleri Tavan_KDK_1, Tavan_KDK_2, Tavan_KDK_3, Tavan_KDK_4 ve Tavan_UMO algılayıcı verilerinden doğrudan alınmaktadır. KDK ve UMÖ algılayıcılarından alınan bu verilere bağlı olarak asma tavanın alabileceği toplam 7 farklı durumu gösteren (1) ASMA_TAVAN-HASARSIZ, (2) ASMA_TAVAN-TEK, (3) ASMA_TAVAN-ÇAPRAZ, (4) ASMA_TAVAN-PARALEL, (5) ASMA_TAVAN-dik, (6) ASMA_TAVAN-UC ve (7) ASMA_TAVAN-TUM özellikler de Weka programına girilmek üzere düzenlenmiştir. Dolaplarla da doğrudan KDK

algılayıcılardan elde edilebilecek özellikler (DOLAP1_KDK_1, DOLAP1_KDK_2, DOLAP2_KDK_1, DOLAP2_KDK_2) doğrudan Weka'ya girilmek üzerine düzenlenmiş; dolabın alabileceği farklı hasar durumlarını gösteren özellik DOLAP_DURUM olarak isimlendirilmiştir. Benzer durum duvarın UMÖ ve KDK algılayıcıları için gerçekleştirilmiştir. Bir düğümde bulunabilecek 2 duvar üzerinde bulunan toplam 6 algılayıcı için (2 UMÖ, 4 KDK) toplam 6 özellik Weka'ya girilmek üzere düzenlenmiştir. Son olarak Kamera özelliği de eklenerek Weka programına girdi olarak yazılacak özelliklerin sayısı 24 olarak belirlenmiştir.

Birgönül ve diğ., 2012 çalışmasından alınan 168 deney verisi için Çizelge 6.29'da belirtilen 24 girdi değeri ve 1 çıktı değeri ile uygun ".arff" uzantılı (attribute relation file format) veri dosyası oluşturularak Weka ortamında kullanılabilir hale getirilmiştir. Değerlendirme sırasında C4.5 algoritması için Weka programında karşılığı olan J-48 algoritması ve REPTree algoritması kullanılmıştır.

6.3.7.2 Özelliklerin önem katsayılarının (rank) değerlendirilmesi

Algoritmalar ile elde edilecek karar ağaçlarının değerlendirilebilmesi için Çizelge 6.29'da belirtilen ve Weka içerisine özellik olarak girilen değerlerin önem katsayılarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu önem katsayılarına dayalı olarak karar ağacında takip edilen yol irdelenebilmektedir. C4.5 ve REPTree algoritmaları bir önceki bölümde anlatıldığı şekilde Weka programı içerisinde analize tabi tutulmuş ve sonuçlar elde edilmiştir. Karar ağaçlarının üretimi sırasında kullanılan Çizelge 6.29'da gösterilen özellikler, Weka programının içinde bulunan C4.5 algoritmasının tamamlayıcısı olarak görülen, safsızlığı ortadan kaldırmada en çok kullanılan "GainRatioAttributeEval" algoritması ve "Ranker" arama metodu ile değerlendirilmiştir (Robnik-Sikonja, 2003). Bu değerlendirme Çizelge 6.30'da verilmiştir. Bu değerlendirmede, sonucu etkileme oranı yüksek olan özellikler yüksek önem katsayısı değerini almış üst sıralara yerleşmiştir. Sonucu etkileme oranı düşük olan özellikler ise daha düşük önem katsayısı değerleri alarak alt sıralara yerleşmişlerdir. Bu değerlendirmeye göre ikinci duvarın birinci KDK'si (DUVAR2_KDK_1) ile ikinci duvarın UMÖ'sünün (DUVAR2_UMÖ) sonuca hiç etkisi olmadığı tespit edilmiş ve bunlar "0" değerini almışlardır. DUVAR2_UMÖ olarak, düğüm içerisinde bulunan ikinci duvarın UMÖ'sü ifade edilmektedir. Fakat iki duvar içeren hiçbir düğüm noktasındaki duvarlar UMÖ ile denetlenmemiş

olduğundan bu özelliğin önem katsayısı 0 olarak gözükmemektedir. Bunu yanında iki duvar içeren tek düğüm noktası bulunmakta ve bu düğüm noktası içerisinde ikinci duvarın birinci KDK'si çalışmamaktadır. DUVAR2_KDK1 özelliğinin önem katsayısında 0 değerini alması ise bu şekilde açıklığa kavuşturulabilmektedir.

Çizelge 6.30 : Özellik değerlendirme algoritması ile oluşturulan sıralama.

SIRA	ÖNEM K.	ÖZELLİK
1	0,623	ASMA_TAVAN-HASARSIZ
2	0,552	ASMA_TAVAN-TEK
3	0,505	DUVAR1_KDK_2
4	0,486	DUVAR1_KDK_1
5	0,452	DOLAP_DURUM
6	0,451	TAVAN_UMO
7	0,384	TAVAN_KDK_1
8	0,379	DUVAR1_UMO
9	0,346	ASMA_TAVAN-PARALEL
10	0,317	TAVAN_KDK_2
11	0,314	DOLAP2_KDK_2
12	0,313	DOLAP1_KDK_1
13	0,311	ASMA_TAVAN-dik
14	0,309	TAVAN_KDK_4
15	0,308	DOLAP1_KDK_2
16	0,298	TAVAN_KDK_3
17	0,289	DOLAP2_KDK_1
18	0,263	KAMERA
19	0,242	ASMA_TAVAN-UC
20	0,242	ASMA_TAVAN-TUM
21	0,205	DUVAR2_KDK_2
22	0,190	ASMA_TAVAN-ÇAPRAZ
23	0	DUVAR2_UMO
24	0	DUVAR2_KDK_1

C4.5 ve REPTree algoritmalarına girilen özelliklerin verebilecekleri çıktılar da belirlidir. Bu özelliklerin büyük kısmı çıktı olarak “1” veya “0” vermesine karşın sadece kamera (KAMERA) ve dolabın durumunu gösteren (DOLAP_DURUM) özellikler, “1” ve “0”dan farklı ya da fazla cevaplar vermektedirler. Özelliklerin verdikleri cevaplar ve anlamları Çizelge 6.31’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.31’den de anlaşılabileceği gibi asma tavanın hasarsızlığını gösteren “ASMA_TAVAN-HASARSIZ” özelliği tavanla ilgili tüm algılayıcılardan hasar yok verisinin alınması durumunda "1" olmaktadır. Benzer şekilde asma tavanın tek KDK'sinin koptuğunu gösteren “ASMA_TAVAN-TEK” özelliği, tavanla ilgili

sadece bir KDK'den veya UMÖ'den değişim algılanması durumunda "1" olmaktadır. Çizelge 6.31'de verilen diğer özellikler de benzer yaklaşımlar ile anlamlandırılabilir.

Çizelge 6.31 : Özelliklerin aldığı değerler ve anlamları.

	ÖZELLİK	DEĞERLER ve ANLAMLARI
ALGILAYICI VERİSİ	DUVAR1_KDK_1	1: KDK değişim var, 0: KDK değişim yok
	DUVAR1_KDK_2	
	DUVAR1_UMO	
	DUVAR2_KDK_1	
	DUVAR2_KDK_2	
	DUVAR2_UMO	
	DOLAP1_KDK_1	
	DOLAP1_KDK_2	
	DOLAP2_KDK_1	
	DOLAP2_KDK_2	
	TAVAN_KDK_1	
	TAVAN_KDK_2	
	TAVAN_KDK_3	
	TAVAN_KDK_4	
	TAVAN_UMO	
ELEMEN DURUMU İLE İLGİLİ VERİ	ASMA_TAVAN-HASARSIZ	1: Asma tavanda hasar yok 0: Asma tavanda hasar var
	ASMA_TAVAN-TEK	1: Asma tavanda tek kabloda hasar var 0: Asma tavanda tek kabloda hasar yok
	ASMA_TAVAN-ÇAPRAZ	1: Asma tavanda çapraz kablolarda hasar var 0: Asma tavanda çapraz kabloda hasar yok
	ASMA_TAVAN-PARALEL	1: Asma tavanda paralel kablolarda hasar var 0: Asma tavanda paralel kablolarda hasar yok
	ASMA_TAVAN-dik	1: Asma tavanda dik kablolarda hasar var 0: Asma tavanda dik kablolarda hasar yok
	ASMA_TAVAN-UC	1: Asma tavanda üç kabloda hasar var 0: Asma tavanda üç kabloda hasar yok
	ASMA_TAVAN-TUM	1: Asma tavanda tüm kablolarda hasar var 0: Asma tavanın hiçbir kablosunda hasar yok
	DOLAP_DURUM	0: Hiçbir dolapta hasar yok
		1: Tek dolapta hasar var
		2: İki dolapta da hasar var
KAMERA	KAMERA	0: Kamera kullanılmamış A, B, C, D ya da E: Kamera değerlendirmesi

Çizelge 6.30’da asma tavan ve duvar üzerinde bulunan KDK ve UMÖ değerlerinin önem sıraları ayrı görülebilmektedir. Fakat asma tavan veya duvar üzerine yerleştirilen KDK’leri tek bir algılayıcı olarak değerlendirerek UMÖ’ye kıyasla üstünlüğünü belirlemek için 5 farklı yöntem, “Ranker” araştırma metodu ile kullanılmıştır. Weka içerisinde özelliklerin önem sıralamasının belirlenmesinde kullanılan bu beş yöntem sırayla ChiSquaredAttributeEval, FilteredAttributeEval, OneRAttributeEval, ReliefFAttributeEval ve SymmetricalUncertAttributeEval’dır.

Asma tavan için yapılan değerlendirmede, KDK sonucu belirlenen asma tavan durumu, UMÖ sonucu belirlenen asma tavan durumu ve gerçekleşen asma tavan durumu olmak üzere 3 farklı özellik ele alınmıştır. KDK ve UMÖ verilerinin Çizelge 6.29’da belirtilen yedi asma tavan durumundan hangisini tespit ettiği belirlenmiş ve Weka’ya veri olarak girilmiştir. Benzer şekilde, gerçek durumda oluşan yedi farklı durum belirlenerek veri olarak girilmiştir. Belirtilen yöntemler kullanılarak elde edilen önem katsayıları Çizelge 6.32’de verilmiştir.

Çizelge 6.32’de görülen farklı yöntemlerin değerlendirme kıstasları birbirinden farklı olmasına karşın KDK algılayıcısının her değerlendirmede UMÖ algılayıcısından daha önemli olduğu belirlenebilmektedir. Bu değerler Çizelge 6.20’de asma tavan üzerinde bulunan KDK ve UMÖ algılayıcılarının doğru tespit edebilme yüzdeleri ile kıyaslanmıştır. Fakat Çizelge 6.20’de asma tavanda herhangi bir değişime karşılık UMÖ’nün değişim algılaması durumu doğru kabul edildiğinden ötürü, bu çizelge içerisinde UMÖ doğruluk yüzdesi %93 olarak gözükmektedir. Halbuki asma tavanın gerçek durumunun tespit edilmesinde UMÖ’nün gerçek başarısı %52’dir (Çizelge 6.33).

Bu veri göz önünde bulundurulduğunda asma tavanın durumunu belirlemede KDK’nin(%87) UMÖ’den(%52) daha başarılı olduğu beş farklı yöntem sonucunda elde edilen önem katsayıları ile de desteklenebilmektedir.

Çizelge 6.32 : Asma tavan algılayıcıları önem katsayıları.

Yöntem	Algılayıcı Önemi	
	KDK	UMÖ
ChiSquaredAttributeEval	721,47	139,91
FilteredAttributeEval	1,82	0,82
OneRAttributeEval	86,90	63,10
ReliefFAttributeEval	0,86	0,63
SymmetricalUncertAttributeEval	0,83	0,51

Çizelge 6.33 : Asma tavan için UMÖ algılayıcısının değerlendirilmesi.

UMÖ - Asma Tavan Değerlendirmesi	
Toplam durum sayısı	168
Doğru tespit edilenler	87
Yanlış tespit edilenler	81
Doğruluk yüzdesi:	%52

Asma tavan üzerinde bulunan KDK ve UMÖ algılayıcılarının karşılaştırılmasında kullanılan 5 farklı yöntem, duvarın durumunu tespit etmede de kullanılmış ve daha önce Çizelge 6.21’de verilen değerlendirme sonuçları benzer şekilde desteklenmeye çalışılmıştır. Bu aşamada duvarın durumunu tespit etmede KDK verisi, UMÖ verisi ve duvarın gerçek durumu özellik olarak girilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.34’te gösterilmiştir.

Çizelge 6.34 : Duvar algılayıcıları önem katsayıları.

Yöntem	Algılayıcı Önemi	
	KDK	UMÖ
ChiSquaredAttributeEval	112.00	7.68
FilteredAttributeEval	0.52	0.03
OneRAttributeEval	100.00	88.39
ReliefFAttributeEval	1.00	0.00
SymmetricalUncertAttributeEval	1.00	0.10

Çizelge 6.32’dekine benzer şekilde Çizelge 6.34’te de KDK verileri daha önemli gözükmemektedir. Bu sonuçlar Çizelge 6.21’de verilen sonuçlar ile örtüşmekte ve KDK duvarın durumunu anlamada daha önemli bir algılayıcı olarak gözükmemektedir.

