FLIR VİDEO VE RESİM GÖRÜNTÜLERİNDE HEDEF BULMA VE TAKİP ETME

Oğuzhan DAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EYLÜL 2011
ANKARA

Oğuzhan DAĞ tarafından hazırlanan "FLIR VİDEO VE RESİM GÖRÜNTÜLERİNDE HEDEF BULMA VE TAKİP ETME" adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Nursel AKÇAM ……..…….
Tez Danışmanı, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Erkan AFACAN ……..…….
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Nursel AKÇAM …….
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, G. Ü.

Yrd. Doç. Dr. Hasan Şakir BİLGE …….
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, G. Ü.

Tarih: 07/09/2011

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU …….
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Oğuzhan DAĞ

FLIR VİDEO VE RESİM GÖRÜNTÜLERİNDE HEDEF BULMA VE TAKİP ETME

(Yüksek Lisans Tezi)

Oğuzhan DAĞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2011

ÖZET

İnsansız hava araçlarında, simülasyon uygulamalarında, hava, kara ve deniz platformlarında, FLIR görüntülerinden hedef tespit ve takibine ihtiyaç duyulmaktadır. Görüntü işleme sayesinde daha iyi görüntü elde edebilmek için görüntü üzerinde çeşitli iyileştirmeler yapılarak istenilen amaca ulaşılmaktadır. Bu çalışmada da gerçek zamanlı FLIR video ve resim görüntülerinde hareketli hedef tespiti ve takibi, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Temelde, ilk yapılan işlem RGB görüntünün gri seviye görüntüye dönüştürülmesidir. İkinci aşama olarak ilgili bölgenin (ROI) belirlenmesi amacıyla hareketli nesneler bulunmuştur. Sonrasında hedef tespit işleminin gerçekleştirilebilmesi için gri seviye görüntünün kenarlarının Canny metoduyla belirlenmesi gelir. Devamında kenarları belirlenen görüntünün sınır bölgeleri çizilir. Bu aşamadan sonra hedef görüntü tespit edilir, tespit edilen hareketli hedef üzerinde, dikdörtgen bir hedef izleme imleci yerleştirilerek takip işlemi yapılır. Ayrıca nesnelerin takip ettikleri yollar gösterilir. Hedef objenin piksel değerleri arka plan piksel değerlerinden kolaylıkla ayrılamadığı durumlarda dahi algoritma hedefi başarılı bir şekilde tespit ve takip edebilmektedir.

Bilim Kodu : **905.1.034**

Anahtar Kelimeler : **FLIR, Hedef Takibi, Canny Kenar Belirleme, Sınır Belirleme**

Sayfa Adedi :**103**

Tez Yöneticisi : **Yrd. Doç. Dr. Nursel AKÇAM**

TARGET DETECTION AND TRACKING IN FLIR VIDEOS AND IMAGES

(M. Sc.)

Oğuzhan DAĞ

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
September 2011

ABSTRACT

There is a need for target acquisition and tracing from FLIR images in the unmanned air vehicles, simulation practices, air, land and sea platforms. To obtain better images through image processing, various modifications and improvements are made on the image. In this study, acquisition and tracing of moving targets in the real-time FLIR videos and photos have been made by using image processing techniques. Basically, the first procedure is turning of the RGB image into the halftone. In the second step, moving targets have been found for the purpose of detecting the area concerned (ROI). Then the edges of the halftone should be determined by the Canny method so as to realize the process of target acquisition. The boundary areas of the target whose edges have been determined are drawn. Afterwards, target image is detected and a rectangular target-tracking marker is placed on the moving target determined so that tracking can be done. In addition, the routes followed by the objects are indicated. Even in the cases in which the pixel values of the target object cannot be distinguished from the pixel values of the background, algorithm value is successfully detected and tracked.

Science Code : **905.1.034**
Key Words : **Flir, Target Tracking, Canny Edge Detection, Boundingbox,**
Page Number : **103**
Adviser : **Yrd. Doç. Dr. Nursel AKÇAM**

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında, tez danışmanlığımı yapan sayın Yrd. Doç. Dr. Nursel AKÇAM başta olmak üzere, katkılarından faydalandığım Hakan KARAPINAR ve Hakan ERTEM' e, çalışmalarım boyunca manevi destekleriyle her zaman yanımda olan Eşime, Anneme ve Babama teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ x

SİMGELER VE KISALTMALAR xiii

1.GİRİŞ 1

2. TERMAL GÖRÜNTÜLEME 10

2.1. IR Türleri 12

2.2. Termal Görüntüleme Sistemlerinin Yapısı 12

2.2.1. Optik filtreler 13

2.2.2. Aktif sistemler 16

2.2.3. Pasif sistemler 16

2.2.4. Termal kameraların görüş açısı 17

2.2.5. Mercek 17

2.2.6. Tarama çeşitleri 18

2.2.7. Termal görüntüleme sistemlerinde oluşan gürültü ve soğutma İşlemi .. 19

3. FLIR 21

3.1. FLIR Yapısı Ve Teknik Özellikleri 23

Sayfa

3.1.1. Dedektör 24

3.1.2. Opto-mekanik 26

3.1.3. Sinyal işleme – kontrol 26

3.1.4. Görüntünün elde edilmesi 27

3.1.5. ASELFLIR termal görüntüleme sistemi 29

4. UYGULAMA 31

4.1. Görüntü İşleme 32

4.1.1. Sayısal görüntü 35

4.1.2. Sayısal görüntünün elde edilmesi 42

4.1.3. Operatörler arasında görüntü kıyaslaması 64

4.1.4. Canny kenar belirleme yönteminin uygulamadaki gösterimi 67

4.1.5. Hedefin sınırlarının belirlenmesi ve takip edilmesi 68

4.1.6. Uygulamanın akış şeması ve matlab kodu 78

5. SONUÇ 97

KAYNAKLAR 99

ÖZGEÇMİŞ 103

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.1. Filtre matrisi 52

Çizelge 4.2. Pikseldeki komşuluk ilişkisi 53

Çizelge 4.3. $\mathbf{g_{0,0}}$ Pikselinin komşuları 54

Çizelge 4.4. $\mathbf{g_{7,7}}$ Pikselinin komşuları 54

Çizelge 4.5. Katlanmış piksel 56

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Termal görüntülemede kullanılan kızılötesi enerji bantları 7

Şekil 2.2. Termal görüntüleme sisteminin yapısı 10

Şekil 2.3. Filtre çeşitleri 11

Şekil 2.4. Görünür (visible)-infrared filtre 12

Şekil 2.5. Sıcak ve soğuk ayna iletim spektrumları grafiği 12

Şekil 2.6. Yansıtıcı filtre iletim spektrumu grafiği 13

Şekil 2.7. IR Kaynak ile hedefin aydınlatması ve termal kameranın algılaması 13

Şekil 2.8. a) Görünür ışımanın algılanması, b) İnfrared ışımanın algılanması 14

Şekil 2.9. Kamera görüş açısının (FOV) gösterimi 14

Şekil 2.10. İnfrared merceğin geçirgenlik aralığı 15

Şekil 2.11. Seri tarama 16

Şekil 2.12. Parelel tarama 16

Şekil 2.13. Mozaik sistem yapısı 17

Şekil 3.1. FLIR resmi 20

Şekil 3.2. Helikoptere monte edilmiş FLIR 20

Şekil 3.3. Farklı sıcaklıktaki nesnelerin termal görüntüsünün elde edilmesi 21

Şekil 3.4. Termal görüntüleme alanında yürütülen çalışma başlıkları 21

Şekil 3.5. Seri taramalı FLIR konfigürasyonu 24

Şekil 3.6. Paralel taramalı FLIR konfigürasyonu 24

Şekil 3.7. FLIR görüntüsü 26

Şekil 3.8. FLIR görüntüsü 26

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.9. FLIR görüntüsü 27

Şekil 3.10. FLIR görüntüsü 27

Şekil 4.1. IR sensör 29

Şekil 4.2. 2-D görüntünün elde edilmesi ve (x,y,z) koordinatlarına yansıtma (projection) 31

Şekil 4.3. Pikseller 34

Şekil 4.4. İkili görüntü 35

Şekil 4.5. Orijinal görüntü 35

Şekil 4.6. Birinci büyütme 36

Şekil 4.7. İkinci büyütme 36

Şekil 4.8. Üçüncü büyütme 37

Şekil 4.9. Dördüncü büyütme 37

Şekil 4.10. Tek piksel 38

Şekil 4.11. Gri değer düzeyi 39

Şekil 4.12. Analog görüntü fonksiyonunun düzgün örneklenmesi için kullanılan tarak fonksiyon gösterimi 41

Şekil 4.13. Sürekli-zamanlı gri-ton bir görüntünün sayısallaştırılmış hali 43

Şekil 4.14. Renkli görüntü elde edilmesi 43

Şekil 4.15. Doğal renkli görüntü 44

Şekil 4.16. Doğal renkli görüntüler 44

Şekil 4.17. Doğal renkli görüntüye ait renk bantları 45

Şekil 4.18. Pikselde renklerin temsili 46

Şekil 4.19. Doğal renkli resim 47

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.20. Gri-ton renkli resim 48

Şekil 4.21. 8x8 ‘ lik piksel gri değer seviyeleri 50

Şekil 4.22. Örnek görüntünün filtrelenmiş hali 53

Şekil 4.23. Katlama filtreleri 55

Şekil 4.24. Yumuşatılmış görüntü 56

Şekil 4.25. Keskinleştirilmiş görüntü 57

Şekil 4.26. Medyan filtre 61

Şekil 4.27. İkinci veri kümesinden alınan resim 63

Şekil 4.28. Sobel görüntüsü 63

Şekil 4.29. Roberts görüntüsü 64

Şekil 4.30. Prewitt görüntüsü 64

Şekil 4.31. LoG (Laplace of Gaussian) görüntüsü 65

Şekil 4.32. Canny görüntüsü 65

Şekil 4.33. Birinci veri kümesi gri seviye FLIR görüntüsü 66

Şekil 4.34. Birinci veri kümesi FLIR görüntüsünün canny kenar belirleme yöntemiyle kenarlarının bulunması 67

Şekil 4.35. İkinci veri kümesi FLIR görüntüsü 69

Şekil 4.36. İkinci veri kümesi gri seviye görüntüsü 70

Şekil 4.37. Birinci veri kümesi FLIR gri seviye görüntüsü 71

Şekil 4.38. Birinci veri kümesi ilk görüntüye ait histogram 71

Şekil 4.39. Birinci veri kümesi eşikleme görüntüsü 72

Şekil 4.40. İkinci veri kümesi gri seviye görüntüsü 73

Şekil 4.41. İkinci veri kümesi ilk görüntüye ait işlem öncesi histogram 73

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.42. İkinci veri kümesi işlem öncesi eşikleme görüntüsü 74

Şekil 4.43. İkinci veri kümesi statik arka plan (background) görüntüsü 75

Şekil 4.44. İkinci veri kümesi ön plan (foreground) görüntüsü 76

Şekil 4.45. İkinci veri kümesi işlem sonrası histogram 76

Şekil 4.46. İkinci veri kümesinde arka plan çıkarıldıktan sonraki eşikleme görüntüsü..... 77

Şekil 4.47. Birinci veri kümesi için eşikleme (threshold) değeri 0.1 79

Şekil 4.48. Birinci veri kümesi için eşikleme (threshold) değeri 0.3 79

Şekil 4.49. Birinci veri kümesi için eşikleme (threshold) değeri 0.5 80

Şekil 4.50. A) Birinci, B) ikinci ve üçüncü veri kümeleri için program akış diyagramları 81

Şekil 4.51. Birinci ve ikinci veri kümeleri için geliştirilen matlab kodu 83

Şekil 4.52. Birinci veri kümesi için ilk görüntü 83

Şekil 4.53. Birinci veri kümesi için son görüntü 84

Şekil 4.54. Birinci veri kümesi için hedefin izlediği yörünge (trajectory) 84

Şekil 4.55. İkinci veri kümesi için ilk görüntü 85

Şekil 4.56. İkinci veri kümesi için son görüntü 85

Şekil 4.57. İkinci veri kümesi için hedeflerin izlediği yörüngeler (trajectory) 86

Şekil 4.58. Üçüncü veri kümesi için ilk görüntü 87

Şekil 4.59. Üçüncü veri kümesi için son görüntü 87

Şekil 4.60. Üçüncü veri kümesi için hedeflerin yörünge (trajectory) 88

Şekil 4.61. Birinci veri kümesi ilk görüntü için kesin doğruluk (ground truth) oluşturulması 89

Şekil 4.62. Birinci veri kümesi son görüntü için kesin doğruluk (ground truth)

oluşturulması 89

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.63. Birinci veri kümesi için hedefin izlediği yörünge (trajectory) ve kesin doğruluğu (ground truth) kıyaslaması 90

Şekil 4.64. İkinci veri kümesi 1. Helikopter ilk görüntü için kesin doğruluk (ground truth) 91

Şekil 4.65. İkinci veri kümesi 1. Helikopter son görüntü için kesin doğruluk (ground truth) 91

Şekil 4.66. İkinci veri kümesi 2. Helikopter ilk görüntü için kesin doğruluk (ground truth) 92

Şekil 4.67. İkinci veri kümesi 2. Helikopter son görüntü için kesin doğruluk (ground truth) 92

Şekil 4.68. İkinci veri kümesi için hedeflerin izlediği yörünge (trajectory) (c) ve kesin doğruluk (ground truth) (a, b) kıyaslaması 94

Şekil 4.69. Üçüncü veri kümesi ilk görüntü için kesin doğruluk (ground truth) 95

Şekil 4.70. Üçüncü veri kümesi son görüntü için kesin doğruluk (ground truth)..... 95

Şekil 4.71. Üçüncü veri kümesi için hedefin kesin doğruluğu (ground truth) ve izlediği yörüngenin kıyaslaması (trajectory) 96

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
µ	Mikron
µm	Mikrometre
mm	Milimetre
˚C	Santigrat derece
˚K	Kelvin derece
λ	Dalga boyu
L	Film Dedektör Boyu
f	Odak uzaklığı
d	Dedektör boyutu
A	Alan
Y	Toplam dedektör uzunluğu
Ge	Germanyum
ZnS	Çinko Sülfür
∞	Sonsuz
MB	Mega byte
KB	Kilo byte

Kısaltmalar	Açıklama
FLIR	Forward Looking InfraRed
CCIR	International Radio Consultative Committee
ohm	Direnç birimi
InSb	İndiyum Antimonit
HgCdTe	Mercury Cadmium Telluride
QWIP	Quantum well infrared photodetector
MIL-STD	Askeri standart(Military Standard)
IR	İnfrared
ARINC	Aviyonik data standardı (Aeronautical Radio Inc.)
RS-170	Siyah beyaz video formatı
CRT	Katot ray tube
TV	Televizyon
2-B	İki boyut
3-B	Üç boyut
RGB	Kırmızı, Yeşil, Mavi
LADAR	Lazer radarı (Laser radar)
ATD/R	Otomatik hedef belirleme ve tanıma (Automated target dedection/recognition)
MTI	Hareketli hedef gösterimi (Moving target indication)
ANN	Yapay nöral network (artificial neural network)
CAD	Bilgisayar destekli üç boyutlu etkileşim uygulaması (Computer-aided design)
HMT	Gizli markov ağacı (Hidden markov trees)
MLP	Çok katmanlı perseptronlar (Multilayer perceptrons)
FPGA	Alan programlanabilir kapı dizileri (Field-programmable gate array)
DSP	Sayısal işaret işleme (digital signal processing)
İHA	İnsansız hava aracı
ROI	İlgili bölge (Region of interest)

1. GİRİŞ

Son yüz yıl içerisinde teknoloji hızlı bir şekilde ilerledi ve halen ilerlemesi devam etmektedir. Görüntüleme sistemleri de buna paralel olarak gelişimini sürdürmektedir. Görüntülemenin bir dalı olan termal görüntüleme sistemlerinin kullanıldığı alanların sayısı da gittikçe artmaktadır. Bu çalışmanın konusunu da kapsayan termal görüntüleme sistemlerine, Savunma sanayi alanında oldukça ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle askeri sınır birliklerinin sınır denetlemelerinde, hava, kara ve deniz gece operasyonlarında, keşif ve kontrolde, modelleme ve simülasyon uygulamalarında termal görüntülemeden yararlanılmaktadır. Gece görüş gözlükleri, termal kameralar, bu çalışmamızda da bahsedilen hava araçlarına monte edilen infrared görüntülemeyi temel alan FLIR cihazı kullanım örnekleri olarak verilebilir. Gerçek hayatta FLIR cihazı genelde hava, kara ve deniz platformlarının üzerine monte edilir. Kullanıcının isteğine göre hem gündüz hem de infrared görüntü verebilmektedir. Kullanıcı FLIR cihazı sayesinde hedefleri tespit edip onları ekranda takip edebilmektedir. Bu çalışmada üç adet veri kümesi kullanılmıştır. Birinci veri kümesinde bir adet hedef bulunmakta ve arka plandan hedef kolayca seçilebilmektedir. İkinci veri kümesinde iki adet hedef bulunmakta ve bu hedefler arka plandan ayırt edilip aynı anda izlenebilmektedir. Üçün veri kümesinde ise hareketli hedef dışında arka planda başka hareketli nesneler bulunmakta, bu unsurlara rağmen hareketli hedef tespit edilip izlenebilmektedir.

İkinci jenerasyon FLIR görüntülerinde hedefleri algılama ve tanıma için kullanılan bir sistem ile hedef algılama ve hedefleri bölümleme yapılabilmektedir. Tanıma, parçalar halinde tanımlama metoduna dayanmaktadır. Ayrıca, hedefin parçalarını saptamak için difüzyona dayalı bir yaklaşım yapılabilmektedir. FLIR görüntülerinin geniş veritabanı üzerinden alınan deneysel sonuçları, sistemin güçlülüğünü ve gerçek görüntülerden elde edilen FLIR görünümlerinin uygulanabilirliğini doğrulamaktadır [18].

Yine, ikinci jenerasyonda FLIR görüntülerini tanıma için Teksas Üniversitesi-Austin'deki Bilgisayar ve Görüntü Araştırma Merkezi'nde güçlü bir ATD/R

(Automated target detection/recognition) sistemi geliştirmiştir. 1,930 adet FLIR görüntüleri üzerinde uygulanan bir deney, bu ATR sisteminin yüksek bir doğruluk derecesi ve düşük bir yanlış alarm oranıyla birlikte tanımayı gerçekleştirdiğini göstermiştir. İlk olarak bu demo bütün metodolojinin kısa bir genel taslağını sunmakta, daha sonra, bu ATR sistemini düşük kontrastlı tipik FLIR görüntüleri üzerinde çalıştırarak detaylı süreçleri ve geçici çıktılarını adım adım göstermektedir [20].

Bir tek kızılötesi kamera ile donatılmış otonom bir sistemin belirli sabit bir 3-D nesnesini 'öğrendiği', böylece, başka bir zamanda onu tanıdığı ve verilen bir hedefe ulaşmak için aşağı yukarı bilinen bir görüş noktasından başlayarak kendini, yeniden oluşturulan görüntüye (scene) dair yönlendirdiği durum da mevcuttur [19].

Kritik bir konu olan Otomatik Hedef Tanıma, yeterli ve uzun aralıklardaki FLIR görüntülerinde düşük kontrastlı hedeflerin saptanması ve tanımlanmasıdır. Uzun bir mesafedeyken bir hedefin üzerine yakınlaştırma yapmak için en iyi büyültmeyi belirleme üzerine dayalı bir teknik tanımlanabilmektedir. Yakınlaştırma süreci, nesneden ve arka plandan gelmesi beklenen sinyale dayalı olarak modellenebilmekte ve ilgili bölgedeki değişkeni, en uygun yakınlaştırmayı belirlemek üzere bir geri bildirim kontrol dönüşünde kullanılabilmektedir. Bu metot gerçek zamanlı uygulama için oldukça uygundur ve bir deneyler serisinden geçerek kanıtlanmıştır [21].

Algılama değişikliği ve hareketli hedef gösteriminin (MTI) farklı zamanlardaki bilgilerin birleştirmesinin gerekli olduğu FLIR görüntü kalibrasyonundaki problemleri ele alınmıştır. Bir sinyal modeli, FLIR görüntülemenin eksiklik-kusur ve farklılıklarını saptamak için geliştirilmiştir. Bu model, Fourier destekli yöntem ile FLIR sensörde etkilenmiş göreceli olarak yavaş değişikliklerin kompanzasyonları için kullanılır. Ayrıca, 2 boyutlu uyarlamalı filtre metodu, sensör ile hedef arasındaki relatif koordinatlarda alt-piksel değişikliklere ilave olarak nokta görüntüleme değişikliklerini kompanse etmek için geliştirilmiştir. Hava helikopteri ve yerdeki hedeflerin verileri FLIR seri sonuçları ile sağlanmaktadır [22].

Bir çalışmada, dışarıdaki (açık havada) sahnelerin gerçeğe uygun infrared görüntülerinin üretimi için simülasyon analiz/sentez prosedürü açıklanmıştır. Bu girişim, sentetik (yapay) sahne ile bölütleme (segmentasyon) algoritması ve bölge analizi kullanan gerçek görüntülerin birleştirilmesine dayalıdır. Analiz evresinde, görüntü homojen bölgelere bölütlenir. Her yüzey bölgesi materyal özelliklerine dayandırılır ve oryantasyonu hesaplanır. Sonra, bir metin sinyali orijinal görüntüden çıkartılır. Sentez aşamasında, termal modeller yüzey ısısını tahmin etmek için ve termal görüntünün radyometreleri (ışın ölçümleri) hesaplamak için kullanılır. Sonuç olarak, çıkartılmış sinyal sentetik radyometreler ile birleştirilir. Metin sinyalinin geçici değişkenleri ile günün farklı zamanlarında, aynı sahneyi üretmek için çalışılır [23].

Başka bir çalışmada ise, çoklu sensör veri tümleştirme otomatikleştirilmiş bir hedef tanıma (ATR) sistemini geliştirmede kullanmak için FLIR ve Lazer Radarı (LADAR) veri simülasyonunun bir uygulaması sunulmaktadır. Ticari yazılım ve modeller kullanımı aracılığıyla, sonraki işleme süreci için zengin bir veri takımı sağlayan, oldukça detaylı bir görüntü modeli yaratabilir. Görüntüden veri çıkarmak için bu yazılımın içine kendi modüllerini koymakta ve sonra onu FLIR ve LADAR sensör modellerine sunmaktadırlar. Bu modeller, görüntünün içindeki nesneler için simule edilmiş aralığı ve sıcaklık okuması üretmektedir. Bu veriler, verinin görüntülenmesinde yardımcı olmak üzere çeşitli görüntüler yaratmak ve ATR sistemimizi test etmek için kullanılmaktadır. Yaklaşım dizilişlerinden gelen görüntüler farklı formatlarda FLIR ve LADAR verilerini gösterir. Simule edilmiş veriler ve sonradan gelen görüntüleri, bir ATR sistemini test etmek için değerli veri kaynakları sağlamak ve üretmek üzere doğru ve hızlıdır .[24].

Otomatik hedef tanıma sisteminin en önemli konularından biri, ağır arka zemin karışıklığı ve parazitin olduğu durumlarda yavaş ve hareketli hedeflerin saptanması ve tanınmasıdır. Bu problem, hedef donuk olduğunda ve uzaysal olarak sadece birkaç piksel boyutunda dağıldığında daha komplike hale gelmektedir. Çalışmada, FLIR görüntülemede hareketli donuk-bulanık hedeflerin saptanması ve tanınması için suni nöral network'lere (ANNs) dayalı yeni bir tekniği incelenmiştir [27].