Tek tür algılayıcıların tüm koridorun durumunu tespit etmedeki başarıları kıyaslandığında ise, elle yapılan sonuçlar ile örtüşen şekilde KDK algılayıcıları UMÖ algılayıcılarına göre daha yüksek önem katsayılarına sahip gözükmemektedir. Eleman durumlarını değerlendirmede daha başarılı olan KDK algılayıcıları için de bu beklenen bir durumdur. Sonuçlar beş farklı yöntem ile Çizelge 6.35’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.35 : Koridor algılayıcıları önem katsayıları.

Yöntem	Algılayıcı Önemi	
	KDK	UMÖ
ChiSquaredAttributeEval	561.14	97.24
FilteredAttributeEval	1.73	0.50
OneRAttributeEval	95.24	62.50
ReliefFAttributeEval	0.91	0.30
SymmetricalUncertAttributeEval	0.88	0.34

6.3.7.3 Hata matrisi

İki farklı algoritmadan(C4.5 ve REPTree) elde edilen hata matrisleri, veri birleştirme yönteminin doğrulanması için teker teker değerlendirilmiştir. Değerlendirmede algoritmalarından elde edilen anımsama ve hassasiyet değerlerinden yararlanılmıştır.

Anımsama (Recall), gerçek durumda oluşan düğüm durumuna karşılık gelen bir kapalılık sınıfının, karar ağacı değerlendirmesi sonucunda elde edilen kapalılık sınıfı ile ne derece örtüştüğünü gösteren orandır. Örnek olarak Çizelge 6.36 ve Çizelge 6.37 incelendiğinde, gerçek durumda 17 adet C kapalılık sınıfına karşılık gelen düğüm durumu oluşmuş ve bu düğüm durumları karar ağacında 2 adet A, 11 adet C ve 4 adet D kapalılık sınıfı olarak değerlendirilmiştir. Bu durumda C kapalılık sınıfının anımsama oranı %64,7'dir (11/17).

Hassasiyet (Precision) ise, karar ağacı değerlendirmesi sonucunda elde edilen bir kapalılık sınıfının, gerçek durumda oluşan düğüm durumlarına karşılık gelen kapalılık sınıfları ile ne derece örtüştüğünü gösteren bir orandır. Örnek olarak Çizelge 6.36 ve Çizelge 6.37 değerlendirmeye alındığında 14 adet C kapalılık sınıfına karşılık gelen karar ağacı değerlendirmesi gözlemlenmiş ve gerçek durumda bu gözlemlerin 11 adedi C, 2 adedi D ve 1 adedi E olarak belirlenmiştir. Bu belirlemeye bağlı olarak C kapalılık sınıfının hassasiyet oranı %78,6'dır (11/14)

C4.5 algoritması hata matrisinin yorumlanması

168 deney verisi ile Bölüm 6.3.7'de belirtilen basamaklar dikkate alınarak kurulan karar ağacı, 10 katlamalı çapraz geçerlilik testi ile 10 alt kümeye hata matrisi, hassasiyet, anımsama değerlerine ulaşılmıştır(Çizelge 6.36).

Çizelge 6.36'daki sonuçlar, Çizelge 6.37'den elde edilmiştir. Çizelge 6.37'ye göre deneylerde toplam 61 A sınıfı, 22 B sınıfı, 17 C sınıfı, 61 D sınıfı ve 7 tane E sınıfı vardır. 61 A sınıfının tamamı karar ağacı tarafından tespit edilmiştir. Bu sebeple A sınıfı anımsama oranı %100'dür. A sınıfı dışında B sınıfı da tam olarak bulunmuştur (22'de 22). Bu iki sınıf ağacın en başarılı biçimde bulunduğu sınıflardır. C sınıfının bulunmasında ise ağaç 17 C sınıfının 2'sini A sınıfı ile, 4'ünü D sınıfı ile karıştırmıştır. Bu sebeple C sınıfının anımsama oranı %64,7'dir. C sınıfı bu oranla aynı zamanda en başarısız tespit edilen sınıftır. D sınıfında 61'de 4 hata yapılmış, 57'si doğru (%93,4) bulunmuştur. Burada 2 adet deney C sınıfı tahmin edilmiş, 2 sınıf ise E sınıfı ile karışmıştır. E sınıfı da başarılı tespit edilen sınıflardan biridir

(%85,7). 7 deneyden sadece 1 tanesi C sınıfı olarak tahmin edilebilmiştir. Bu değerlendirmeler anımsama oranları olarak verilmiş, başka bir deyişle matris yatayda değerlendirilmiştir.

Çizelge 6.36 : C4.5 algoritması hassasiyet ve anımsama değerleri.

SINIF	HASSASİYET	ANIMSAMA
A	% 96,8	%100,0
B	%100,0	%100,0
C	%78,6	%64,7
D	%93,4	%93,4
E	%75,0	%85,7
Ağırlıklı Ortalama	%93,3	%93,50

Hassasiyet oranlarına bakmak için matris dikey olarak değerlendirilirse; en başarılı sınıf B sınıfıdır (%100). Başka sınıflar B sınıfı ile karışmamıştır. 2 adet C sınıfı A sınıfı ile karışmış ve toplam 61 A sınıfı olmasına karşın karar ağacı 63 A sınıfı olduğu yanılgısına düşmüştür (%96,8). C sınıfı ile 2 adet D sınıfı ve 1 adet E sınıfı karışmıştır. D sınıfı ile sadece 4 adet C sınıfı karışmıştır (%93,4). Hassasiyet bakımından en başarısız sınıf E sınıfıdır (%75,0). 2 adet D sınıfı E sınıfı ile karışmıştır.

Çizelge 6.37 : C4.5 algoritması hata matrisi.

Karar Ağacı Değerlendirmesi							Gerçek Durum
Σ	A	B	C	D	E		
61	61	0	0	0	0	A	
22	0	22	0	0	0	B	
17	2	0	11	4	0	C	
61	0	0	2	57	2	D	
7	0	0	1	0	6	E	
Σ	63	22	14	61	8		

REPTree algoritması hata matrisinin yorumlanması

C4.5 algoritmasında izlenen yol ile benzer şekilde, REPTree algoritmasında da Bölüm 6.3.7’de belirtilen basamaklar dikkate alınarak kurulan karar ağacı, 10 katlamalı çapraz geçerlilik testi ile 10 alt kümeye ayrılarak değerlendirilmiş ve hata matrisi, hassasiyet, anımsama değerlerine ulaşılmıştır. Bu test sonucu ortaya çıkan sonuçlar Çizelge 6.38’de gösterilmiştir.

İki algoritmadan elde edilen hassasiyet değerleri göz önüne alındığında A, B,D kapalılık sınıfları için C4.5 algoritmasının daha yüksek değer yansıttığı göze çarpmaktadır. REPTree algoritmasında ise C kapalılık sınıfının hassasiyet değerinin

daha yüksek olduğu görülmektedir. E kapalılık sınıfına ait deney sayısının az olması, iki algoritmada da bu sınıf için aynı hassasiyet değeri elde edilmiş olmasının nedeni olarak gösterilebilir. Ağırlıklı ortalamaya bakıldığında C4.5 algoritmasının kapalılık sınıflarının karıştırılmaması konusunda REPTree algoritmasından daha başarılı olduğu söylenebilir.

Çizelge 6.38 : REPTree algoritması hassasiyet ve anımsama değerleri.

SINIF	HASSASIYET	ANIMSAMA
A	% 95,3	%100,0
B	%80,0	%72,7
C	%90,9	%58,8
D	%79,7	%90,2
E	%75,0	%42,9
Ağırlıklı Ortalama	%86,4	%86,3

İki algoritma anımsama kıstasına göre karşılaştırılmaya alındığında ise C4.5 algoritmasının A kapalılık sınıfında eşit B,C,D ve E kapalılık sınıflarında ise daha yüksek yüzdelik anımsama değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu değerler ağırlıklı ortalamaya da etkiyerek C4.5 algoritmasının daha yüksek olmasına katkı sağlamışlardır. Buradan yola çıkarak sonuçlar ile test kümesinin örtüşmesinde C4.5 algoritmasının daha başarılı olduğu tespit edilebilir. Çizelge 6.39’da REPTree algoritmasının hata matrisi verilmiştir.

Çizelge 6.39 : REPTree algoritması hata matrisi.

Karar Ağacı Değerlendirmesi							Gerçek Durum
Σ	A	B	C	D	E		
61	61	0	0	0	0	A	
22	0	16	0	6	0	B	
17	1	2	10	4	0	C	
61	2	2	1	55	1	D	
7	0	0	0	4	3	E	
Σ	64	20	11	69	4		

REPTree algoritması ile değerlendirilen toplam deney sayısı C4.5 algoritmasında değerlendirilen miktar ile aynıdır: 61 A sınıfı, 22 B sınıfı, 17 C sınıfı, 61 D sınıfı, 7 E sınıfı. 61 A sınıfının tamamı karar ağacı tarafından tespit edilmiştir. A sınıfı anımsama oranı %100’dür. B sınıfında yer alan 22 durumun 16’sı doğru olarak tespit edilebilmiş, 6 durum hatalı olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme B kapalılık durumunun anımsama oranına %72,7 olarak yansımıştır. C sınıfı durumuna sahip durumların değerlendirmesinde ise 17 durumun 10’un doğru tespit edilebilmiştir. Bu

nedenle C sınıfının anımsama oranı %58,8'dir. D sınıfında 61'de 6 hata yapılmış, 55'i doğru (%90,2) olarak tespit edilmiştir. E sınıfı bu oranla aynı zamanda en başarısız tespit edilen sınıftır.

REPTree algoritması sonucunda oluşan matris dikey olarak değerlendirilir ve hassasiyet oranlarına bakılacak olursa; en başarılı sınıf A sınıfıdır (%95,3). 1 adet C ve 2 adet D sınıfı A sınıfı ile karışmış ve toplam 61 A sınıfı olmasına karşın karar ağacı 64 A sınıfı olduğu yanlışına düşmüştür (%95,3).

C sınıfı ile 1 adet D sınıfı karışmıştır. D sınıfı ile 6 B sınıfı, 4C sınıfı ve 4 E sınıfı karışmıştır. Bu değerler ile en kötü ikinci hassasiyet değerine sahiptir (%79,7). En kötü hassasiyet değerine sahip sınıf %75,0 ile C4.5 algoritmasına benzer şekilde E sınıfı olmuştur. D sınıfına sahip bir durum hata ile E sınıfı olarak değerlendirilmiştir.

6.3.7.4 Karar ağacı sonuçlarının geçerlilik sınama amacıyla kullanılması

“6.3.7. Karar Ağacı Yaklaşımı” bölümünde değinildiği gibi verilerin değerlendirilmesi ve birleştirilme işleminden elde edilen sonuçlar, veriler arasındaki ilişkileri ortaya koyarak ileriye dönük yaklaşımlar ortaya koyabilen karar ağaçları ile de karşılaştırılmıştır. Karar ağaçları ile elde edilen sonuçlardan deney sonuçlarının analiz edilmesiyle elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde de faydalanılmıştır. Bu yönüyle karar ağacı bir geçerlilik yöntemi olarak ele alınmaktadır. Karar ağacında yer alan her bir yaprağın mantık çerçevesinde değerlendirilmesi ise Çizelge 6.30'da verilen özelliklerin önem katsayıları göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir.

C4.5 algoritması karar ağacının yorumlanması

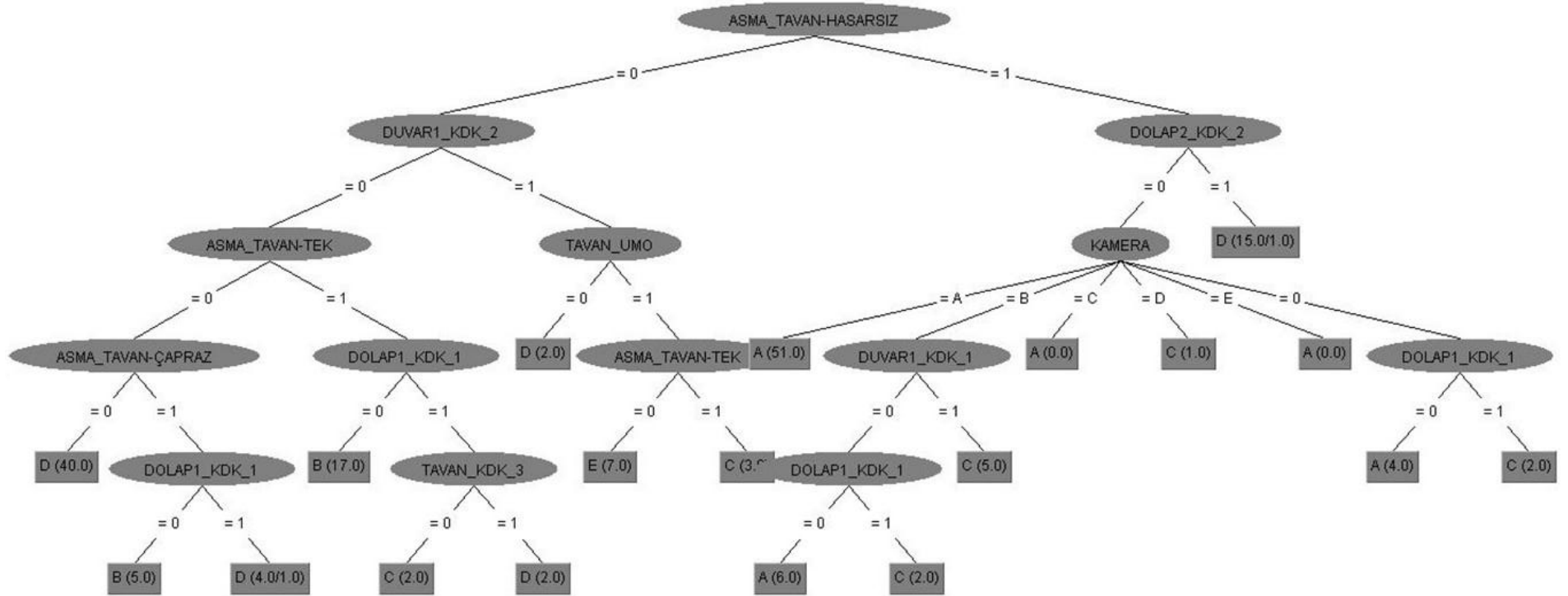
168 adet deney verisi için 10 katlamalı çapraz geçerlilik ile kullanıldığında C4.5 algoritması ile oluşan ağaç Şekil 6.16'da verilmiştir.

Karar ağacına bütünüyle bakıldığında değerlendirme için genelden özele doğru bir ilerleme kaydettiği görülmektedir. Ağacın en üst seviyesinde en genel değerlendirme olarak asma tavan hasarsızlığının irdelenmesi bu yaklaşım ile örtüşmektedir. Asma tavanın hasarsızlığının ilk aşamada değerlendirilmesi Çizelge 6.30'daki özellik değerlendirme algoritmasının sonuçlarıyla da örtüşmektedir. Karar ağacına göre asma tavanda hasar olmaması durumunda (ASMA_TAVAN-HASARSIZ=1) ikinci dolabın ikinci KDK'si değerlendirilmektedir. Özellik değerlendirme sıralamasına

göre 11. sırada olan bu özellikleri 2. sırada değerlendiriyor olması tutarsızlık gibi gözükse de bunun temel sebebi C 4.5 algoritmasının tavan hasarı özelliği ile tavan ile ilgili öteki özellikler arasındaki ilişkiyi doğru anlamış olması ve değerlendirme önceliğini 12. sırada olan bir özelliğe vermesidir. Ayrıca bu değerlendirme sonrasında, ikinci dolabın birinci KDK değerine (Dolap2_KDK_1) bakılmadan, ikinci dolabın durumunun doğrudan tespit edildiği kabul edilmektedir. Bu kabul, KDK'nin eleman bazında değerlendirilmesi bölümünde birinci ve ikinci KDK'nin dolaplarda aynı doğruluk yüzdesi ile (%97) sonuç değerlerini vermesi ile örtüşmektedir. Böylelikle ikinci dolabın birinci KDK değerlendirmesine ihtiyaç kalmamaktadır. Bu iki algılayıcının aynı işi yaptığı, özellik değerlendirmesi algoritmasının ikinci dolabın birinci KDK değerini (Dolap2_KDK_1) 17. sıraya atmasından da anlaşılabilmektedir.

İkinci dolabın yıkılmış olduğu durumlar uzman görüşü değerlendirmelerinde doğrudan D kapalılık sınıfıyla notlandırılan durumlardır. Bu noktada C 4.5 algoritmasına girilmiş olan deney sayısının az olduğunu ve her durumu içermediğini gösteren bir unsur göze çarpmaktadır. İkinci dolabın devrilmiş olduğu bilgisinin alındığı tüm deneylerde birinci dolap da yıkılmış olduğundan, karar ağacı yalnızca ikinci dolabın yıkılmış olduğunun algılanmasını D harf notu ile ifade edebilmektedir. Bu durum özelliklerin değerlendirmesinde de birinci dolap ile ilgili algılayıcıların düşük sıraya düşmesine sebep olurken (birinci dolabın birinci KDK'si (Dolap1_KDK_1) 12. sırada iken, birinci dolabın ikinci KDK'si (Dolap1_KDK_2) ise 15. sıradadır); 5. sırada olan dolap durum özelliğinin hiç kullanılmamasına neden olmuştur. Karar ağacının bu yolu, bu durumda olan 16 deneyden 15'inin doğru tespit edilmesini sağlamıştır.

İkinci dolabın yıkılmamış olduğu durumda ise karar ağacı değerlendirmesine kamera verileri ile devam etmektedir. C 4.5 algoritmasına girilen kamera değerleri, deneylerin ideal görüntü işleme yöntemi ile işlenmesi sonucu elde edilmiştir. Karar ağacına bakıldığında A, B ve D kapalılık sınıfı için veri setinde bulunan değerler üzerinden değerlendirme yapıldığı görülürken; C ve E kapalılık sınıfı için elde edilen durumlarda, veri setinde benzer deney olmamasından ötürü program tarafından atanan harf notları gözlemlenmektedir. Bu durum karar ağacının güvenilirliğini etkilemektedir. Diğer yandan kameranın, ağacın son basamaklarında devreye girmiş olması, kamera verilerinin çok güvenilir olmadığını fakat o aşamada



Şekil 6.16 : C4.5 algoritması karar ağacı.

değerlendirilebilecek başka veri kalmadığını belirtmektedir. Bu yaklaşım ise ideal yöntemli kameranın düğümü değerlendirmesi bölümünde doğruluk yüzdesinin %40 çıkmış olmasını desteklemektedir. Ayrıca özellik sıralama algoritması da kamera (KAMERA) özelliğinin 18. sırada göstermiş ve karar verme üzerinde önemli bir etki yapmadığı sonucuna varmıştır. Bu deneylerde daha iyi bir kamera görüntü işleme kullanıldığı durumda, oluşturulacak yeni karar ağacında kamera özelliğinin karar ağacının daha üst basamaklarında yer alacağı öngörülmektedir. Bunun yanında, deprem gibi bir hasar sonrası ortamda kamera görüşünü engelleyecek derecede toz ve benzeri durumların kamera görüşü üzerinde bir engel yaratabileceği ve bu gibi durumların da ne kadar iyi bir görüntü işleme tekniği kullanılırsa kullanılsın, kamera başarısına etki edebileceği de unutulmamalıdır. İlk basamağa geri dönülerek asma tavan hasarsız değerlendirmesinin "0" aldığı (asma tavanda bir hasar olduğu) durum göz önünde bulundurulduğunda; bir sonraki değerlendirmenin duvarın ikinci KDK'si üzerinde gerçekleştiği görülmektedir. Analizler sırasında eleman bazında değerlendirmede duvarın ikinci KDK'sinin dolabın KDK'lerinden daha yüksek oranda doğruluk yansıtması da bu kararı desteklemektedir. Bunun yanı sıra özelliklerin değer sıralaması göz önüne alındığında da duvar KDK'lerinin dolap KDK'lerinden daha değerli olduğu gözlemlenmektedir.

Bu aşamadan sonra duvarın yıkılmış olması durumunda asma tavanın durumu kontrol edilmektedir. Asma tavanda hasar olduğu ilk basamaktan itibaren bilinmekte olduğundan, bu noktadan sonra sorgulanmak istenen ne derece bir hasar oluşmuş olduğudur. UMÖ'de değişiklik algılanması durumunda asma tavanın tek kablusunun kopup kopmadığı sorgulanmakta, değişiklik algılanmadığı durumda ise sonuç D kapalılık harf notu ile değerlendirilmektedir. Bu durumun bir sebebi yine deney düzeneğinde test edilen durumların yetersizliğinden ve veri setindeki tüm deneylerde duvarın yıkılması durumunun iki dolap yıkılması ile beraber gözlemlenmesinden kaynaklanırken; bir diğer sebebi ise asma tavanı izleyen UMÖ'lerin tavanın tek ve çapraz kablolarının kopması durumlarını doğru algılayamıyor olmasıdır. Tavan UMÖ'nün tek ve çapraz kabloların kopması durumları dışındaki hasar durumlarını (üç kablo kopması, bütün kabloların kopması, paralel kablo kopması ve dik kablo kopması) yüksek oranda bir doğruluk yüzdesi ile belirleyebildiği için ağaçta tavan UMÖ'nün "1" verdiği durumda tek kablo kopup kopmamasının sorgulanması beklenen bir durumdur. Tek kablo kopması durumunda uzman görüşlerinde

belirlenmiş olan değer olan C durumu (3 deney); tek kablo dışında bir kopmanın belirlenmiş olduğu durumlarda ise doğrudan E (7 deney) kapalılık sınıfı atanmaktadır. Bu durumlara karşılık gelen 168 deneyde 10 deney vardır ve 10 deney de bu durumu karşılamaktadır. Veri setindeki deney sayısının az olmasından ötürü bu noktada dolabın durumu incelenmemekte ve D harf notuna ulaşmak mümkün olamamaktadır. Diğer yandan karar ağacı güvenli tarafta kalarak düğüm için E harf notu değerlendirmesini yapmaktadır.

Karar ağacının ikinci basamağında, birinci duvarın ikinci KDK'sinin kopmaması durumunda (DUVAR1_KDK_2: 0) ise, birinci duvarın yıkılmadığı sonucu alınmaktadır. Bu değerlendirmeden sonra asma tavanın durumu tek kablosunun kopup kopmaması ile irdelenmektedir. Tek kablo kopması sorgusu sonrasında "1" değerine ulaşılması durumunda (tek kablo kopmuş ise), birinci dolabın birinci KDK'sine bakılarak dolap durumu değerlendirilmektedir. Analiz sonuçlarında KDK'lerin eleman bazında değerlendirilmesi safhasında tek tek KDK'lerin değerlendirilmesi ile %97; iki KDK'nin beraber değerlendirilmesi ile %99 doğruluk yüzdesine ulaşılmış olmasına karşın; karar ağacında bu %2'lik artış değerlendirmeye katılmaya değer görülmemiştir. Dolabın yıkıldığının anlaşılmasından sonraki basamakta asma tavanın üçüncü KDK'si sorgulanmaktadır. Tek kablosu koptuğu bilinen asma tavanın, bu değerlendirme sonrasında iki farklı harf değeri vermesinin nedeni veri kümesini oluşturan deneylerin içerisinde yer alan yanlış negatif ve yanlış pozitif değerlerdir. Yanlış negatif durumu gözlemlendikten sonra karar ağacı iki durum arasında fark yaratacak niteliği aramayı denemiş ve bunu üçüncü KDK olarak tespit etmiştir. Bu noktada yer alan bu değerlendirme aslında gereksizdir. Yalnızca yanlış negatifi tespit etmek amacıyla oluşmuştur. Diğer taraftan deney sayısının düşük olmasından ötürü, farklı harf notu yansıtan iki durum arasındaki fark olarak gözlemlenen ikinci dolabın düşmüş olması, bir alt basamak olarak değerlendirilmeye alınmamış; asma tavandaki değişim yeterli olarak algılanmıştır.