Shekarforoush, H., ve Chellappa, R., modern IR sensörleri ser ve fırtınalı hava şartlarında ve zifiri karanlıkta direkt TV-video uyumlu yüksek rezolüsyon üretiminden bahsedilmektedirler. Çalışmalarında, stabilizasyon problemini, bir FLIR dizisinde sabit objeleri veya hareketli objelerin saptanmasını ve takiplerini incelemişlerdir. Multi-fraksiyonel inceleme stabilizasyon ve aktivite saptanması için önermişler ve bu metodu imaj oluşturmadaki diğer üç klasik teknik olan, multi-skala optik akım, evre korelasyonu ve Kalman filtreleme ile kıyaslamışlardır [25].

Geniş alan taramalarını incelemek için, tipik olarak tüm imajı veya kurulu imajların düşük hesaplama maliyeti ile birlikte basit hesaplama algoritmalarını ve akabinde saptama algoritmaları tarafından saptanan imajın sadece bölümlerini analiz eden karışıklık önleme algoritmaları mevcuttur [26].

FLIR imajlarında çeşitli doğal-naturel objelerin veri dokusunu-yapısını sınıflandıran dört klasifikasyon mevcuttur. Teknikler, Lineer diskriminant analizi, Orta-ortalama sınıflandırıcı ve K- Nearest Neighbor metotlarıdır. Hermite fonksiyonları, video dizisi olarak alınan doğal sahnelerde ilgilenilen bölütlenmiş alanın özelliği için kullanılmıştır. Farklı total 12 sınıf için toplam 2680 örnek obje tanınması için kullanılmıştır. Sahnede doğru olarak saptanan 12 doğal obje sonuçları hem normalize olmayan, hem de normalize olan verilerde dört sınıflandırıcı ile karşılaştırılmıştır. Anormalize verilerde, ortalama en iyi tanıma oranı (on kat{aşama anlamında} çapraz doğrulama kullanılarak elde edilen) % 96,5'dir ve anormalize verilerde tek en yakın komşu teknikle bu oran % 86.1 olarak elde edilmiştir [28].

GEC Marconi havacılık elektriği ile bağlantılı birçok havacılık uygulamasını tarif etmekte ve alçak seviye uçuşlarının güvenliğine ciddi katkıda bulunan Penetre olarak adlandırılan dijital arazi sistem araştırma konusunu ele almaktadır. Penetre sistemi, arazi yapısına göre doğru konum bilgisi sağlamak için arazi navigasyonunu sağlar. Sofistike dijital harita navigasyon bilgilerini gösterir ve istihbarat ve görüntülerinin birbirleri üzerine binmelerinin ayırımlarını içerir ve en son görüntü arttırma opsiyonları (dış ortam visibilitesine uygun hale getirilebilen) getirilir. Bunlar, siyah-

beyaz (tek renkli) perspektif görüntüler oluşturmaktadır ve dış dünya görüntüsüne ve ayrıca FLIR sahnesine eklenmektedirler [29].

Hem düz hem de engebeli yüzeylerden elde edilen termal emisyonun polarizasyonu açıklayıcı deneysel verilerle uyumlu geniş kapsamlı bir model mevcut olup , FLIR görüntülemenin anlaşılmasını önemli derecede artırdığı söylenmektedir. Normal şartlar altında metali, dielektrik (izolatör-yalıtkan) materyallerden ayırmak mümkündür. CAD (Computer-aided design) modellerden gelen sinyallerin tahmini, polarizasyon modelini yapmanın mümkün olduğu ifade edilmektedir [30].

Üç boyutlu hedef görüntüsü genellikle görünür hedef alt komponentleri ile karakterize edilmekte ve bunlar hedef-sensör oryantasyonu ile dikte edilmektedir. İmajın, sıklıkla değişik pozlarla ani olarak değiştiği, göreceli sabit olan görüntüsünü, birleştirilmiş hedef hücresi üzerinde sürekli, hedef-sensör oryantasyon sistemini bir sınıf olarak tanımlanmaktadır. Her hedef, birçok sınıfla genel olarak karakterize edilir. Wiener filtreleri, imajların her sınıfı için hedef alt komponentlerinin varlığını tanımlamak için kullanılır. Karhunen-Loeve tasarımı, işareti verilen alt komponentlerle ortak birleştirilmiş olan filtrelerin sayılarını minimize etmek için kullanılır. Farklı alt gruplar arasındaki istatistikî ilişki Gizli Markov ağacı (HMT) vasıtasıyla modellendirilir [31].

Çoklu MLPs (Çok katmanlı perseptronlar) kullanılarak lokal hedef sınırlarının (hatların) uzak Fourier tanımlanması (harmonik tanımlama) ve özellik bilgilerinin birleştirilmesi önerilmektedir. Bunlar doğal FLIR görüntülerinde tıkanma (saklanma) olmayan hedeflerin tanınmasında kullanılırlar. Bir hedefi bölütledikten sonra radyal Fourier tanımlamaları (global şekil-model özellikleri olarak) hedef sınırlardan tanımlanır. Hedef sınır (hat), lokal şekil özelliklerini ortaya çıkartmak için 4 lokal sınıra ayrılır. Lokal sınırda, mesafe fonksiyonu sınır bölgesi ve iki ekstrem nokta arasındaki bir çizgi olarak belirlenir. Bir global evrensel özellik vektörü 4 lokal özellik faktör çoklu MLPs için hedefin nihai tanımlamasını saptamak amacı ile veri girişi olarak kullanılır. Deneylerde, önerilen metodun, tanımlama performansı açısından geleneksel yöntemlere göre üstün olduğu düşünülmektedir [32].

Stereo uyumlu kalite, imaj-parazit oranı, hareket bulanıklığı ve senkronizasyon kapasitesine dayandırılan kriterleri kullanarak stereo gece görüşü için 4 sınıf gece görüş kameralarının uygunluğu analiz edilmiştir. Özellikle sadece soğutmalı FLIR'ın, gece görüşlü otonom hareketli Demo III'ün amacını (hedefini) karşılayacak, stereo görüş performansı elde edilmiştir [33].

Görüntü serilerinde İnfrared video kamera tarafından hareket halinde objeleri saptayan ve izleyen bir prototip sistemi tanımlandığını, sistemdeki hesaplamaların, bir FPGA (Alan Programlanabilir Kapı Dizileri) ve DSP (Sayısal işaret işleme) çipi tarafından yapıldığı, günümüzdeki sistemin daha önceden tanımlanan kriterlere uygun olarak input imajları analiz ettiğini, eğer kriterler karşılanırsa, sistem ilgilenilen objeyi kapsayan salt imajını sağlamakta olduğu anlatılmaktadır [34].

Havadan alınan FLIR görüntülerinde hedef takibini sağlayabilmek için, takip yöntemi olarak, hedef yoğunluğu ve Gabor cevap dağılımı kullanılarak ortalama kayma vektör evalüasyonu ile ölçüm ihtimali hesaplanmaktadır. Büyük egomotion nedenli hedef lokalizasyon eksikliğine bağlı ortalama kayma vektörü olduğunda çok çözünürlüklü tasarım kullanılarak egomotion 'ı kompanse edilmektedir. Bu tasarım, peşpeşe gelen resim' in Gabor cevaplarını kullanır ve hayali perspektif hareket modelini kabul eder. Çalışmada veri kümesi olarak AMCOM FLIR görüntüleri kullanılmıştır [38].

Hedef özelliklerindeki değişiklikler (şekil ve yoğunluk gibi) ve yüksek global motion mevcudiyetinde FLIR görüntülemede gerçek zamanlı hedef konulu bir girişim sunulmaktadır. Üstelik, hedefler için sabit hız ve akselerasyon gibi özelliklerde gerekmektedir. Sunulan takip algoritması, hedeflerin pozisyonlarını ve boyutlarını kullanır. Hedef takibi için, yönetilebilir filtreler uygulanır ve hedefin metin (texture) enerjisi hesaplanır. Hedef tespit edildikten sonra takip metodu için üç modül kullanılır. İlk modül, aday ve model dağılımları arasındaki dağılımların mesafesini minimize eden imaj alanındaki öteleme vektörünü bulmaya dayanır. Dağılımlar, yoğunluk ve resimlerin lokal standart deviasyon ölçümlerinden elde edilir. Standart deviasyon, ölçümlerdeki her pikselin komşu bölgesinden elde edilir

ve lokal imaj yapısının iyi bir frekans içeriğini sağlar. Hedef özellik dağılımlarından hesaplanan uzaklık ölçümüne dayanarak, diğer iki modül sensör hareketini (egomotion) kompanse eder ve hedef modeli günceller. Global hareket tahmin çoklu çözünürlük tasarımını kullanır. Hayali perspektif hareket paremetresini elde etmek için ardı sıra gelen iki resim' in Gabor filtre cevabını kullanır [39].

Havadan gelen FLIR görüntülerinde izleme sistemi ve etkili otomatik hareketli hedef tespiti bu çalışmada anlatılmaktadır. Algılayıcının kendi hareketi (egomotion) sayesinde, saptama ve izleme görevleri zor olan problemlerdir. Ayrıca daha önce belirtilen teknikler hava görüntüleri için uygun değildir. Çünkü öne çıkan baskın (predominat) bölgeler detaylandırılmamışlardır. Burada sunulan sistem etkili bir şekilde sadece kamera hareketini saptamakla kalmaz aynı zamanda hedef hareketini de hesaplar. Bu hesaplama, doğru vektör alan hesaplaması ve güçlü hareket parametreleri hesaplama tekniği ile yapılmaktadır. Bu bilgi, her hedefin segmentasyonuna müsaade eder. Kamera hareketinin (egomotion) kompanzasyonu ile onların takip edilmesini sağlar. İzleme kısıtlamalarının değerlendirilmesi, çok önemli derecede hayali alarm oranını azaltırken, gerçek hedeflerin saptanmasına yardım eder[40].

İnsansız hava araçları, keşif, gözetleme ve hedef takibi için temel istihbarat varlıkları haline gelmektedir. İHA videolarında hedefi otomatik olarak takip etmek için COCOA adı verilen bir sistem geliştirildi. Bu sistem, durum numarası üzerinden video akışını üretmektedir. İlk olarak damla (blob) tabanlı izleme algılanan her nesne için yapılır. COCOA, ayarlanabilir farklı sensör çözünürlüğüne, 100 pikselden küçük hedefleri izleyebilme yeteneğine sahiptir. Görünür ve termal görüntüleme modlarında sorunsuz çalışmaktadır. Sistem, Matlabta batch modda çalışmaktadır. Birden fazla video kayıt yöntemi olmasının nedeni COCOA siteminin esnekliğini artırmak içindir. Gradyan tabanlı yöntem listesi, telemetri tabanlı metodu içerir. İkinci modül kayıtlı görüntüleri alır ve onlardan hareket eden nesneleri algılayarak nesne algılama hareketi oluşur. Bu aşamada, akümülatif çerçeve farkları ve arka plan modelleme kullanılarak , arka plan ve ön plan pikseller hesaplanır. Tespit edilen bölgelerde nesnelerin hatlarını segmentasyon yaklaşımı kullanılarak işlenir. Çevre

çizgisi hedef nesnelerin tam bir görünüm ve şekil modelleme sistemine yardımcı olur. Sonunda bölgeler, damla (blob) tabanlı izleme yaklaşımı kullanarak video boyunca izlenmektedir [41].

Araç takibinin çok geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Çoğu trafik kamera sistemleri ile elde edilen imajların çözünürlüğü düşüktür. Birden fazla objenin takibinde (çoğunluğunda) objelerin benzerliği yüzünden bir objeyi diğerinden ayırt etmek kolay değildir. Burada nesnelerin araç olduğu çoklu nesne takibini gösteren bir metot tanımlanmaktadır. Araçlar çeşitlidir ve sayıları bilinmemektedir. Tüm hareketli araçları saptarız ve takip için kalman filtresi ve bir çerçeveden sonraki çerçeveye kadar renk özelliklerini ve mesafeleri kullanılmaktadır. Bu yüzden, bu metot tüm araçları tek tek (ayrı ayrı) ayırt edebilir. Önerilen algoritma çoklu hareketli nesneler için uygulanabilmektedir [42].