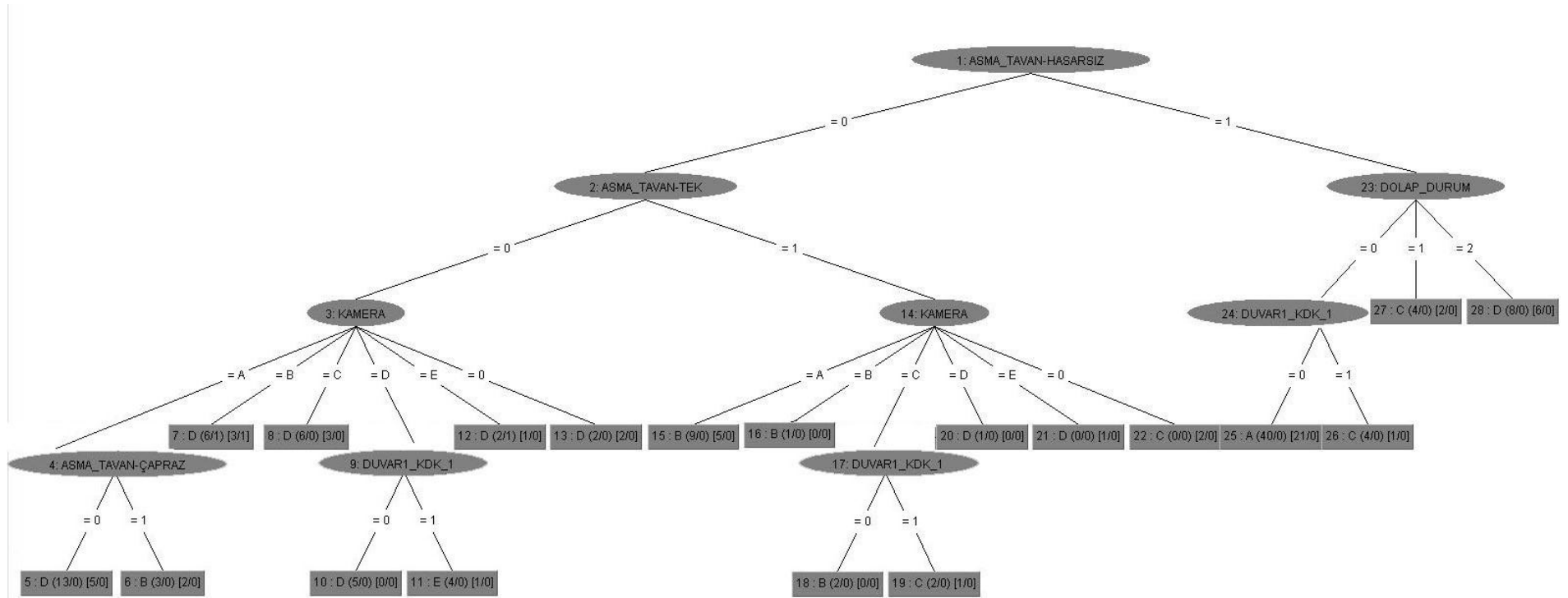
Karar ağacının 3. basamağında asma tavanın çapraz kablosunun kopup kopmadığı irdelenmektedir. Çapraz kablonun kopmamış olduğu anlaşıldığında harf notu sonucu doğrudan D olarak belirlemekte ve bu durumu gösteren 40 deneyin sonucu da bu yöndedir. Duvarda hasar olmadığının bilinmesinin yanı sıra, tavanda hasar olduğu fakat bu hasarın da tek veya çapraz kablo kopması olmadığının bilindiği durumda D harf notunun atanmış olması; uzman görüşü ile değerlendirildiğinde tam anlamıyla

beklenen bir durumdur. Çapraz kablo kopması tespit edildiğinde ise birinci dolabın ilk KDK değeri kontrol edilmekte ve dolabın düşmediğinin anlaşılması durumunda B harf notu sonucu verilmektedir. Bunun yanı sıra birinci dolapta düşmenin algılanması durumunda, D harf notu verilmektedir. Bu durumda tek dolap yıkılması ve çapraz kablo kopması sonucu olması gereken C harf notu yerine iki dolap yıkılması ve çapraz kablo kopması sonucu olan D harf notunun yansımalarının nedeni; veri seti içerisinde verilmiş olan deneylerin çoğunda çapraz kablo koparıldıktan sonra iki dolabın beraber yıkılmış olması, dolayısıyla bu verinin baskın olarak sonuca yansımastandır. Karar ağacı içerisinde bulunan algılayıcıların değerlendirmesinin yanı sıra ağaç içerisinde yer almayan duvar UMÖ'sü de algılayıcıların eleman bazındaki değerlendirmesi içerisindeki sonucu ile örtüşen bir durum sergilemektedir. Duvar üzerinde bulunan KDK %98 olarak duvarın durumunu algılamayı başarırken; duvar UMÖ'sü bu değerlendirmeyi % 90 doğruluk değeriyle gerçekleştirebilmektedir. Bunun yanı sıra aktarabildiği bilginin KDK'den hiçbir farkı olmamasından ötürü, beklendiği gibi karar ağacı içerisine girememiştir. Bu durum özellik değerlendirme algoritması tarafından verilen sıralamada da (Çizelge 6.30) görülmektedir. Birinci duvarın birinci ve ikinci KDK'leri üstten 3. ve 4. sıralarda olmasına rağmen; birinci duvarın UMÖ'sü 8. sıradadır.

REPTree algoritması karar ağacının yorumlanması

C4.5 algoritmasının karar ağacı oluşturulurken izlenen yöntem ile aynı şekilde, 168 adet deney verisi için 10 katlamalı çapraz geçerlilik ile kullanılmış ve REPTree algoritması ile karar ağacı oluşturulmuştur (Şekil 6.17).

Oluşturulan karar ağacı incelendiğinde ilk basamakta C4.5 algoritması ile oluşturulan karar ağacı ile aynı şekilde asma tavanın hasar durumu irdelenmektedir. Bu durum “Çizelge 6.30 Özellik değerlendirme algoritması tarafından verilen sıralama” çizelgesinde ASMA_TAVAN-HASARSIZ özelliğinin en yüksek rank değerini alması ile örtüşmektedir. Asma tavanda hasar tespit edilmemesi durumunda (ASMA_TAVAN-HASARSIZ=1) dolap durumu kontrol edilmektedir. Karar ağacı beklenen şekilde genelden özele doğru bir yaklaşım sergilemektedir. Fakat Çizelge 6.30'da duvar1 KDK'lerinin özellikleri daha yüksek rank değerine sahip olmasına karşın değerlendirmeye dolabın durumu ile devam etmiştir. Bu değerlendirme sonrasında iki dolabın yıkılması durumunda (DOLAP_DURUM=2) kapalılık sınıfını D olarak belirlemiştir. Değeri olduğu gibi daha yüksek rank değerine sahip duvar1



Şekil 6.17 : REPTree algoritması karar ağacı.

KDK'lerini değerlendirmeden kapalılık sınıfı atamaya yönelmesinden ötürü atamış olduğu 8 durumun 6'sı hatalı olarak belirmiştir. Benzer durum tek dolabın yıkıldığının tespit edilmesiyle (DOLAP_DURUM=1) de oluşmuştur. Bu durumda karar ağacı, kapalılık sınıfı olarak C'yi öngörmüş fakat 4 durumun 2'sinde yanılmıştır. Dolapta yıkılma olmadığının belirlenmesinden sonra, duvar1'in birinci KDK'si değerlendirmeye alınmıştır. Bu noktada duvar1 ile ilgili olarak başka KDK'nin değerlendirmeye alınmamış olması, tek KDK'nin analiz için yeterli olabileceği fikrini desteklemektedir. Diğer yandan daha yüksek rank değerine sahip duvar1'in ikinci KDK'si yerine birinci KDK'sini değerlendirmeye alması hata oranının yüksek olmasına yol açmıştır. Duvar1'in birinci KDK'sinin değişim algılamaması durumunda(DUVAR1_KDK_1=0) 40 durum A kapalılık sınıfına dahil edilmiş, fakat bu durumların 21'inde hata yapılmıştır. Benzer şekilde duvar1'in birinci KDK'sinin değişim algılaması durumunda(DUVAR1_KDK_1=1) ise 4 durum C kapalılık sınıfına dahil edilmiş fakat 1 durum hatalı olarak algılanmıştır. Asma tavanda hasarın belirlendiği kademeye geri dönersek(ASMA_TAVAN-HASARSIZ=0), bu adımdan sonra değerlendirmenin asma tavanın tek kablosunun kopup kopmadığı olduğu görülecektir. En yüksek ikinci rank değerine sahip olan bu özelliğin değerlendirilmesi tam anlamıyla beklenen bir adımdır. Bu adımdan sonra her iki seçenek sonucunda da kamera değerlendirmeye alınmaktadır. Kamera güvenilirliği yüksek olan bir eleman değildir, bu nedenle son are olarak kullanılmasında fayda vardır. Buna karşın asma tavanın tek kablosunun kopmadığı durumlardaki(ASMA_TAVAN-TEK=0) değerlendirmelerine bakıldığında kameranın B, C,E harf değerlerini yansıttığı veyahut kameranın hiç bulunmadığı durumlarda D kapalılık sınıfını yansıtmıştır. Bu sınıfa giren 16 durumun yalnızca 7 adedini doğru tahmin edebilmiştir. Bu seçenekleri yansıtırken, kameranın hiçbir katkısının olmadığını, aynı kapalılık sınıfını yansıtma eğiliminden de görebilmekteyiz. Kameranın A kapalılık sınıfını yansıttığı durumlarda ise asma tavan kablolarının çapraz olarak kopup kopmadığı irdelenmiştir. Çapraz kablo kopmasının tespit edildiği durumlarda(ASMA_TAVAN-APRAZ=1) karar ağacının B kapalılık sınıfını yansıttığı ve ortaya çıkan 3 durumun 2'sinde hata yaptığı görülmektedir. Çapraz kablo olmadığının anlaşıldığı durumlarda ise D kapalılık sınıfı sonucu çıkarılmıştır. Diğer elemanlar hakkında bir bilgi edinilemeden sonuca ulaşmanın sonucu olarak beklenen şekilde 13 durumun 5'inde hata ile sonuca ulaşmıştır. Asma tavanın tek kablosunun koptuğu durumlardaki(ASMA_TAVAN-TEK=1)

değerlendirmeye de kamera ile devam edilmiştir. Tek kablosunun koptuğu tespit edilen durumlarda kamera B kapalılık sınıfı ağırlıklı notlar yansıtmıştır. Karar ağacı bu noktada kameranın A ve B değerini yansıttığı 10 durumun 5'ini B kapalılık durumu ile değerlendirerek doğru tahmin etmiştir. Kameranın D değerini yansıttığı durumu D kapalılık durumu olarak değerlendirerek tek olan durumu doğru bilmiştir. Kameranın E durumu yansıttığı ve karar ağacının E kapalılık sınıfı olarak değerlendirdiği tek durum ise yanlıştır. Kameranın olmadığı noktalar ise karar ağacı açısından C kapalılık durumu olarak ifade edilmiş fakat 2 durumun ikisini de yanlış tespit etmiştir.

C4.5 algoritması ile oluşturulan karar ağacının değerlendirilmesinden sonra REPTree ile oluşturulan karar ağacı güvenilir gözükmemektedir. İki algoritma ile oluşturulan hata matrislerinden de bu sonuca ulaşılabilir. Gerek anımsama gerek hassasiyet değerlendirmesinde REPTree algoritması daha düşük oranda sonuç vermektedir. Literatüre bakıldığı zaman ise REPTree algoritmasının güvenilirliğinin düşük olduğu durumlarda C4.5 gibi algoritmalarla desteklenebildiği yazmaktadır (Zhao ve Zhang, 2007). Algoritmalarından elde edilen hata matrisleri incelendiğinde, C4.5 algoritmasının hassasiyet ve anımsama değerlerinde daha güvenilir sonuç vermesi literatüre paralel şekilde beklenen bir gelişmedir.

7. MALİYET ANALİZİ

Deneyler sırasında kullanılan ve eleman, düğüm noktası ve koridor bazında algılama yüzdeleri hesaplanan her bir algılayıcının birim maliyetleri çıkarılmıştır. Düğümü ve koridoru değerlendirmek üzere çalışan her algılayıcı, tespit edebildiği doğruluk yüzdeleri ve birim maliyetleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Pilot binada kullanılan algılayıcıların sayısı ve tipleri örnek alınmıştır. Pilot binada önerilen sistemle ilgili olarak karşılaşılabilecek maliyetler çıkarılmıştır. Ayrıca, maliyet kazanımı sağlanabilecek noktalar üzerinde durularak, farklı tip binalarda uygulandığında önerilen türde bir sistemin maliyet kalemlerini belirlemede kullanılacak yöntemler önerilmiştir.

Deney düzeneğinde kurulmuş olan düzen mümkün olduğu oranda korunarak ve proje kapsamında belirlenen algılayıcı yerleştirme kural ve ilkelerine dikkat edilerek, pilot bina içerisinde hangi noktalara hangi algılayıcıların ve kameranın yerleştirilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Binadaki yapısal hasarın alt katlarda olacağı varsayılarak jiroskop algılayıcılarının sadece zemin ve birinci kat kolonlarına yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Sonrasında, deney düzeneğindeki benzer şekilde, proje kapsamında değerlendirilen her tür algılayıcıya sahip pilot binanın maliyeti hesaplanmıştır (Çizelge 7.1). Pilot bina üzerinde maliyet hesapları yapılan sistemlerin farklı yapılarda uygulanmasının öngörülmesi durumunda, yapı alanları doğru orantılı olarak değerlendirilerek (pilot bina: 7511 m²) yaklaşık bir maliyet hesaplamak mümkündür.

Tüm algılayıcılara ve kameraya sahip pilot binanın maliyeti toplam 49,993.01 TL olarak hesaplanmaktadır. Algılayıcılarının yerleşimi deneylerde belirtilen düzende gerçekleştirilmiştir. Bodrum katta yaklaşık 1682m², zemin katta yaklaşık 1692m², birinci katta yaklaşık 1806m², ikinci katta yaklaşık 1869m² ve ara katta yaklaşık 462m² ile toplamda yaklaşık 7511m²'lik bir alanı kaplayan bina için bu sistem ile düğümlerin durumlarının yaklaşık %96 oranında doğrulukla tespit edilebileceği analizler ile gösterilmiştir.