Termografik kameralar bayılma (epilepsi nöbetlerinde) nöbetlerini araştırma amaçlı önemli bir role sahiptirler. Bu sebeple burada, termografik kamera kullanılarak hareketli bayılmaya tabi tutulan ratlardaki vücut ısısını ölçen bir metot gösterilmektedir. Vücut ısısını doğru olarak ölçmek için, partikül filtre takipçisi (tracker) geliştirildi ve deneysel metodoloji ile beraber test edilmektedir. Elde edilen ölçümler zemin doğruluğu ile karşılaştırıldı (ground truth). Metotlar 2 saatlik video görüntüleri ile test edildi [43].

Mobil robotik araştırmalarla ilgili her uygulamada çevrenin algılanması hayati öneme haizdir. Bu çalışmada, otonom Mobil platform mSecurit'e monte edilen bir termal kamera tarafından yakalanmış video işlemleri vasıtasıyla yeni bir gerçek zamanlı insan saptama girişimi tanıtılmaktadır. Uygulama, imaj normalizasyonu ve eşik değeri gibi bazı klasik görüntü işleme teknikleri ile aday insan saptanması için statik analiz aşaması olarak başlamaktadır. Sonra, plan optikal akım ve görüntü diferansına bağlı dinamik görüntü analiz safhasına geçmektedir. Robotun hareketli olduğu durumlarda optikal akım kullanılmaktadır. Oysa görüntü diferans metodu robot sabit iken tercih edilir. Her iki metodun sonuçları infrared kamera tarafından yapılan insan segmentasyonunu arttırmak (güçlendirmek) için karşılaştırılmaktadır.

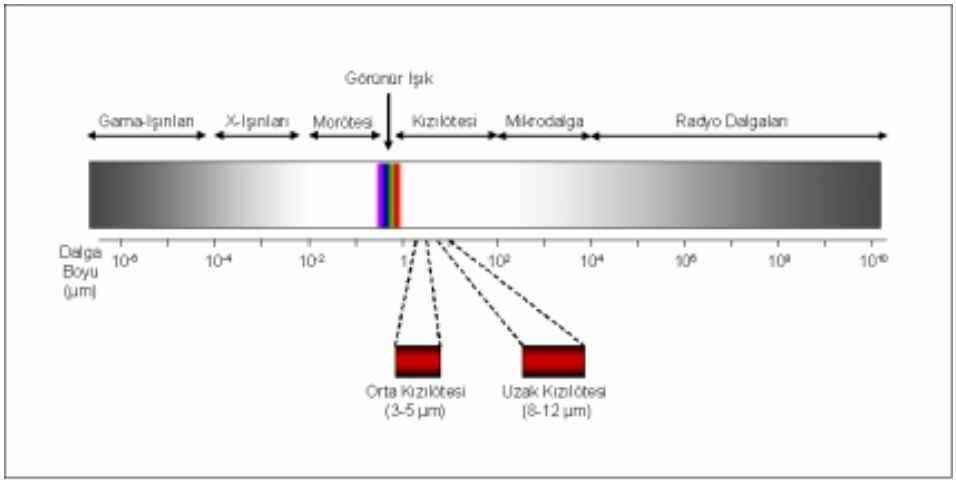
Aslında, optik akım veya görüntü diferansı, ön plan sıcak spot bölgelerine vurgu yapmaktadır [44].

Görüntü işleme sayesinde daha iyi görüntü elde edebilmek için görüntü üzerinde çeşitli iyileştirmeler yapılarak istenilen amaca ulaşılır. Bu çalışmada da gerçek zamanlı FLIR video ve resim görüntülerinde hareketli hedef tespiti ve takibi, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Temelde, ilk yapılan işlem renkli görüntünün gri görüntüye dönüştürülmesidir. Sonrasında bölütleme (segmentasyon) işlemi ile gri görüntünün yumuşatılması, iyileştirilmesi ve kenarlarının Canny metoduyla belirlenmesi gelir. Devamında kenarları belirlenen görüntünün sınır bölgeleri çizilir. Bu aşamadan sonra, hedef görüntü tespit edilir. Tespit edilen hareketli hedef üzerinde, dikdörtgen bir hedef izleme imleci yerleştirilerek takip işlemi yapılır. Ayrıca nesnelerin takip ettikleri yollar gösterilir. Hedef objenin piksel değerleri arka plan piksel değerlerinden kolaylıkla ayrılamadığı durumlarda dahi algoritma hedefi başarılı bir şekilde tespit ve takip edebilmektedir.

2.Bölümde çalışmamızın temel bölümünü oluşturan termal görüntülemeden bahsedilmektedir. Termal görüntüleme hakkında bilgi verdikten sonra, 3. Bölümde çalışmanın bir diğer ayağı olan FLIR cihazı anlatılıp akabinde 4. Bölümde uygulamanın konusunu meydana getiren görüntü işleme ele alınmıştır ve matlabta uygulama gerçekleştirilmiştir. 5. Bölümde yapılan çalışmanın sonucu anlatılmaktadır.

2. TERMAL GÖRÜNTÜLEME

Işıma diğer bir adıyla radyasyon, enerjinin uzayda dalgalar ya da tanecikler (fotonlar) halinde yayılması olarak adlandırılır [1]. Termal görüntüleme sistemlerinin temelini infrared ışıma oluşturur. Dalga boyu 0.7µm' dan daha uzun, mikrodalgadan daha kısa ışımaya infrared ışıma denmektedir. İngilizcede infra kelimesi 'alt', red ise 'kırmızı' demektir. Infrared (IR) ışıma dilimiz Türkçe' ye kırmızı-altı ışıma olarak çevirisi yapılabilir [2]. Doğada bulunan varlıklar sahip oldukları sıcaklığa bağlı olarak farklı dalga boylarında yoğunluk değişimi gösteren elektromanyetik enerji yayarlar. Kırmızı rengin hemen üzerinde başlayan kızılötesi bant içinde termal görüntüleme yapılan iki dalga aralığı bulunmaktadır. Bunlar, "Orta Kızılötesi (3-5µm)'' ve "Uzak Kızılötesi (8-12µm)" bantlarıdır [3]. Şekil 2.1.' de termal görüntülemede kullanılan kızılötesi enerji bantları görülmektedir.



Şekil 2.1. Termal görüntülemede kullanılan kızılötesi enerji bantları [3]

Termal görüntüleme, bir cisim tarafından yayılan ışımadan yararlanarak onun görüntüsünü elde etme temeline dayanır. Doğal olarak görülebilen tayf içerisinde görüntüler, yansıma ve yansıma farklılıkları tarafından oluşturulurken, termal görüntüler kendiliğinden emisyon ve yayınım kapasitesi farklılıklarından elde edilmektedir. Buna sebeple, termal görüntülemede, kendiliğinden ısı enerjisi üreten örneklerle ilgilenilir [5].

Termal görüntüleme, askeri, sivil, endüstriyel, medikal, bilimsel alanlarda çok geniş uygulanmaktadır. Termal görüntülemenin endüstri ve sivil alanlardaki uygulanmaları "termografi'' ve "termal görüntüleme'' (thermal imaging) adları altında bilinir. Kızılötesi termografi sanayi alanında kullanılmakta olup, ayrıca binaların termal performans testlerinde, meteoroloji ve arazi taramalarında uygulandığı görülebilir. Bununla birlikte termografinin en geniş uygulanma alanlarından biri sağlık, bir diğeri ise havacılık sektörüdür [5]. Günümüzde de askeri alanda da oldukça yaygın bir şekilde uygulanmaktadır.

Termal bir görüntü üretebilmek için, uygun lens sistemleri ile birlikte bir kamera kullanılır. Sistemde, cisimlerin yaydıkları ışıma ve arka planın sıcaklık farkından yararlanıldığından, başka bir ışık kaynağı gerekli olmamaktadır. Termal görüntü sistemlerinin oldukça geniş bir spektral band geçişi vardır. Dışardan bir aydınlatmanın gerekli olmaması sistemlere her ortamda ve özellikle de karanlıkta uygulanma imkanı verir [5].

Bu anlatımlara göre, termal görüntülemenin temel özelliklerini dört maddede sıralayabiliriz.

1) Termal görüntüleme, dışarıdan bir aydınlatma kaynağına gerek duyulmayan pasif bir teknikten oluşmaktadır. Gündüz ve gece kullanılabilmekte olup gizli cisimleri algılamaya imkan verir.
2) Sıcak ve soğuk noktaların veya görünüm içerisindeki farklı "yayınım kapasitelerine'' sahip bölgelerin belirlenmesi için kullanılır.
3) Termal ışıma, duman ve sis içine görünür ışımadan daha kolay girebilir ve görülebilir karanlık noktaların belirlenmesine imkan sağlar.
4) Termal görüntüleme, uzaktan algılamaya imkan sağlayan gerçek zamanlı çalışan bir sistemdir [5].

2.1. IR Türleri

IR türlerini ikiye ayırabiliriz. Elektrik Kaynaklı İnfrared ve Termal infrared.

1) Elektrik Kaynaklı İnfrared: İnfrared LED' den elektrik akımı geçirildiğinde elektrik kaynaklı infrared meydana gelir. Uzaktan kumandalar, Lazerli mesafe ölçüm cihazları buna örnek olarak verilebilir [2].

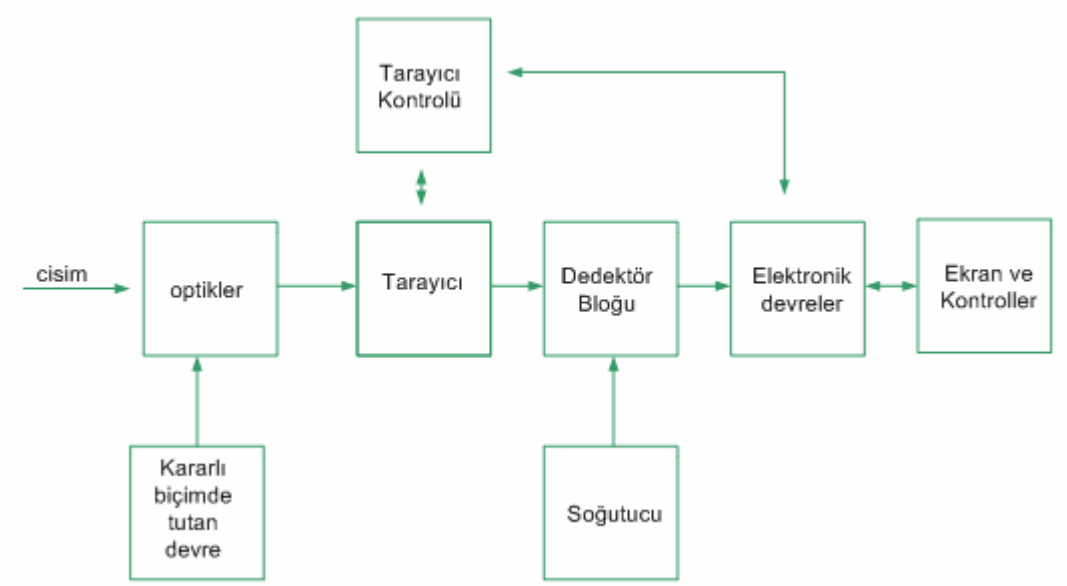
2) Termal İnfrared: Termal IR'ın varlığı Sir William Herschel tarafından 1800'lü yıllarda bulunmuştur. Herschel, ısı kaynağı olan güneşten gelen ışımayı incelerken, kırmızı rengin ötesinde de, gözle görülmemesine rağmen, ışımanın var olduğunu tespit etti ve bu ışıma için çeşitli tanımlar kullanıldı. Görünmez ışınlar, termometrik spektrum, karanlık ısı (dark heat) gibi [2].

Termal infrared kaynakları olarak, Güneş, deniz, doğadaki canlı varlıklar, elektrikli soba, egzost çıkışı, kor halindeki demir, akkor lamba gibi örnekler verilebilir.

Doğal ve yapay, sıcaklığı -273˚C (0˚K) üzerinde olan her cisim ışıma yayar. Isı enerjisi olan atom ve moleküllerin vibrasyon ve rotasyon hareketlerindeki artış, ışımaya yol açar. UV; ultraviyole, GI; görünür ışık, IR; infrared olmak üzere;
Güneş: UV+GI+IR
Tungsten ampul: GI+IR
Yeryüzü/ İnsan: IR
gibi nesneler termal ışıma yaymaktadırlar [2].

2.2. Termal Görüntüleme Sistemlerinin Yapısı

Temel olarak termal bir görüntü sisteminin yapısı Şekil 2.2.' de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.2. Termal görüntüleme sisteminin yapısı [2]

Termal ışıma yapan cisimden gelen dalgalar öncelikle sistemin optik parçası tarafından algılanır. Şimdi sırasıyla termal ışımadan, termal görüntü elde edilene kadar olan safhada sistem parçaları hakkında bilgi verelim.

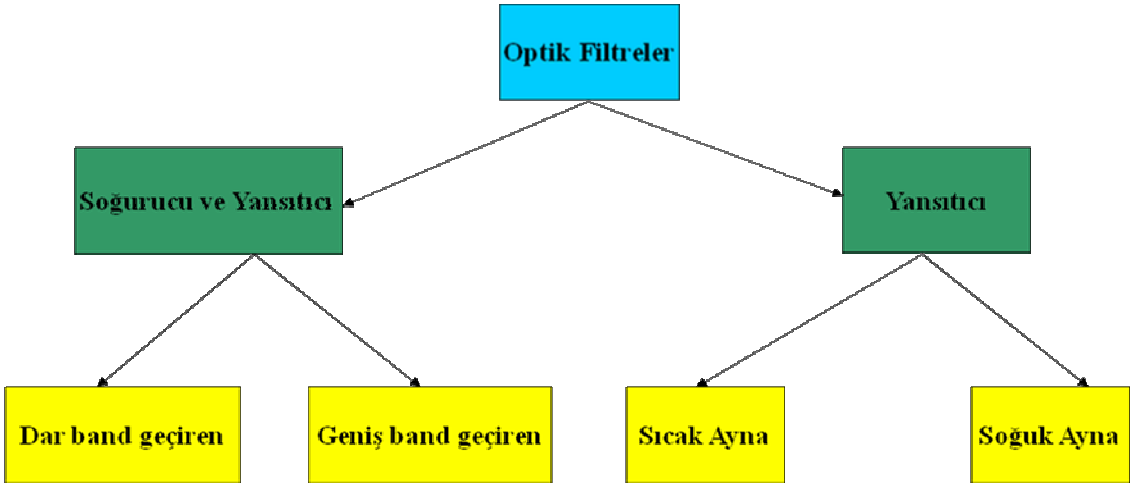
2.2.1. Optik Filtreler

Objektifin önüne yerleştirilen optik filtre, görüş açısı içinde objektife düşen ve oradan dedektör üzerine yoğunlaşan ışımanın belirli dalga boylarını objektife düşmeden engellemektedir. İstenilen dalga boylarının geçmesine izin verir. Filtreler, engelleme ve süzme işlevini, istenmeyen dalga boylarındaki ışımayı temelde:

- Soğurma ile
- Soğurmayla birlikte yansımayla
- Sadece geri yansıtarak

gerçekleştirirler.

Filtreleri, soğurucu ile birlikte yansıtıcı ve sadece yansıtıcı filtreler olmak üzere iki türde gruplandırabiliriz [2]. Şekil 2.3.' de filtre çeşitleri görülmektedir.



Şekil 2.3. Filtre çeşitleri

Termal görüntüleme sistemlerinde geniş band geçiren filtre ile soğuk ayna kullanılır.

Geniş band geçiren filtre

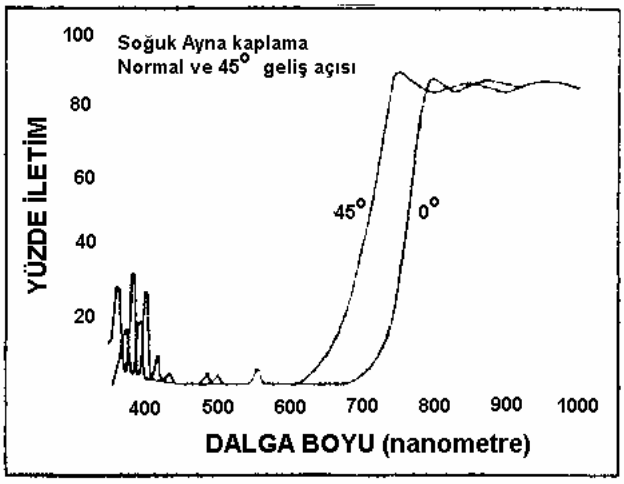
Ultraviyole filtreler, görünür ışık ve infrared ışımaya karşılık gelen dalga boyu bantlarından birini geçiren, diğer ışıma dalga boylarının geçmesini engelleyen filtrelerdir. Şekil 2.4.' de görünür (visible)-infrared filtre şekli görülmektedir.



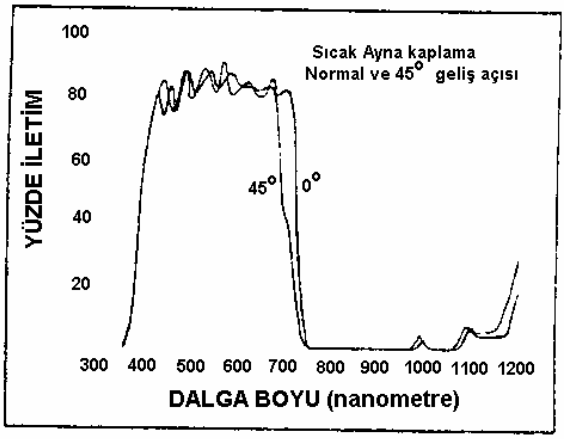
Şekil 2.4. Görünür (visible)-infrared filtre [37]

Yansıtıcı filtreler

Yansıtıcı optik filtreler, sıcak ayna (hot mirror) ve soğuk ayna (cold mirror) olmak üzere iki türe ayrılabilir. İnfraredi geçiren, görünür ışığı geçirmeyen ayna türüne soğuk ayna denmesinin nedeni ışımanın geliş yönünden bakıldığında aynanın görünür ışığı yansıtmasıdır [2]. Şekil 2.5.' de sıcak ve soğuk ayna iletim spektrumları grafiği, Şekil 2.6.' da yansıtıcı filtre iletim spektrumu grafiği görülmektedir.



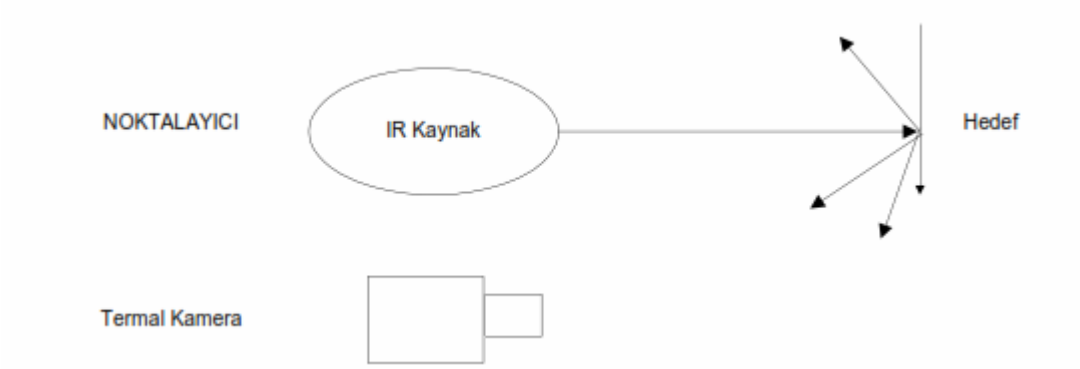
Şekil 2.5. Sıcak ve soğuk ayna iletim spektrumları grafiği [2]



Şekil 2.6. Yansıtıcı filtre iletim spektrumu grafiği [2]

2.2.2. Aktif sistemler

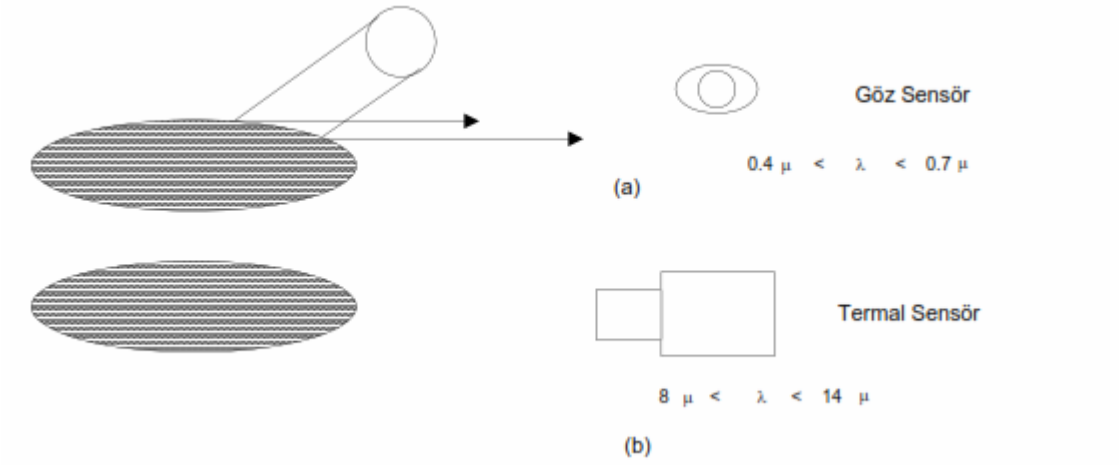
Infrared kaynaktan hedefin kendisine doğru aydınlatma yapılır, sonrasında aydınlatılmış kaynaktan gelen infrared dalga boyu algılanarak görüntü oluşturulur. Yani temelde kaynaktan herhangi bir yansıma olmamaktadır, dolayısıyla görüntü elde etmek için hedefin harici olarak aydınlatılması gerekir. Şekil 2.7.' de IR kaynak ile hedefin aydınlatması ve termal kameranın algılaması görülmektedir.



Şekil 2.7. IR Kaynak ile hedefin aydınlatması ve termal kameranın algılaması [2]

2.2.3. Pasif sistemler

Hedefin kendisinin yaymış olduğu termal infrared dalga boyu algılanarak görüntü elde edilmesini sağlayan sistemlere pasif sistemler denir. Şekil 2.8.' de görünür ışımanın algılanması ve infrared ışımanın algılanması görülmektedir.



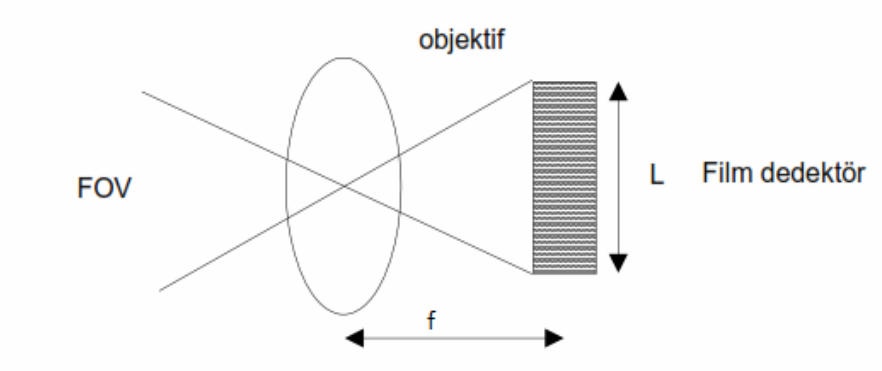
Şekil 2.8. a) Görünür Işımanın Algılanması, b) İnfrared Işımanın Algılanması [2]

2.2.4. Termal kameraların görüş açısı

Termal görüntüleme sisteminin optik algılayıcısının görüş açısı (FOV), Şekil 2.9.' da görülmektedir. Objektif merceğin odak uzaklığı f ile görüntünün kayıt edildiği dedektör ortamının en geniş boyutu L ile belirtilir [2].