Çizelge 7.1 : Pilot binanın sistem maliyeti ve maliyet unsurları.

	Bulunduğu Eleman	Adet	Birim Uzunluk (m)	Toplam Uzunluk	Birim Fiyat (KDV Dahil)	Toplam Fiyat
KDK	Dolap	68	3	204	0.17 TL	104.04 TL
	Duvar	208	14.2	2959.2	0.17 TL	7,157.22 TL
	Asma Tavan	208	1	208	0.17 TL	35.36 TL
UMÖ	Duvar	46			100.30 TL	4,613.80 TL
	Asma Tavan	52			35.00 TL	1,820.00 TL
Jiroskop	Kolon	67			130.98 TL	8,775.66 TL
İvmeölçer	-	10			108.56 TL	1,085.60 TL
Kamera	-	14			506.88 TL	7,096.33 TL
Atmega	-	29			141.60 TL	4,106.40 TL
Sunucu	-	1			7,410.82 TL	7,410.82 TL
Bağlantı Kablosu	-				E. donanımın yüzde 5'i	1,415.78 TL
Yazılım 3		1			6,372.00 TL	6,372.00 TL
Yazılım 2	-	0			4,248.00 TL	0.00 TL
Yazılım 1	-	0			2,124.00 TL	0.00 TL
TOPLAM MALİYET						49,993.01 TL

Algılayıcıları eleman bazında ve düğüm bazında deney sonrası elemanların ve düğüm noktalarının durumlarını değerlendirme analizlerinde görüldüğü üzere; KDK algılayıcıları elemanın ve düğümün durumunu anlamakta yüksek doğruluk oranlarına sahiptir ve tüm algılayıcıların ortak olarak verebildikleri doğruluk yüzdesi, yalnızca KDK'nin verebildiği doğruluk yüzdesi ile örtüşmekte ve aynı olmaktadır. Buradan yola çıkarak; UMÖ ve kameranın maliyet kalemi olarak çıkarıldığı düşünüldüğünde, pilot binanın toplam maliyetinin 28,853.80 TL'ye düştüğü göze çarpmaktadır (Çizelge 7.2). Belirtilen şekilde bir algılayıcı düzenine sahip sistemin doğruluk yüzdesi ise ilk yaklaşımdakine benzer şekilde %96 olmaktadır.

Tasarruf unsurunun öne çıktığı durumlarda, algılayıcı sayısının ve türünün değiştirilmesi ile doğruluk yüzdesinden feragat edilerek maliyetin düşürülmesi söz konusu olabilmektedir. Bunun için, jiroskop ve ivmeölçer gibi kritik algılayıcılar dışında sistemdeki tüm algılayıcılar çıkarılarak, yapı içerisinde bulunan tüm sistemin yalnızca bina içerisinde bulunan kameralar ile izlenmesi durumu değerlendirilmiştir.

Kameraların değerlendirilmesi bölümünde bahsedilen (1) koridor arkasındaki açık alanı gözlemleyerek değerlendiren yöntemlerden birinci yöntem (elips yöntemi) ile (2) ikinci yöntem ve (3) düğüm düğüm açıklıkları gözlemleyerek değerlendiren ideal yöntemli kameralar tek tek ele alınarak maliyet ve doğruluk yüzdesi açısından değerlendirilmiştir.

Çizelge 7.2 : Pilot binanın UMÖ ve kamerasız maliyeti.

	Bulunduğu Eleman	Adet	B. uzunluk (m)	T. uzunluk	B. Fiyat	Toplam Fiyat
KDK	Dolap	68	3	204	0.17 TL	104.04 TL
	Duvar	208	14.2	2959.2	0.17 TL	7,157.22 TL
	Asma Tavan	208	1	208	0.17 TL	35.36 TL
UMÖ	Duvar	0			100.30 TL	0.00 TL
	Asma Tavan	0			35.00 TL	0.00 TL
Jiroskop	Kolon	67			130.98 TL	8,775.66 TL
İvmeölçer	-	10			108.56 TL	1,085.60 TL
Kamera	-	0			506.88 TL	0.00 TL
Atmega	-	23			141.60 TL	3,256.80 TL
Sunucu	-	1			7,410.82 TL	7,410.82 TL
Bağlantı Kablosu	-				E. donanımın yüzde 5'i	1,028.31 TL
Yazılım 3		0			6,372.00 TL	0.00 TL
Yazılım 2	-	0			4,248.00 TL	0.00 TL
Yazılım 1	-	0			2,124.00 TL	0.00 TL
TOPLAM MALİYET						28,853.80 TL

Birinci yöntem (elips yöntemi), koridorun en arka açıklığına bakarak değerlendiren bir görüntü işleme sistemine sahiptir. Bu sistemin düğüm bazında bir kapalılık değerlendirmesi yapabilmesi için bir yazılım eklenmemiş, kameranın izlediği koridorun en arkasındaki açıklık üzerine elips çizdirilerek bir görüntü işleme gerçekleştirilmiştir. Keskin, köşeli elemanların sınırlarını algılamakta zorlanan bu yöntemin tüm düğümün deney sonrası kapalılık durumunu algılamada %17 doğruluk oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Yalnızca kamera maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda toplam sistemin maliyeti 30,389.34 TL olmaktadır (Çizelge 7.3).

Çizelge 7.3 : Pilot binanın birinci yöntemli kamera ile maliyeti.

	Bulunduğu Eleman	Adet	B. uzunluk (m)	T. uzunluk	B. Fiyat	Toplam Fiyat
KDK	Dolap	0	3	0	0.17 TL	0.00 TL
	Duvar	0	14.2	0.0	0.17 TL	0.00 TL
	Asma Tavan	0	1	0	0.17 TL	0.00 TL
UMÖ	Duvar	0			100.30 TL	0.00 TL
	Asma Tavan	0			35.00 TL	0.00 TL
Jiroskop	Kolon	67			130.98 TL	8,775.66 TL
İvmeölçer	-	10			108.56 TL	1,085.60 TL
Kamera	-	14			506.88 TL	7,096.33 TL
Atmega	-	23			141.60 TL	3,256.80 TL
Sunucu	-	1			7,410.82 TL	7,410.82 TL
Bağlantı Kablosu	-				E. donanımın yüzde 5'i	640.13 TL
Yazılım 3		0			6,372.00 TL	0.00 TL
Yazılım 2	-	0			4,248.00 TL	0.00 TL
Yazılım 1	-	1			2,124.00 TL	2,124.00 TL
TOPLAM MALİYET						30,389.34 TL

İkinci yöntemin birinci yöntemden farklı ise, kamera değerlendirmeleri bölümünde bahsedildiği gibi, görüntü işleme sistemi olarak elips kullanmak yerine, keskin çizgileri daha iyi algılayabilen bir görüntü işleme mekanizmasının kullanılmış

olmasıdır. Bunun yanında doğruluk oranı birinci yöntem ile kıyaslandığında %3 artarak %20'ye ulaşmaktadır. Bu sistemin pilot binaya uygulanmasıyla elde edilen maliyet değeri 32,513.34 TL olmaktadır (Çizelge 7.4).

Çizelge 7.4 : Pilot binanın ikinci yöntemli kamera ile maliyeti.

	Bulunduğu Eleman	Adet	B. uzunluk (m)	T. uzunluk	B. Fiyat	Toplam Fiyat
KDK	Dolap	0	3	0	0.17 TL	0.00 TL
	Duvar	0	14.2	0.0	0.17 TL	0.00 TL
	Asma Tavan	0	1	0	0.17 TL	0.00 TL
UMÖ	Duvar	0			100.30 TL	0.00 TL
	Asma Tavan	0			35.00 TL	0.00 TL
Jiroskop	Kolon	67			130.98 TL	8,775.66 TL
İvmeölçer	-	10			108.56 TL	1,085.60 TL
Kamera	-	14			506.88 TL	7,096.33 TL
Atmega	-	23			141.60 TL	3,256.80 TL
Sunucu	-	1			7,410.82 TL	7,410.82 TL
Bağlantı Kablosu	-				E. donanımın yüzde 5'i	640.13 TL
Yazılım 3		0			6,372.00 TL	0.00 TL
Yazılım 2	-	1			4,248.00 TL	4,248.00 TL
Yazılım 1	-	0			2,124.00 TL	0.00 TL
TOPLAM MALİYET						32,513.34 TL

İdeal yöntem ise görüntü işleme konusunda ikinci yönteme benzer bir yapıda olup köşeleri algılamakta başarı sağlamasının yanı sıra koridor içerisinde yer alan düğümleri ayrı ayrı ele alarak kapalılıklarını hesaplama özelliklerine de sahiptir. Daha detaylı bir yazılıma ihtiyaç duyan bu sistem kamera başına 2,124TL'lik bir artış(4,248 TL-2,124 TL) ile elde edilebilmekte ve doğruluk oranını iki katına çıkartarak %41'e vartırmaktadır. Bu algılayıcı düzeninin pilot bina üzerindeki toplam maliyeti ise 34,637.34 TL olarak göze çarpmaktadır (Çizelge 7.5).

Çizelge 7.5 : Pilot binanın ideal yöntemli kamera ile maliyeti.

	Bulunduğu Eleman	Adet	B. uzunluk (m)	T. uzunluk	B. Fiyat	Toplam Fiyat
KDK	Dolap	0	3	0	0.17 TL	0.00 TL
	Duvar	0	14.2	0.0	0.17 TL	0.00 TL
	Asma Tavan	0	1	0	0.17 TL	0.00 TL
UMÖ	Duvar	0			100.30 TL	0.00 TL
	Asma Tavan	0			35.00 TL	0.00 TL
Jiroskop	Kolon	67			130.98 TL	8,775.66 TL
İvmeölçer	-	10			108.56 TL	1,085.60 TL
Kamera	-	14			506.88 TL	7,096.33 TL
Atmega	-	23			141.60 TL	3,256.80 TL
Sunucu	-	1			7,410.82 TL	7,410.82 TL
Bağlantı Kablosu	-				E. donanımın yüzde 5'i	640.13 TL
Yazılım 3		1			6,372.00 TL	6,372.00 TL
Yazılım 2	-	0			4,248.00 TL	0.00 TL
Yazılım 1	-	0			2,124.00 TL	0.00 TL
TOPLAM MALİYET						34,637.34 TL

Bu değerlendirme sonucunda görülmektedir ki, farklı tür binalar için binada güvenlik kamerasının halihazırda var olması durumunda bina içerisine fazladan bir de algılayıcılar yerleştirilmek istendiğinde; kameraların konumlarının uygun olması durumunda ayrı bir kamera masrafı oluşmayacaktır. Yalnızca algılayıcılar ve görüntü işleme yöntemlerinin iyileştirilmesi için masraf yapılarak istenilen doğruluk yüzdesine ulaşılabilecektir.

Maliyeti değerlendirmek için bir diğer yaklaşım dolap ve duvarlarda bulunan 2'şer adet KDK'nin 1'er adet olarak kullanılması olacaktır. Bu yaklaşım ile doğruluk yüzdesi %4 azalarak %92'ye düşmesine karşın maliyette belirgin bir düşüş olmakta ve 25.030,03 TL'ye düşmektedir (Çizelge 7.6).

Maliyet üzerinde fark yaratacak ve doğruluk yüzdesini yükseltecek bir diğer yöntem, pahalı KDK'leri sistemden çıkararak UMÖ ve güvenlik kameralarının ortak değerlendirilmesi sonucu elde edilebilmektedir. Birinci görüntü işleme yöntemi (elips yöntemi), ikinci yöntem ve ideal yöntem UMÖ algılayıcıları ile ortak değerlendirilerek gerek oluşan maliyetler gerek doğruluk yüzdeleri ortaya konmuştur.

Çizelge 7.6 : Pilot binanın azaltılmış KDK ile maliyeti.

	Bulunduğu Eleman	Adet	B. uzunluk (m)	T. uzunluk	B. Fiyat	Toplam Fiyat
KDK	Dolap	34	3	102	0.17 TL	52.02 TL
	Duvar	104	14.2	1479.6	0.17 TL	3,578.61 TL
	Asma Tavan	208	1	208	0.17 TL	35.36 TL
UMÖ	Duvar	0			100.30 TL	0.00 TL
	Asma Tavan	0			35.00 TL	0.00 TL
Jiroskop	Kolon	67			130.98 TL	8,775.66 TL
İvmeölçer	-	10			108.56 TL	1,085.60 TL
Kamera	-	0			506.88 TL	0.00 TL
Atmega	-	23			141.60 TL	3,256.80 TL
Sunucu	-	1			7,410.82 TL	7,410.82 TL
Bağlantı Kablosu	-				E. donanımın yüzde 5'i	835.16 TL
Yazılım 3		0			6,372.00 TL	0.00 TL
Yazılım 2	-	0			4,248.00 TL	0.00 TL
Yazılım 1	-	0			2,124.00 TL	0.00 TL
TOPLAM MALİYET						25,030.03 TL

Birinci Yöntem ile UMÖ birlikte: Keskin, köşeli elemanların sınırlarını algılamakta zorlanan birinci yöntemin tüm düğümün deney sonrası kapalılık durumunu algılamada %17 doğruluk oranına sahip olduğu düğümün yalnızca kameralar ile değerlendirilmesi bölümünde değinilmişti. Kamera ve UMÖ verisine beraber sahip

olan düğümler ele alınarak, yalnızca UMÖ verileri değerlendirmeye alındığında ise UMÖ'nün deney durumunu anlamadaki doğruluk yüzdesi %25 olarak göze çarpmaktadır (Çizelge 7.7).