Görüş açısı (FOV) eşitliği şu şekildedir:

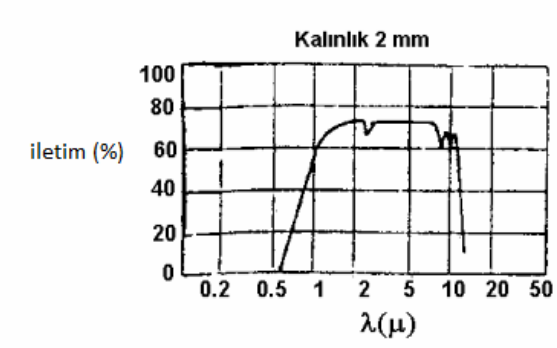
$$FOV = 2.tan^{-1}(L/2f) \quad (2.1)$$



Şekil 2.9. Kamera görüş açısının (FOV) gösterimi [2]

2.2.5. Mercek

İnfrared ışıma, yansır, kırılır ve bir mercekle odaklanabilir. Termal görüntüleme sistemlerinde kullanılan mercek yaklaşık olarak, λ= 0,6-12,5 μ arasında geçirgenlik özelliğindedir. Bu aralık değerlerindeki dalga boyları geçirilmekte, diğer dalga boyları tutulmaktadır [2]. Merceğin geçirgenlik aralığı Şekil 2.10.' da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. İnfrared merceğin geçirgenlik aralığı [2]

2.2.6. Tarama çeşitleri

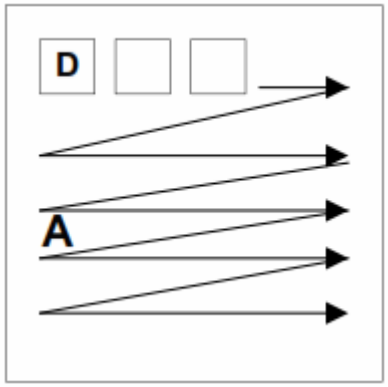
Termal görüntüleme sistemlerinde üç çeşit tarama yapısı vardır [2].

1) Tek dedektör tarama sistemi

2) Paralel tarama

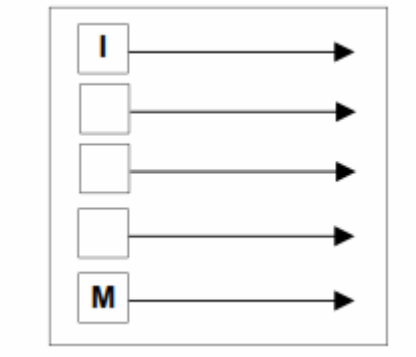
3) Mozaik sistem

Tek Dedektörle Tarama: Dedektör, bir satır taradıktan sonra, bir sonraki satıra geçer. A alanın tamamının taranmasına resim zamanı (frame time) denir. Dedektör alanı dxd bir görüntü elemanını oluşturmaktadır. Tek dedektör kullanıldığında sistem daha ucuza gelir, ancak hareketli parçaları çok olduğundan daha karmaşık bir yapıya sahiptir . d, dedektör boyutunu, A ise alanı ifade etmek üzere Şekil 2.11.' de seri tarama görülmektedir.



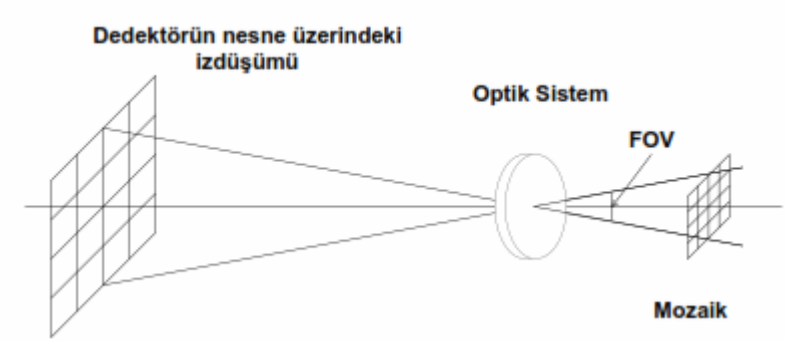
Şekil 2.11. Seri tarama [2]

Paralel Tarama: Birden fazla dedektör kullanılmakta olup, dedektör sayısının artmasıyla sinyal gürültü oranı S/N de artar. Dedektörün çok olması fiyatı artırır ama mekanik olarak daha az karmaşık yapıya sahiptir. Şekil 2.12.' de paralel tarama görülmektedir.



Şekil 2.12. Parelel tarama [2]

Mozaik Sistem: Dedektör sayısı n olup, nxn tane dedektör vardır. Dedektör sayısının artmasıyla elektronik kısım daha karmaşık olur. S/N (sinyal / gürültü) oranı da artar. Mekanik, hareketli bileşeni yoktur. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte 2048x2048 dedektörlü mozaik sistem yapılabilmektedir. Şekil 2.13.' deki dedektörün boyutları 15 x 15 μ kadardır [2].



Şekil 2.13. Mozaik sistem yapısı [2]

2.2.7. Termal görüntüleme sistemlerinde oluşan gürültü ve soğutma işlemi

Termal görüntüleme sistemlerinde gürültü daha çok dedektörlerde gözlemlemlenir. Karanlık akımı (dark current) adı verilen dedektör gürültüsü, termal etki ile enerji kazanan valans elektronlarının rastgele iletkenlik bandına çıkması sonucu oluşur. Bu gürültüyü azaltmak için dedektör soğutulur. Soğutucu madde olarak, -58ºC' ye kadar kuru buz, -196 = 77ºK derecesine kadar sıvı azot kullanılır [2].

Ayrıca, kompres hava ve bir joule-Thomson mini soğutucu kullanmak daha uygundur. Bu işlem, yüksek basınçlı havanın, kısma valfine yayılması esasına dayanmakta ve bu valf havayı soğutup sıvılaştırmaktadır. Kullanılan havanın, kısma valfini soğutup kilitlememesi için, su buharı ve karbondioksitten temizlenmesi gerekmektedir [5].

3. FLIR

FLIR' ın İngilizce açılımı ''Forward Looking InfraRed'' dir. " ***ileri bakan kızılötesi*** " şeklinde Türkçe' ye çevirebilir [36]. Elektromanyetik spektrumda, kızılötesi dalga boyuna duyarlı sensör ve dedektörlerden oluşan aviyonik, elektro-optik bir cihazdır. Daha çok askeri amaçlar için kullanılır. Hava platformlarının dış kısımlarına monte edilir.

İlk termal görüntüme sistemi Circa-1930 Evaporagraf' tır. Bu, daha çok ''taramasız'' (non-scanning) bir devreden oluşmakta idi. Ancak, iç kontrast, duyarlılık ve cevaplama süresindeki sınırlamalar nedeniyle termal görüntüleme işlevinde yetersizdi. Orijinal taramalı termal görüntüleyiciler ''termograflar'' diye isimlendirilmiştir. Bu termograflar, bir tek dedektör elemanından oluşmakta; iki boyutlu ve oldukça yavaş tarayıcılarla görüntülerini yahut fotografik filmlerini kaydederken, gerçek zamanlı devreler değildiler. 16 inçlik bir ışıldak reflektör, çift eksenli bir tarayıcı ve bir ışınımölçer (bolometre) dedektörden oluşan ilk termograf 1952 yılında Amerikan ordusu tarafından kullanılmıştır. 1956-1960 yılları arasında, ordu destekli termografların hızlı bir gelişimi olmuştur. Bu termofgraflar çoğunlukla sivil uygulamalara yönlendirildiler. İlk gerçek zamanlı aviyonik termal görüntüleme sistemi''FLIR''(Forward Looking Infrared), şerit (strip) haritacılığı teknolojisinin bir yan ürünü şeklinde meydana geldi. Bu cihazlar esasında termograf olup, hava araçlarının yere ilişkin hareketlerinin doğurduğu düşey tarama işlemi ile ilgili olduklarından, en çok ordu ve hava kuvvetlerinin keşif operasyonlarında kullanılıp geliştirildiler, ilk uzun dalga FLIR 1956 yılında hava kuvvetlerinin desteği ile Chicago üniversitesi tarafından yapıldı. Buna, 1960 yılında, gerçek zamanlı uzun dalga devreli, yine ordu için geliştirilen FLIR eklendi. Bu sistem prizma tarayıcı şeklinde adlandırılmaktaydı. Çünkü, tek elemanlı InSb dedektörü için, spiral bir tarama meydana getirebilmek amacıyla rotasyonlu iki prizma kullanılmıştı. Prizma tarayıcı, gerek ordu gerekse sivil uygulamalar için, yer temelli sensörlerin müteakip gelişmesinde önemli bir basamak oluşturmuştur. 1960 ile 1974 arasında farklı FLIR tiplerinin gelişimine tanık olundu ve bir çok imalat yapıldı. FLIR teknolojisi, dedektör dizilişinin gelişmesi sayesinde ilerlemiştir [5].

FLIR temelde cisimlerden yayılan ısı enerjisinin hassas sensörlerce ölçülüp bilgisayar aracılığıyla yapay olarak renklendirilip eşzamanda görüntüye dönüştürülmesi prensibini kullandığından, operatörün gece ve her hava şartları altında etrafını ve özellikle askeri kullanımda ısı yayan tehdit unsurlarını oldukça net bir şekilde görebilmesini sağlamaktadır. Gece görüş kameraları ile FLIR (termal) kameralar arasındaki fark, gece görüş kameralarının görünür ışınım bandında çalışıp, az olan ışık miktarını operatöre yükselterek gösterirken, FLIR tabanlı termal sistemlerin, daha düşük dalga boyuna sahip kızılötesi (ısı) aralığında ve klasik anlamda ışık kaynaklarından bağımsız çalışmasıdır. FLIR sistemleri ortamda görünür ışık olsun veya olmasın, aralarında sıcaklık farkı olan cisimleri kolayca birbirinden ayırabilme özelliğine sahiptirler. Termal kızılötesi sensörler vasıtasıyla alınan bilgiler görüntü işleme tekniğiyle işlenir ve ekrana IR görüntü olarak yansıtılır [35]. Bu özelliklere bakarak FLIR için termal bir kameradır diyebiliriz. Şekil 3.1.' de FLIR' ın fiziksel görüntüsü ve Şekil 3.2.' de bir helikoptere monte şekli görülmektedir.