Çizelge 7.7 : UMÖ-Birinci yöntem başarımlı yüzdesi.

Yalnızca UMÖ		Yalnızca Kamera	
Toplam durum sayısı	59	Toplam durum sayısı	59
Doğru tespit edilenler	15	Doğru tespit edilenler	10
Yanlış tespit edilenler	44	Yanlış tespit edilenler	49
Doğruluk yüzdesi:	25%	Doğruluk yüzdesi:	17%

UMÖ ve kameradan gelen verilerin birleştirilmesi ile maliyet 38.060,21 TL'ye ulaşmasına karşın doğruluk seviyesi %36'ya (Çizelge 6.24) yükselmektedir (Çizelge 7.8, Çizelge 7.9). Diğer görüntü işlemlerine yöntemlere göre daha yüzeysel bir çalışma prensibine sahip olan elips yönteminin, UMÖ ile birleştirilmesi sonucunda doğruluk yüzdesine düşük bir katkı sağlayabilmesi beklenen bir durumdur.

Çizelge 7.8 : Pilot binanın UMÖ ve birinci yöntemi kullanan kamera ile maliyeti.

	Bulunduğu Eleman	Adet	B. uzunluk (m)	T. uzunluk	B. Fiyat	Toplam Fiyat
KDK	Dolap	0	3	0	0.17 TL	0.00 TL
	Duvar	0	14.2	0.0	0.17 TL	0.00 TL
	Asma Tavan	0	1	0	0.17 TL	0.00 TL
UMÖ	Duvar	46			100.30 TL	4,613.80 TL
	Asma Tavan	52			35.00 TL	1,820.00 TL
Jiroskop	Kolon	67			130.98 TL	8,775.66 TL
İvmeölçer	-	10			108.56 TL	1,085.60 TL
Kamera	-	14			506.88 TL	7,096.33 TL
Atmega	-	29			141.60 TL	4,106.40 TL
Sunucu	-	1			7,410.82 TL	7,410.82 TL
Bağlantı Kablosu	-				E. donanımın yüzde 5'i	1,027.60 TL
Yazılım 3		0			6,372.00 TL	0.00 TL
Yazılım 2	-	0			4,248.00 TL	0.00 TL
Yazılım 1	-	1			2,124.00 TL	2,124.00 TL
TOPLAM MALİYET						38,060.21 TL

Çizelge 7.9 : UMÖ-Birinci yöntem başarımlı yüzdesi.

UMÖ + Kamera	
UMÖ + Kamera durum sayısı	59
Doğru tespit edilenler	21
Yanlış tespit edilenler	38
Doğruluk yüzdesi:	36%

İkinci Yöntem ile UMÖ birlikte: Keskin, köşeli elemanların sınırlarını algılamakta birinci yönteme kıyasla daha başarılı olan ikinci görüntü işleme yöntemine sahip

kameranın, tüm düğümün deney sonrası kapalılık durumunu algılamada %20 doğruluk oranına sahip olduğu düğümün yalnızca kameralar ile değerlendirilmesi bölümünde değinilmişti. Kamera ve UMÖ verisine beraber sahip olan düğümler ele alınarak, yalnızca UMÖ verileri değerlendirmeye alındığında ise UMÖ'nün deney durumunu anlamadaki doğruluk yüzdesi %25 olarak göze çarpmaktadır (Çizelge 7.10).

Çizelge 7.10 : UMÖ-İkinci yöntem başarımlı yüzdesi.

Yalnızca UMÖ		Yalnızca Kamera	
Toplam durum sayısı	59	Toplam durum sayısı	59
Doğru tespit edilenler	15	Doğru tespit edilenler	12
Yanlış tespit edilenler	44	Yanlış tespit edilenler	47
Doğruluk yüzdesi:	25%	Doğruluk yüzdesi:	20%

UMÖ ve kameradan gelen verilerin birleştirilmesi ile maliyet 40,184.21 TL'ye ulaşmasına karşın %41 (Çizelge 6.26) doğruluk seviyesine yükselmektedir (Çizelge 7.11, Çizelge 7.12).

Çizelge 7.11 : Pilot binanın UMÖ ve ikinci yöntemi kullanan kamera ile maliyeti.

	Bulunduğu Eleman	Adet	B. uzunluk (m)	T. uzunluk	B. Fiyat	Toplam Fiyat
KDK	Dolap	0	3	0	0.17 TL	0.00 TL
	Duvar	0	14.2	0.0	0.17 TL	0.00 TL
	Asma Tavan	0	1	0	0.17 TL	0.00 TL
UMÖ	Duvar	46			100.30 TL	4,613.80 TL
	Asma Tavan	52			35.00 TL	1,820.00 TL
Jiroskop	Kolon	67			130.98 TL	8,775.66 TL
İvmeölçer	-	10			108.56 TL	1,085.60 TL
Kamera	-	14			506.88 TL	7,096.33 TL
Atmega	-	29			141.60 TL	4,106.40 TL
Sunucu	-	1			7,410.82 TL	7,410.82 TL
Bağlantı Kablosu	-				E. donanımın yüzde 5'i	1,027.60 TL
Yazılım 3		0			6,372.00 TL	0.00 TL
Yazılım 2	-	1			4,248.00 TL	4,248.00 TL
Yazılım 1	-	0			2,124.00 TL	0.00 TL
TOPLAM MALİYET						40,184.21 TL

Çizelge 7.12 : UMÖ-İkinci yöntem başarımlı yüzdesi.

UMÖ + Kamera	
UMÖ + Kamera durum sayısı	59
Doğru tespit edilenler	24
Yanlış tespit edilenler	35
Doğruluk yüzdesi:	41%

İdeal yöntem ve UMÖ birlikte: Gerek keskin, köşeli elemanların sınırlarını algılamakta birinci yönteme kıyasla daha başarılı olan gerekse düğümleri ayrı ayrı değerlendirebilme özelliğine sahip olan ideal görüntü işleme yöntemine sahip kameranın, tüm düğümün deney sonrası kapalılık durumunu algılamada %40 doğruluk oranına sahip olduğu düğümün yalnızca kameralar ile değerlendirilmesi bölümünde değinilmişti. Kamera ve UMÖ verisine beraber sahip olan düğümler ele alınarak, yalnızca UMÖ verileri değerlendirmeye alındığında ise UMÖ'nün düğüm durumunu anlamadaki doğruluk yüzdesi %48 olarak göze çarpmaktadır (Çizelge 7.13).

Çizelge 7.13 : UMÖ-İdeal yöntem başarımlı yüzdesi.

Yalnızca UMÖ		Yalnızca Kamera	
Toplam durum sayısı	177	Toplam durum sayısı	177
Doğru tespit edilenler	85	Doğru tespit edilenler	71
Yanlış tespit edilenler	92	Yanlış tespit edilenler	106
Doğruluk yüzdesi:	%48	Doğruluk yüzdesi:	%40

UMÖ ve kameradan gelen verilerin birleştirilmesi ile maliyet 42.308,21TL'ye ulaşmasına karşın %53 doğruluk seviyesine yükselmektedir (Çizelge 7.14, Çizelge 7.15).

Çizelge 7.14 : Pilot binanın UMÖ ve ideal yöntem kamerası ile maliyeti.

	Bulunduğu Eleman	Adet	B. uzunluk (m)	T. uzunluk	B. Fiyat	Toplam Fiyat
KDK	Dolap	0	3	0	0.17 TL	0.00 TL
	Duvar	0	14.2	0.0	0.17 TL	0.00 TL
	Asma Tavan	0	1	0	0.17 TL	0.00 TL
UMÖ	Duvar	46			100.30 TL	4,613.80 TL
	Asma Tavan	52			35.00 TL	1,820.00 TL
Jiroskop	Kolon	67			130.98 TL	8,775.66 TL
İvmeölçer	-	10			108.56 TL	1,085.60 TL
Kamera	-	14			506.88 TL	7,096.33 TL
Atmega	-	29			141.60 TL	4,106.40 TL
Sunucu	-	1			7,410.82 TL	7,410.82 TL
Bağlantı Kablosu	-				E. donanımın yüzde 5'i	1,027.60 TL
Yazılım 3		1			6,372.00 TL	6,372.00 TL
Yazılım 2	-	0			4,248.00 TL	0.00 TL
Yazılım 1	-	0			2,124.00 TL	0.00 TL
TOPLAM MALİYET						42,308.21 TL

UMÖ ile kamera değerlendirmelerini yanı sıra kamera içeren yöntemlerin tamamında yapı içerisinde bulunan mevcut kameraların kullanılabileceğini ve bu kullanımın

maliyet kaleminde kamera başına 506.88 TL’lik bir kazanç sağlayacağını belirtmek doğru olacaktır.

Çizelge 7.15 : UMÖ-İdeal yöntem birleşik başarıım yüzdesi.

UMÖ + Kamera	
UMÖ + Kamera durum sayısı	177
Doğru tespit edilenler	93
Yanlış tespit edilenler	84
Doğruluk yüzdesi:	%53

Yapılan maliyet değerlendirmeleri önerilen sistemlerin yaklaşık doğruluk yüzdeleri ile beraber çizelgeleştirildiklerinde mevcut durum Çizelge 7.16'daki gibi oluşmaktadır.

Çizelge 7.16 : Farklı maliyet kombinasyonları ve doğruluk yüzdeleri.

Sıra	Algılayıcı Türü	Doğruluk %	Maliyet
1	Pilot binanın tüm algılayıcılar ile maliyeti	%96	49,993 TL
2	Pilot binanın UMÖ ve kamerasız maliyeti	%96	28,853 TL
3	Pilot binanın birinci yöntemli (elips yöntemi) kamera ile maliyeti	%17	30,389 TL
4	Pilot binanın ikinci yöntemli kamera ile maliyeti	%20	32,513 TL
5	Pilot binanın ideal yöntemli kamera ile maliyeti	%40	34,637 TL
6	Pilot binanın azaltılmış KDK ile maliyeti	%92	25,030 TL
7	Pilot binanın UMÖ ve birinci yöntemi kullanan kamera ile maliyeti	%36	38,060 TL
8	Pilot binanın UMÖ ve ikinci yöntemi kullanan kamera ile maliyeti	%41	40,184 TL
9	Pilot binanın UMÖ ve ideal yöntemi kullanan kamera ile maliyeti	%53	42,308 TL

Maliyet değerlendirmeleri göz önünde bulundurulduğunda, en düşük maliyetli yöntemin pilot binanın UMÖ’süz, kamerasız ve azaltılmış KDK ile gözlemlendiği durumda olduğu görülmektedir. Bir sonraki düşük maliyet KDK’lerin tamamının sisteme dahil olduğu ancak UMÖ ve kamera kullanılmadığı durumlarda elde edilmektedir. Bunları sırasıyla birinci yöntemi (elips yöntemi) kullanan kamera ile oluşturulan sistem, ikinci yöntem kullanan kamera ile oluşturulan sistem, ideal yöntemi kullanan kamera ile oluşturulan sistem, UMÖ ve birinci yöntemi kullanan kamera ile oluşturulan sistem, UMÖ ve ikinci yöntemi kullanan kamera ile oluşturulan sistem, UMÖ ve ideal yöntemi kullanan kamera ile oluşturulan sistem ve son olarak pilot bina içerisinde tüm algılayıcıların bulunduğu sistem için elde edilen maliyet takip etmektedir.

Önerilen sistemlerin yaklaşık doğruluk yüzdeleri (hasardan dolayı oluşan blokaj durumunu doğru tespit edebilme yüzdeleri) dikkate alındığında; en güvenilir yöntem olarak (1) tüm algılayıcıların bulunduğu sistem (%96) ve (2) binanın UMÖ ve kamera olmadan izlenebildiği sistem (%96) belirlemektedir. Sonrasında sırasıyla,

azaltılmış KDK kullanılan sistemin maliyeti (%92), UMÖ ve ideal yöntemi kullanan kamera ile oluşturulan sistemin maliyeti (%53) şeklinde devam etmektedir.

Güvenilirlik ve maliyet unsurları göz önünde bulundurulduğunda ideal durumlar, (2) Pilot binanın UMÖ ve kamerasız maliyeti ve (6) Pilot binanın azaltılmış KDK ile maliyeti olarak göze çarpmaktadır. İki numaralı durumda sistemin durumunu tahmin etmedeki doğruluk yüzdesi en yüksek değere, %96'ya, ulaşırken maliyeti 28,853 TL olmaktadır. Bunun yanı sıra %92 doğruluk oranı ile 25,030 TL'ye altıncı sırada belirtilen ve azaltılmış KDK'leri içeren sistem kullanılabilmektedir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasının amacı doğrultusunda bir yerel izleme ve hasara bağlı blokaj tahmin modeli ile bu modele dayalı bir prototip geliştirilmiştir. Hangi tür algılayıcıların ve hangi görüntü işleme yöntemlerinin kaçar adet kullanılacağı ve yapıda nerelere konulacağı belirlenmiş ve bu algılayıcıların ileteceği verilerin anlamlandırılması üzerine çalışılmıştır. Buna göre Kapalı Devre Kablo (KDK) algılayıcıları, Ultrasonik Mesafe Ölçer (UMÖ) algılayıcıları, jiroskop algılayıcısı ve ivmeölçer algılayıcısı ile görüntü işleme yapan bir kameranın kullanıldığı bir prototip geliştirilmiştir. Algılayıcı verilerinin birlikte kullanılıp anlamlandırılmasını sağlayacak kurallar, eşik değerler ve yaklaşımlar oluşturulmuştur. Bir tehlike sırasında veya hemen sonrasında hasara bağlı blokaj tespitinin yapılabilmesi için algılayıcılarla ve görüntü işleme yapan kameralarla iletişim halinde olabilecek, onlardan gelen verileri saklayacak ve anlamlandıracak yöntemleri uygulayacak yerel bir bilgisayar sistemi önerilmiştir. Algılayıcılarla bilgisayar sistemi arasında tehlike anında bile devamlı iletişimi sağlayacak uygun ağ sistemine karar verilmiş ve algılayıcı-görüntü işleme modülleri yerel ağ ve bilgisayar sistemi teorik olarak tasarlanmıştır. Belirlenen algılayıcıların, pilot bina örnek alınarak oluşturulan bir koridor maketi üzerinde ve laboratuvar ortamında deneyleri yapılmış, algılayıcı performansları gözlemlenmiştir. Deney sonuçları analiz edilerek, kullanılan algılayıcıların ve görüntü işleme yöntemlerinin bireysel ve birlikte çalıştıklarında elemanların hasar sonrası durumlarını doğru tespit etmedeki performansları değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirme sırasında tezin birinci amacına yönelik olarak öncelikle her bir algılayıcının tek başına geçiş alanları içerisinde bulunan mevcut elemanların durumunu hangi doğruluk oranı ile tespit edebildikleri belirlenmiştir. Buna göre doğruluk oralarına bakıldığında KDK'ler asma tavanda %87, dolapta %97 ve duvarda %96-%98 oranında, UMÖ'ler ise asma tavanda %93, duvarda %90 oranında doğruluk göstermektedir.

Eleman bazında değerlendirmelerden elde edilen bilgilerle tezin ikinci amacına yönelik olarak her bir algılayıcıdan gelen blokaja dair verilerin daha doğru bir sonuç almak için ne şekilde birleştirilebileceği irdelenmiştir.

Asma tavanları denetleyen UMÖ'ler %93, KDK'ler ise %87 doğruluk oranında başarı göstermişlerdir. Bu değerlendirme göz önünde bulundurulduğunda UMÖ'nün asma tavanın durumunu anlamadaki başarısı yüksek seviyede olmasına karşın, UMÖ'lerin asma tavandaki son durumu değil yalnızca değişimi algılamış oldukları gözlemlendiği için, asma tavanın durumunu belirlemede KDK'ler ön planda tutulmuştur. Asma tavan üzerindeki UMÖ değişim algıladığında asma tavanın sadece bir kablosunun koptuğu öngörülmüş, değişim algılamaması durumunda ise asma tavanın hiçbir kablosunun kopmadığı öngörülerek değerlendirmeye dahil edilmiştir. KDK'nin daha yüksek kopma değeri algıladığı durumlarda KDK sonucu doğru olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 1.).

Çizelge 8.1 : Asma tavan değerlendirme kuralı.

Asma Tavan Değerlendirmesi		
KDK	UMÖ	Sonuç
-	-	-
-	+	1
1	-	1
1	+	1
2,3,4	-	2,3,4
2,3,4	+	2,3,4

+	Kopma Algılandı
-	Kopma Algılanmadı
1,2,3,4	Kopan kablo adedi

Dolap üzerine yerleştirilen KDK algılayıcılarının başarıları incelendiğinde dolap üzerinde %97 oranında olduğu görülmektedir. Yerleştirilen 2 KDK algılayıcısının ortak değerlendirilmesinde, “herhangi bir KDK'nin değişim algılaması, değişimin tespit edilmesi için yeterlidir” kuralı çıkarılmış ve doğruluk oranının %99' çıktığı belirlenmiştir.

Duvar üzerine yerleştirilen KDK'ler deney sonucu durumu anlamada %96 ve %98 doğruluk oranına erişirken, UMÖ %90 olarak belirlenmiştir. Duvar durumunun tespit edilmesinde KDK'ler etkin olarak rol oynarken, gerçekte değişim olan durumların tamamında UMÖ'ler KDK verilerini destekleyici yönde veri yansıtmışlardır. Yalnızca KDK veya yalnızca UMÖ'nün duvarın devrildiği yönünde veri sağlaması, durumun tespiti için yeterlidir.

Oluşturulan kurallar, C4.5 ve REPTree algoritmaları ile bir veri madenciliği yöntemi olan karar ağacı tekniği kullanılarak, doğrulukları test edilmiştir. C4.5 ve REPTree

algoritmaları ile oluşturulan karar ağaçları kendi içlerinde kıyaslanmış C4.5 algoritmasının gerek hassasiyet gerek anımsama konusunda daha güvenilir sonuç verdiği görülmüştür. Elemanların değerlendirilmesi sırasında kullanılacak kuralların desteklenmesi için karar ağaçlarında takip edilen yol ve “GainRatioAttributeEval” algoritması ile “Ranker” arama metodu kullanılarak oluşturulan önem sırası dikkate alınmıştır. Asma tavanda önem sırası UMÖ’den yüksek olan KDK’lerin çıkarılan kurallar içerisinde de değerlendirme önceliğine sahip olduğu, dolap KDK’lerinin eşit önem katsayısına sahip oldukları görülmüştür. Duvar üzerinde bulunan UMÖ’nün önem katsayısının KDK’ye göre düşük olduğu teyit edilmiş, fakat duvarın doğruluk oranına katkı sağlaması için devrilme durumunun tespitinde kullanılabileceği belirlenmiştir. Koridorun tek tür algılayıcı ile değerlendirilmesinde ise KDK’nin UMÖ’den üstün olduğu beş farklı algoritma ile desteklenmiştir.

Çalışmanın son amacı doğrultusunda ise, geliştirilebilecek bir yerel izleme sisteminin maliyet analizi yapılmıştır. Bunun için geliştirilen prototip kapsamında kullanılan algılayıcıların birim maliyetleri çıkarılmış ve seçilen pilot bina üzerinde bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Prototip dâhilinde kullanılması önerilen algılayıcıların değişik kombinasyonları; hem performans, hem de maliyet bazında irdelenmiştir. Maliyet kazanımı sağlanabilecek noktalar üzerinde durularak farklı tip binalarda uygulandığında önerilen türde bir sistemin maliyet kalemlerinin belirlenmesinde kullanılacak yöntemler de önerilmiştir.

En ideal durumlar olarak, pilot binanın UMÖ ve kamerasız maliyeti ve pilot binanın azaltılmış KDK ile maliyeti olarak göze çarpmaktadır. Sırasıyla %96 ve %92 doğruluk oranlarına sahip sistemlerin arasında 3873 TL fark bulunmaktadır. Bu nokrada maliyetin yüksekliği göze alınarak yüksek maliyetli ve yüksek doğruluk oranına sahip sistem seçilebilir.

Sonuç olarak, çalışmada afet ve acil durum yönetimi esnasında bina sakinlerince ve acil durum müdahale ekiplerince ihtiyaç duyulan bilgiler belirlenmiştir. Geliştirilen sistem, afet ve acil durum yönetimi kapsamında ve arama kurtarma çalışmaları sırasında acil müdahale ekipleri tarafından bina içi durum hakkında bilgi edinebilmek, hasar nedeniyle bloke olan bölgeleri ve hassas noktaları görebilmek ve bina sakinlerinin yönlendirildikleri bölgelerle ilgili bilgi alabilmek için kullanılabilecektir. Pratikte, acil durum operasyonları sırasında toplanamayan ya da eksik toplanabilen bu bilgilerin, acil durum müdahale ekiplerine sunulması ile

ekiplerin bilgilendirilmesi ve binada daha fazla hasar ve can kaybına neden olabilecek alanlara öncelik verilmesi mümkün olacaktır. Bütünleşik sistemin sağladığı bilgiler, bina tahliyesi için bina içerisinde bulunan bina sakinlerinin yönlendirilmesi esnasında da kullanılacaktır. Bina sakinlerinin yönlendirilme aşamasında, binanın hasar sonrası oluşan blokaj durumu ve binanın hassas/tehlikeli noktaları göz önünde bulundurularak; güvenli ve en kısa çıkış yolları belirlenecektir. Bu belirlenen en kısa ve güvenli tahliye yolları; binalarda bulunan kaçış yolları aydınlatması, acil durum aydınlatma ve yönlendirmesi için kullanılan ışıklandırılma sistemleri kullanılarak ve ayrıca güvenli çıkış yollarının çıkış yönünde oklarla ışıklandırılması sayesinde bina sakinlerine sunulabilecektir.

KAYNAKLAR

- Akdağ, S. E.** (2002). Mali Yapı ve Denetim Boyutlarıyla Afet Yönetimi, Sayıştay Araştırma/İnceleme/Çeviri Dizisi: 20, 101 s., Ankara.
- Akıncı, B., Pradhan, A., Haas, C. T.** (2011). Formalisms for query capture and data source identification to support data fusion for construction productivity monitoring, *Automation in Construction*, Cilt 20, Sayı 4, Temmuz 2011, s. 389-398.
- Alexander D.** (1991). Information technology in real-time for monitoring and managing natural disasters, *Progress in Physical Geography*, 15(3), 238-260.
- Beck J.L., Kiremidjian A.S., Wilkie S., Mason A., Salmon T., Goltz J., Olson R., Workman J., Irfanoglu A., Porter K.A.** (1999). Social, economic and system aspects of earthquake recovery and reconstruction, Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering, Richmond, CA.
- Beck J.L., Porter K.A., Shaikhutdinov R.V., Au S.K., Moro T., Tsukada Y., Masuda M.** (2002). Impact of seismic risk on lifetime property values, final report, Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering, Richmond, CA.
- Benezeth, Y., Laurent, H., Emile B., Rosenberger, C.** (2011). Towards a sensor for detecting human presence and characterizing activity, *Energy and Buildings*, 43, 305-314.
- Birgönül, M. T., Erberik, M. A., Kurç, Ö., Kiziltaş, S., Ergen, E., Dikmen İ., Akıncı B., Ayhan M., Ergin T., Güven G., Baltası G. S., Özbaş B. And Gökdemir N.** (2012). "Binalarda Çeşitli Tehlikelerin Yarattığı Acil Durumlar için Eş Zamanlı Hasar Tespit, Yerel Tahliye, Yönlendirme ve Yönetim Modeli ", Final Raporu, TÜBİTAK 1010 EVRENA Projesi No 109M263, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Biroğul, S., Sönmez, Y.** (2007). "Neden Veri Füzyonu", Akademik Bilişim'07 - IX. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.
- Brilakis, I., Soibelman, L., Shinagawa, Y.** (2006). "Construction site image retrieval based on material cluster recognition." *Adv. Eng. Inform.*, 20(4), 443–452.
- Caldas, C., Grau, D., Haas, C.** (2006). "Using global positioning systems to improve materials locating processes on industrial projects." *J. Constr. Eng. Manage.*, 132(7), 741–749.