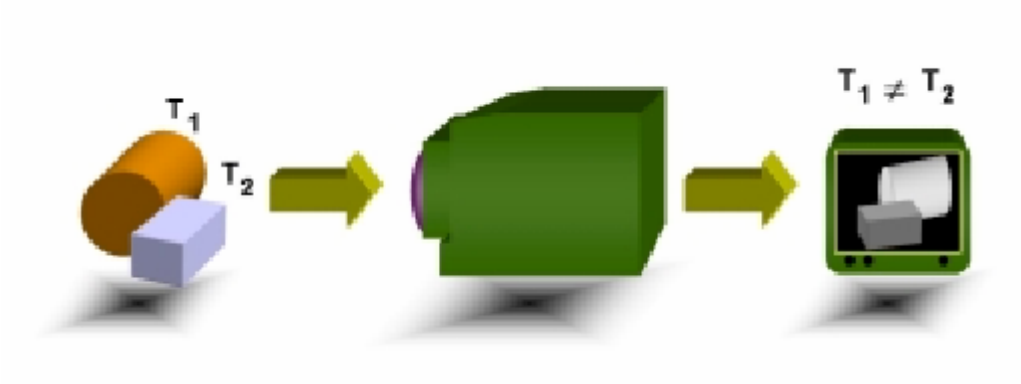
Şekil 3.1. FLIR resmi [4]



Şekil 3.2. Helikoptere monte edilmiş FLIR [4]

3.1. FLIR Yapısı Ve Teknik Özellikleri

Nesnelerden yayılan ve insan gözü tarafından görülemeyen infrared enerjiden elde edilen bilginin görünür hale dönüştürülmesi termal görüntüleme teknolojisi tarafından sağlanmaktadır. Görüntülerde cisimlerin sahip oldukları farklı sıcaklıklar farklı renk tonlarında gösterilirler [3].



Şekil 3.3. Farklı sıcaklıktaki nesnelerin termal görüntüsünün elde edilmesi [3]

Şekil 3.3.' de farklı sıcaklıktaki nesnelerin termal görüntüsünün elde edilmesi görülmektedir. Görünür ışık bandı içinde etkin olan sis, toz ve duman gibi faktörler kızılötesi band içindeki enerji iletiminden daha az etkilemektedir [3]. Flir görüntüleme sistemi bu özelliklere sahip olan bir sistemdir.

Termal Görüntüleme Sistemleri, farklı mühendislik disiplinleri içinde eş zamanlı gerçekleşen çalışmaların neticesinde oluşur. Termal Görüntüleme Sisteminin yapısı, Dedektör, Opto-Mekanik ve Sinyal İşleme-Kontrol olmak üzere üç ana işlevsel başlık altında toplanabilir [3]. Şekil 3.4.' de termal görüntüleme alanında yürütülen çalışma başlıkları görülmektedir.



Şekil 3.4. Termal görüntüleme alanında yürütülen çalışma başlıkları [3]

3.1.1. Dedektör

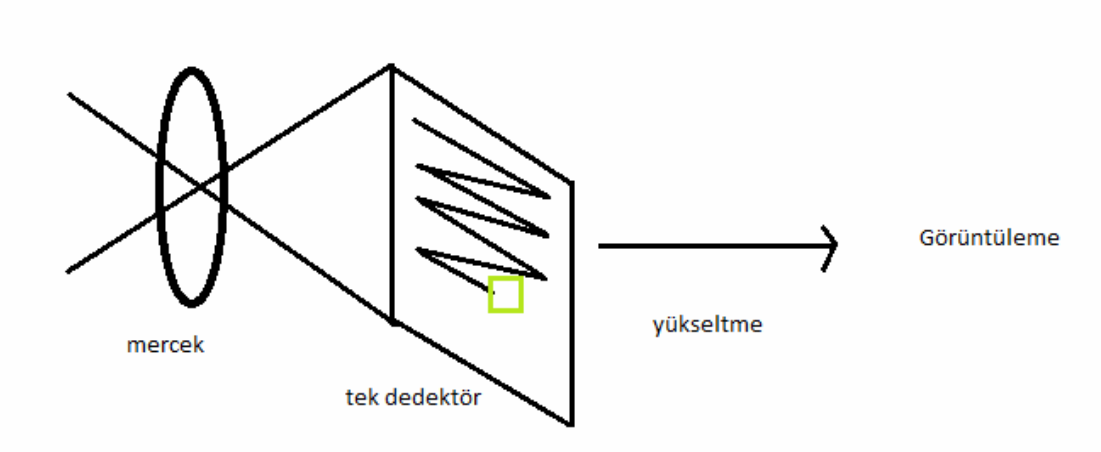
Sistem performansında belirleyici unsurların başında dedektör gelir. Kızılötesi band içinde algılama yapan dedektörlerin üretiminde farklı malzemeler kullanılır (HgCdTe,InSb,QWIP). Yüksek eleman sayılı ve hassas dedektörlerin kullanılması ile günümüz sistemlerinin çözünürlüğü ve algılama gücü yüksek seviyelere ulaşmaktadır [3].

Termal görüntüleme için dedektörde aranan başlıca özellikler, hızlı bir cevaplama süresi, dayanıklılık ve genellikle uygun termal duyarlılık için yeterli olacak şekilde dedektör dizilişinin içerisine açılabilme kapasitesi gelmektedir. Termal dedektörlerde, ısı bağımlı özelliğe sahip materyal kullanılmaktadır. Gelen ışın absorbe edildiği zaman devrenin sıcaklığı artar ve bu ölçülebilir bir fiziksel değişikliğe yol açmaktadır. Termal dedektörlerin, düşük seviyeli bir termal duyarlılık ve oldukça yavaş cevap verme süresi gibi dezavantajları da bulunur. Direnci sıcaklıkla değişen metal veya yarıiletken yapıdaki ışınımölçer, optik özellikleri sıcaklığa dayanan bazı sıvı kristaller, sıcaklıktaki değişimleri elektriksel

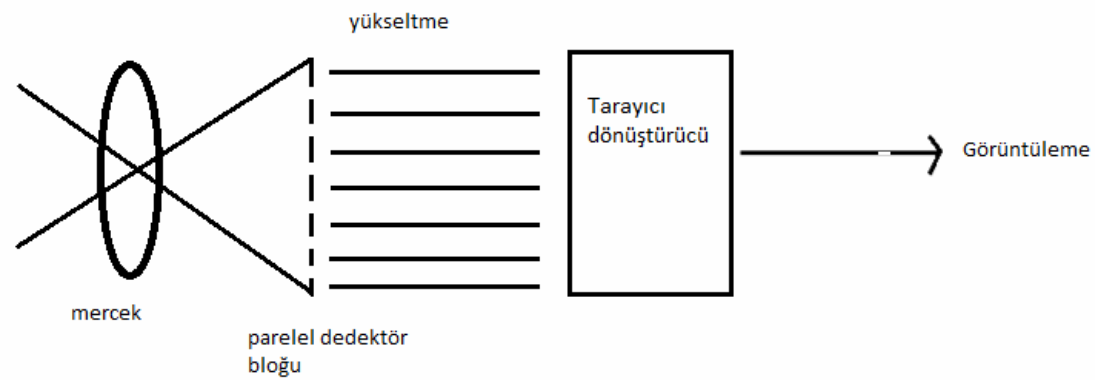
kutuplaşmada farklılıklara yol açan piroelektrik dedektörü örnek olarak gösterilir. Foton dedektörler, elektriksel özellikleri, taşıyıcıların uyarılmasıyla sabit durumlardan hareketli durumlara indüklenmiş foton geçişleri sonucu değişebilen yarı iletkenlerdir. Foton dedektörlerin çoğu fotopozitif ve fotoelektrolitik devreler şeklinde sınıflandırılır [5].

Taramalı FLIR sistemleri, tarama örnekleri ve ön kuvvetlendirilmiş dedektör sinyallerinin video işlenmesine göre karakterize edilmektedirler. Video işleme tekniğinde genellikle üç formdan biri tercih edilmektedir. Çok kanallı seri ya da paralel işleme, standart televizyon formatı şeklinde işleme veya yapay-TV işleme. Mevcut sistemler, en geçerli tarama fonksiyonunu ve sinyal işlemeyi temsil eden dört kategoriden birine girerler. Paralel tarama-paralel video, Paralel tarama-standart video, seri tarama- paralel video, seri tarama- standart video [5].

Dedektörler tarafından yapılan tarama işlemi FLIR için Şekil 3.5. ve Şekil 3.6.' da görülmektedir.



Şekil 3.5. Seri taramalı FLIR konfigürasyonu



Şekil 3.6. Paralel taramalı FLIR konfigürasyonu

Görüş alanı (FOV) boyunca optik olarak bir satır detektör dizisi taranır. Buradan tarayıcı dönüştürücüye gönderilir.

3.1.2. Opto-mekanik

Optik ve mekanik birimler termal görüntüleme sistemini oluşturan bir diğer alt birimlerdir. Dedektöre kızılötesi enerjiyi aktaran optik elemanlar sistemin bakış açısını ve optik büyütmesini belirlemektedir. Sistemde yer alan dedektör yapısına bağlı olarak bir tarayıcı ayna kullanılmaktadır. Hem görünür ışığı, hem de kızılötesi enerjiyi geçiren az sayıda optik malzeme bulunur. Termal görüntüleme amacıyla kullanılan optik malzemelerin başında Ge ve ZnS gelir [3].

3.1.3. Sinyal işleme – kontrol

Günümüzün gelişmiş sistemlerinde, modern elektronik devre elemanlarından oluşan donanımlar ve bu donanımlara özel gömülü yazılım olarak da adlandırılan yazılım tasarım yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yazılımlar günlük kullanımı yaygın olan bilgisayar paket programlarından farklı olarak bir sistemden alınıp başka bir sistem içinde kullanılmamaktadırlar. Tasarımlarda yüksek işlem kapasiteli sayısal işaret işlemcilerin yanı sıra “ Alan Programlanabilir Kapı Dizileri’’ de yoğun olarak kullanılır. [3].

3.1.4. Görüntünün elde edilmesi

Görüntü elde edilmesi şu şekilde özetlenebilir. Özel tasarlanmış objektifler vasıtasıyla, objektifin görüş alanı içindeki tüm nesnelere odaklanılır. Kızılötesi dedektörler, bu odaklanmış radyasyon taraması için kullanılırlar. Dedektörler sıcaklık haritasının çıkarılmasında yardımcı olur. Sıcaklık haritası elde edildikten sonra sinyal işleme biriminde elektrik darbeleri sayısal sinyallere çevrilir. Sinyal işleme birimi olarak kullanılan yapı, küçük bir çip içerisinde yer alır. Ayrıca elektrik dürtülerini çevirmek için kullanılan bir devre kartı mevcuttur. Sinyal işleme birimi, verilerin görüntüleneceği ekrana verileri gönderir ve sonrasında Şekil 3.7., Şekil 3.8., Şekil 3.9. ve Şekil 3.10.' da FLIR görüntüleme sisteminin elde etmiş olduğu gündüz ve kızılötesi görüntüler görülebilir.



Şekil 3.7. FLIR görüntüsü [6]



Şekil 3.8. FLIR görüntüsü [6]



Şekil 3.9. FLIR görüntüsü [6]



Şekil 3.10. FLIR görüntüsü [7]

3.1.5. ASELFLIR termal görüntüleme sistemi

ASELFLIR termal görüntüleme sistemi ülkemizde ASELSAN A.Ş. tarafından üretilmekte ve ihtiyaç duyulan alanlarda kullanılmaktadır.

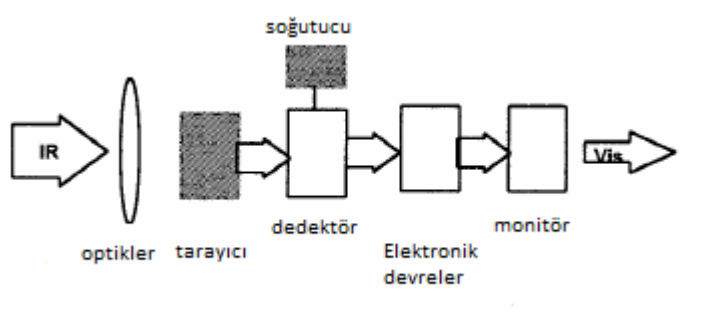
ASELFLIR-200 Jiroskopik Stabilizasyonlu Aviyonik Termal Görüntüleme Sistemi (FLIR-Forward Looking InfraRed) kullanıcıya pilotaj/seyrüsefer, keşif, arama-kurtarma, otomatik hedef takibi, hedef tespit, tanımı ve teşhis kabiliyetleri sağlayan hafif, küçük boyutlu ve çok amaçlı görüntüleme sistemidir. ASELFLIR-200, sabit kanatlı, döner kanatlı ve insansız hava araçları ile, gemilerde kullanılmaktadır. ASELFLIR-200 kullanıcı isteğine bağlı olarak aşağıda belirtilen tek, çift ve üçlü sensör olarak konfigüre edilebilir [4].