- Charles, S.** (2003). Fire Following Earthquakes, Earthquake Engineering Handbook, W.F. Chen (Editor).
- Chen, G., Kotz, D.** (2000). "A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research" Dartmouth Computer Science Technical Report TR2000 381.
- Clinton, J.F., S.C. Bradford, T.H. Heaton, J., Favela.** (2004). The observed wander of the natural frequencies in a structure, Bulletin of the Seismological Society of America 96(1), 237-257.
- Dodier, R. H., Henze, G. P., Tiller, D.K., Guo, X.** (2006). Building occupancy detection through sensor belief networks, Energy and Buildings, 38, 1033-1043.
- Eastman, C., Lee, J., Jeong, Y., Lee, J.K.** (2009). Automatic Rule-Based Checking of Building Designs, Automation in Construction, 18(8), 1011-1033.
- El-Omari, S., Moselhi, O.** (2009). "Integrating automated data acquisition technologies for progress reporting of construction projects." Proc., 26th Int. Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC), Austin, TX, 86–94.
- Ergen, E., Akinci, B., Sacks, R.** (2007). "Tracking and locating components in a precast storage yard utilizing radio frequency identification technology and GPS." Autom. Constr., 16(3), 354–367.
- Erickson, V. L., Cerpa, A. E.** (2010). Occupancy Based Demand Response HVAC Control Strategy, İkinci ACM Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Building Semineri.
- Erickson, V. L., Lin, Y., Kamthe, A., Brahme, R.** (2009). Energy Efficient Building Environment Control Strategies Using Real-time Occupancy Measurements, Birinci ACM Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Buildings Semineri.
- Evans, D., Bushby, S.T., Reed, K.A.** (2005). Workshop to define information needed by emergency responders during building emergencies", Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.
- Evans, D.** (2003). First Responders Problems and Solutions: Tactical Information, Technology in Society, 25, 523-528.
- Gong, J., Caldas, C. H.** (2010). "A computer vision based video interpretation method for automated productivity analysis of cyclic construction operations." J. Comput. Civ. Eng., 24(3), 252–263.
- Goodrum, P., McLaren, M., Durfee, A.** (2006). "The application of active radio frequency identification technology for tool tracking on construction job sites." Autom. Constr., 15(3), 292.
- Grau, D., Caldas, C. H.** (2009). "A methodology for automating the identification and localization of construction components on industrial projects." J. Comput. Civ. Eng., 23(1), 3–13.
- Haddow, G. D., Bullock, J. A., Coppola, D. P.** (2007). Introduction to Emergency Management, Butterworth-Heinemann, USA.

- Hailemariam, E., Goldstein, R., Attar R., Khan, A.** (2011). Real-time Occupancy Detection Using Decision Trees With Multiple Sensor Types, Simulation for Architecture and Urban Design Sempozyumu.
- Harris, E.A.** (2005). Determining disaster data management needs in a multi-disaster context, A report submitted to the Graduate Faculty of North Caroline University in the partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Civil Engineering.
- Hutchins, J., Ihler A., Smyth, P.** (2007). Modeling Count Data From Multiple Sensors: A Building Occupancy Model, IEEE Computational Advances in MultiSensor Adaptive Processing Uluslararası Semineri, 241-244.
- Jang, W., Skibniewski, M. J.** (2007). "Wireless sensor Technologies for automated tracking monitoring of construction materials utilizing ZigBee networks." Proc., ASCE Construction Research Congress: The Global Construction Community, Grve Bahama Islve, Bahamas.
- Jones, W. W., Bukowski, R. W.** (2001). Critical Information for First Responders, Whenever and Wherever It Is Needed, Proceedings of the 9th International Interflam Conference, Vol. 2, 1073-1082, Edinburgh, Scotland, Interscience Communications Ltd., London, England.
- Kannan, G.** (1999). "A methodology for the development of a production experience database for earthmoving operations using automated data collection." Ph.D. thesis, Virginia Polytechnic Institute and State Univ., Blacksburg, VA.
- Kerle, N., Oppenheimer, C.** (2002). Satellite remote sensing as a tool in lahar disaster management, Disasters, 26(2), 140-160.
- Kircher, C. A., Nassar, A. A., Kustu, O., Holmes, W. T.** (1997a) Development of building damage functions for earthquake loss estimation, Earthquake Spectra, 13(4), 663-682.
- Kircher, C. A., Reitherman, R. K., Whitman, R. V., Arnold C.** (1997b). Estimation of earthquake losses to buildings, Earthquake Spectra, 13(4), 703-720.
- Krawinkler H.** (2002). A general approach to seismic performance objectives, International Conference on Advances and New Challenges in Earthquake Engineering Research, First Annual Meeting of ANCEER, Hong-Kong, China.
- Kwan, M.P., Lee, J.** (2005). Emergency Response after 9/11: the potential of real-time 3D GIS for Quick emergency response in micro-spatial environments, Computers, Environments and Urban Systems, 93-113.
- Lam, K. H., Höynck, M., Dong, B., Verews, B., Chiou, Y., Zhang, R., Benitez, D., Choi, J.** (2009). Occupancy Detection Through an Extensive Environmental Sensor Network in an Open-plan Office Building, 11th International IBPSA Conference, 1452-1459.

- Lam, N.T.K., Gad, E.F.** (2008). Overturning of Non-Structural Components in Low-Moderate Seismicity Regions, *EJSE Special Sayı: Earthquake Engineering in the low and moderate seismic regions of Southeast Asia and Australia*: 121-132.
- Leite, F., Akıncı, B.** (2012). A Formalized Representation for Supporting Automated Identification of Critical Assets in Facilities during Emergencies Triggered by Failures in Building Systems, *Journal of Computing in Civil Engineering*, doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000171.
- Leite, F., Akıncı, B., Akin, O., Garrett, J.** (2008). Supporting the Decision Making Process of First Responders in Building Emergencies: the Need for a Vulnerability Representation, *ICE08*, Plymouth, UK.
- Leite, F., Akıncı, B., Garrett, J., Akin, O.** (2009). Representation of Facility Contents and Threats for Supporting Identification of Vulnerabilities in Building Emergencies, *ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering*, Austin, Texas, USA.
- Li, N., Becerik-Gerber, B.** (2012). "Assessment of a Smart Phone-Based Indoor Localization Solution for Improving Context Awareness in the Construction Industry" *ASCE Workshop of Computing in Civil Engineering*, Temmuz 17-20, 2012, Clearwater Beach, FL.
- Lo, L. J., Novoselac, A.** (2010). Localized air-conditioning with occupancy control in an open office, *Energy and Buildings*, 42, 1120-1128.
- Manyika, J., Durrant-Whyte, H.** (1995). "Data Fusion and Sensor Management: A Decentralized Information-Theoretic Approach", Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ.
- Meyn, S., Surana, A., Lin, Y., Oggianu, S. M.** (2009). A Sensor-Utility-Network Method for Estimation of Occupancy in Buildings, 48. *IEEE Decision and Control and 28th Chinese Control Conference*, 1494-1500.
- Miranda E., Aslani H.** (2003). Probabilistic response assessment for building-specific loss estimation, Report No. PEER-2003/03, Berkeley, CA: Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California.
- Mirvea E., Aslani H.** (2003). Probabilistic response assessment for building-specific loss estimation, Report No. PEER-2003/03, Berkeley, CA: Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California.
- Mondal, G., Jain, S.K.** (2005). Design of Non-structural Elements for Buildings: A Review of Codal Provisions, *The Indian Concrete Journal*.
- Navon, R., Goldschmidt, E., Shpatnisky, Y.** (2004). "A concept proving prototype of automated earthmoving control." *Autom. Constr.*, 13, 225–239.
- Newsham, G. R. Birt, B. J.** (2010). Building-level Occupancy Data to Improve ARIMA-based Electricity Use Forecasts, 2nd *ACM Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Building*.

- Niousha A., Motosaka M.** (2007). System identification and damage assessment of an existing building before and after retrofit, *Journal of Structural Engineering*, 53B.
- O'brien, W. J., Hammer, J.** (2004). Future force and first responders: building ties for collaboration and leveraged research and development, *Proceedings for the 24th Army Science Conference*.
- Oloufa, A. A., Ikeda, M., Oda, H.** (2003). "Situational awareness of construction equipment using GPS, wireless and web technologies." *Autom. Constr.*, 12, 737–748.
- Porter K. A., Kiremidjian A.S., Legrue J.S.** (2001). Assembly-based vulnerability of buildings and its use in performance evaluation, *Earthquake Spectra*, 17(2), 291-312.
- Razavi, S.N., Haas, C.** (2010). Multisensor Data Fusion for On-Site Materials Tracking in Construction.", *International Journal of Automation in Construction*, 19(8), s. 1037-1046.
- Razavi, S. N., Young, D., Nasir, H., Haas, C., Caldas, C., Goodrum, P.** (2008). "Field trial of automated material tracking in construction." *Proc., Canadian Society for Civil Engineering (CSCE) Annual Conf., Québec City, Québec, Canada*.
- Robnik-Sikonja, M.** (2003). "Experiments with Cost-sensitive Feature Evaluation." *Proceedings of ECML*, 325-336.
- Sarkar, A., Fairchild, M., Salvaggio, C.** (2008). Integrated Daylight Harvesting and Occupancy Detection Using Digital Imaging, Sensors, Cameras, and Systems for Industrial/Scientific Applications IX, *Cilt 6816*.
- Schütz, R., Bernoulli, T., Wiessflecker, T., Walder, U.** (2008). A Context-adaptive Building Information Model for Real-time Structural Analysis in a Disaster Management System, *CIB W78, 25th International Conference on Information Technology on Construction, Santiago, Chile*.
- Shahveashti, S.M., Razavi, S.N., Soibelman, L., Berges, M., Caldas, C.H., Brilakis, I., Teizer, J., Haas, C.T., Garrett, J.H., Akinci, B., Zhu, Z.** (2010). Data Fusion Approaches and Applications for Construction Engineering, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000287.
- Singhvi, V., Fish, V. Terk, M.** (2004). "Context-Aware Information System for Construction Site Applications" *Construction Research Congress*.
- Song, J., Haas, C., Caldas, C., Ergen, E., Akinci, B.** (2006). "Automating the task of tracking the delivery and receipt of fabricated pipe spools in industrial projects." *Autom. Constr.*, 15(2), 166–177.
- Sözen A.M., Pujol S.** (2010). A sensor for confident identification of structural damage in reinforced concrete buildings, *Smart Structures and Systems*, 6(3), 291-307.

- Steinberg, Alan N., Christopher L. Bowman, Franklin E. White.** (1999). "Revisions to the JDL Data Fusion Model." Conference Cilt 3719 Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications III Belur V. Dasarathy Orlveo, FL.
- Steinle E., Kiema J., Leebmann J., Bahr H.** (2001). Laserscanning for analysis of damages caused by earthquake hazards, OEEPE Workshop on Airborne Laser Scanning and Interferometric SAR for Detailed Digital Elevation Models, Stockholm.
- Stern, N.** (2010). "Protected areas helping people cope with climate change-Natural Solutions", Doveton Press, Bristol UK.
- Şafak, E.** (2005). Detection of seismic damage in structures from continuous vibration records, 9th International Conference on Structural Safety and Reliability (ICOSSAR), Rome, Italy.
- Tachwali, Y., Hazem R., Fagan, J. E.** (2007). Minimizing HVAC Energy Consumption Using a Wireless Sensor Network, 33rd IEEE Industrial Electronics Society (IECON) Annual Conference, 439-444.
- Teizer, J., Mantripragada, U., Venugopal, M.** (2008). "Analyzing the travel patterns of construction workers." Proc., 25th Int. Symposium on Automation and Robotics in Construction, Vilnius, Lithuania, 391–396.
- Todorovska, M. I., Hao T. Y., Trifunac M. D.** (2004). Building periods for use in earthquake resistant design codes – Earthquake response data compilation and analysis of time and amplitude variations, Report CE 04-02, University of Southern California, Department of Civil Engineering, Los Angeles, California.
- Uluğ, A.** (2009). "Nasıl Bir Afet Yönetimi?", TMMOB İzmir Kent Sempozyumu.
- Westen V. C.** (2002). Remote sensing and geographic information systems for natural disaster management, Environmental Modeling with GIS and Remote Sensing, Taylor and Francis, London, 200-226.
- WU Y. M., Hsiao N. C., Teng T. L., Shin T. C.** (2002). Near real-time seismic damage assessment of the rapid reporting system, Terrestrial, Atmospheric and Oceanic (TAO) Sciences, 13(3), 313-324.
- Zhao, Y., Zhang, Y.** (2007). "Comparison of decision tree methods for finding active objects", National Astronomical Observatories, CAS, 20A Datun Road, Chaoyang District, Beijing 100012 China.
- Zhu, Z., Brilakis, I.** (2010). "Concrete column recognition in images and videos." J. Comput. Civ. Eng., 24(6), 478–487.
- Afete Hazırlık Eğitim Birimi,** (2005). "Yapısal Olmayan Tehlikelerin Azaltılması", Boğaziçi Üniversitesi, Kveilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, www.koeri.boun.edu.tr/aheb/.../yotanedirbireysel.pdf.
- CUREE.** (2005). Consortium of universities for reserarch in earthquake engineering: Earthquake damage assessment and repair project, <http://www.curee.org/projects/EDA/index.html>.

NEES, (2007). Network for earthquake engineering simulation nonstructural: simulation of the seismic performance of nonstructural systems, <http://www.nees-nonstructural.org/index.html>.

URL-1 <<http://weka.wikispaces.com/Primer>>, alındığı tarih:12.07.2012.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Burak Özbaş

Doğum Yeri ve Tarihi: Fatih, 29/04/1989

E-Posta: ozbasb@gmail.com

Lisans: İnşaat Mühendisliği Bölümü-İstanbul Teknik Üniversitesi (2011)
Not Ortalaması: 3.35 / 4.00 *İTÜ Yüksek Onur Listesi

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR

*Güven G., Ergen E., Özbaş B., Erberik M. A., Kurc Ö ve Birgönül M. T., 2013: Multisensor Data Fusion for Calculating Hallway Blockages of a Building During Evacuation. *ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering*, June 23-25, 2013 Los Angeles, CA, USA.