Genel özellikler

- Gelişmiş Görüntü İşleme Tekniği,
- Jiroskopik ve Elektronik Stabilizasyon,
- Çok İşlevli Otomatik Takip Modları,
- Bağlandığı platform üzerinde bulunan diğer donanımlar ile arayüzü sağlayan MIL-STD-1553/ARINC-429 veriyolları,
- Seyrüsefer Kabiliyeti Sağlayan Üçüncü (Geniş) Görüş Açısı Alanı,
- Görüntü dondurma özelliği,
- Görüntü isteğe göre, CCIR veya RS-170 video formatında sağlanabilmektedir [4].

4. UYGULAMA

IR görüntüleme sensörleri elektromanyetik spektrumunun IR bölgesinde çalışan TV kameralarına çok benzerler. Sahne bilgileri, dedektör (IR enerjisini, TV CRT monitöründe gösterilecek elektrik sinyaline dönüştürür) üstüne doğru lens tarafından odaklanır. Şekil 4.1.' de tipik IR sensörü gösterilmektedir [8].



Şekil 4.1. IR sensör [8]

Yukarıda temel olarak gösterilen yapının bu çalışmayı da konu alan bölümünü, Matlapta görüntü işleme metotları kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada genel olarak, izlenilen yöntemler ve adımlar şu şekilde özetlenebilir:

1) Renkli görüntünün gri görüntüye dönüştürülmesi,
2) Görüntünün resimlerinin belirlenmesi,
3) Arka plan, ön plan ayrımının resim farkları (frame difference) yöntemiyle belirlenmesi
4) Belirlenen nesnelerin eşikleme yöntemiyle siyah beyaz görüntüye çevrilmesi
5) Siyah beyaz görüntülerde varolan gürültüden kurtulmak için morfolojik operasyonlardan biri olan açma (morphological opening) kullanılması.
6) Elde edilen görüntünün kenar belirleme (edge detection) yöntemlerinden '**Canny**' metoduyla kenarlarının belirlenmesi,
7) Kenarları belirlenen hareketli görüntünün 'BoundingBox' metoduyla izlenmesi (tracking),
8) İzlenen hedefi çevreleyecek şekilde, sarı renkli, dikdörtgen hedef takip imlecinin çizilmesi,

9) Bu işlemler sonucunda hareketli FLIR görüntüsünde bir hedefe kilitlenerek izlenmesi,
10) Hedefin izlediği yolun gösterilmesi.

Bu yol haritası doğrultusunda, çalışmamızın temel konusu olan görüntü işleme alt başlığı altında, tezde kullanılan yöntemler ve bu yöntemlerin benzerlerine göre uygulamada tercih edilme sebeplerine bakalım.

4.1. Görüntü İşleme

Görüntü, görme ve görünüm ile ilgilidir. Cisimlerin yüzeylerine çarpan veya içlerinden geçen ışınları yansıtmaları yoluyla algılanmalarına görme denir. Söz konusu cisimlerin bu yoldan algılanabilen içeriğine görünüm denmektedir. Görünümün herhangi bir şekilde sağlanmış iki-boyutlu (2-D) çizgesi ise görüntü olarak adlandırılmaktadır. Görüntü, üç boyutlu (3-D) görünümün iki boyut üzerindeki haritası olarak da ifade edilebilir [9].

Bu tanımlar doğrultusunda, bir cismin x,y,z koordinatlarındaki bir noktasının herhangi bir t anındaki görünümünü temsil eden matematiksel ifade en genel anlamda;

$$f(x,y,z,t,\lambda) = i(x,y,z,t,\lambda)r(x,y,z,t,\lambda) \quad (4.1)$$

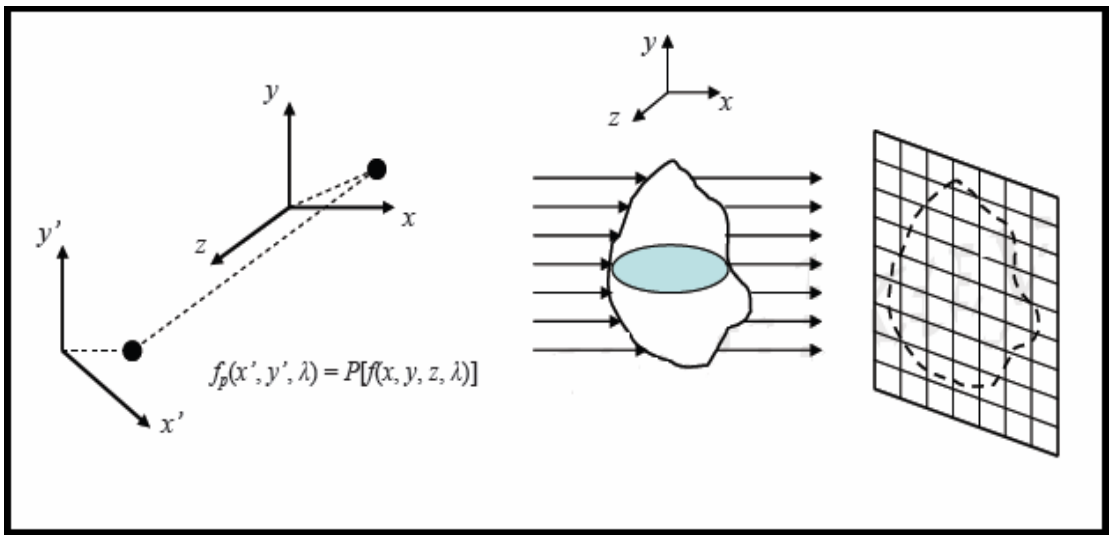
şeklinde tanımlanabilir. Burada, $i(x,y,z,t,\lambda)$ ifadesi aydınlatma (illumination) fonksiyonu olup, bir cismin (x,y,z) uzaysal koordinatlarında herhangi bir noktasına herhangi bir t anında gelen λ dalga boyuna sahip ışığı temsil etmektedir. $r(x,y,z,t,\lambda)$ ifadesi, yansıtma (reflection) fonksiyonunu temsil etmektedir. $f(x,y,z,t,\lambda)$ ifadesi ise görüntü fonksiyonu olup ışık yoğunluğu fonksiyonu olarak da adlandırılabilir [9].
(x,y,z) uzaysal koordinatlarında f 'nin genliği veya değeri, o noktada görüntünün parlaklığını veya ışık yoğunluğunu belirtir. Işık enerji biçimi olduğundan dolayı $f(x,y,z,t,\lambda)$ sıfırdan farklı ve sonlu bir değere sahip olmak durumundadır [9]. Buna göre,

$$0 \ll f(x,y,z,t,\lambda) \ll \infty \quad (4.2)$$

$$0 \ll i(x,y,z,t,\lambda) \ll \infty \quad (4.3)$$

biçiminde belirtilebilir. Yansıtma fonksiyonu için $0 \ll r(x,y,z,t,\lambda) \ll 1$ ilişkisi mevcut olup, $r(x,y,z,t,\lambda) = 0$, ışığın cisim tarafından tümüyle soğurulduğu; $r(x,y,z,t,\lambda)=1$ ise ışığın cisimden tümüyle yansıdığı durumları ifade eder [9].

Yukarıdaki ifadeler bir fotoğraf makinesi gibi görüntüleme cihazlarının çıkışında bir cismin 3-D görünümünden iki boyut üzerindeki haritası yani 2-D görüntüsü elde edilmektedir. Bu sayede (x,y,z) ile ifade edilen yeryüzü koordinatları (x', y') ile ifade edilen fotoğraf makinesi koordinatlarına geçilerek, cismin 3-D görünümünden 2-D yansımasını (projection) oluşturulur [9]. Şekil 4.2.' de 2-D görüntünün elde edilmesi ve (x,y,z) koordinatlarına yansıtılması görülmektedir.



Şekil 4.2. 2-D görüntünün elde edilmesi ve (x,y,z) koordinatlarına yansıtma (projection) [9]

2-D görüntünün fotoğraf makinesi gibi görüntüleme cihazları ile elde edilmesinde önemli olan özellik, görüntüleme cihazlarının duyarlılığı (sensitivity) ile alakalıdır. Söz konusu duyarlılık,cismi aydınlatan ışık kaynağının dalga boyu λ ile doğrudan ilgilidir. Her görüntüleme cihazı, $S(\lambda)$ ile tanımlanan bir duyarlılık fonksiyonuna

(sensitivity function) sahiptir. Bu duyarlılık fonksiyonu, görüntüleme cihazının $f_p(x', y', \lambda)$ ile ifade edilen görüntü içerisindeki dalga boylarını yakalamadaki becerisini ifade eder [9]. Bundan dolayı, S(λ) duyarlılığı ile görüntüleme cihazı tarafından elde edilen 2-D görüntü fonksiyonu

$$f(x', y') = \int f_p(x', y', \lambda)\, S(\lambda) d\lambda \qquad (4.4)$$

ile tanımlanır. Bu tanımlama, görüntüleme cihazı koordinatları (x', y')' de tutulan, yansıyan ışık miktarını belirler [9].

Genel biçimde görüntüleme, Kırmızı (Red), Mavi (Blue), Yeşil (Green) renklerle kodlanmış aynı cisme ait üç adet gri düzeyli görüntünün üst üste ekrana iletilmesi ile meydana gelir.

Renkli görüntüleri yakalayan görüntüleme cihazının; kırmızı, yeşil, mavi renklerinin dalga boylarına ayarlı duyarlılık fonksiyonları ile her biri (x', y') konumlarında olan üç algılayıcıya sahip olduğunu farz edelim [9]. Bu halde her bir algılayıcı çıkışında elde edilecek olan görüntü fonksiyonu sırasıyla,

$$f_R(x', y') = \int f_p(x', y', \lambda)\, S_R(\lambda) d\lambda \qquad (4.5)$$

$$f_G(x', y') = \int f_p(x', y', \lambda)\, S_G(\lambda) d\lambda \qquad (4.6)$$

$$f_B(x', y') = \int f_p(x', y', \lambda)\, S_B(\lambda) d\lambda \qquad (4.7)$$

olmaktadır.

Görüntü fonksiyonları, renkli bir görüntüyü göstermek için bilgisayar ekranı veya görüntüleme cihazları ile birlikte kullanılabilirler. Bu halde, üç ana rengin kırmızı, yeşil, mavi birleşimi sonucunda oluşan renkli görüntü fonksiyonu
$f_C(x', y')$ (C = R,G,B), (4.8) eşitliğindeki gibi olur [9]:

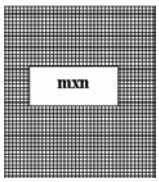
$$f_C(x', y') = \int f_p(x', y', \lambda)\, s_C(\lambda) d\lambda \quad (4.8)$$

4.1.1. Sayısal görüntü

Görüntü işleme yaşam var oldukça mevcut olmuştur. İnsanlar ve hayvanlar gözleri ile analog temele dayanan görüntü işleme yaparlar. Bu olay beyin yardımı ile (akıllı sistem) on-line, paralel ve çok spektrumlu (multispektral) bir şekilde oluşur [10].

Resimlerin bilgisayar ortamında kullanılabilmesi için veri formatlarının bilgisayar ortamına uygun hale getirilmeleri gerekir. Bu dönüşüm işlemine sayısallaştırma (digitizing) denir. Bir resmin sayısal forma dönüştürülmesi çeşitli şekillerde yapmak mümkündür. Analog/Sayısal dönüşümü kullanılarak resmin sayısal hale dönüştürüldüğü sistemler (Frame-Grapper), uzaktan algılamada uçak ya da uydulara yerleştirilen çok kanallı tarayıcılar örnek olarak verilebilir [11].

Sayısal bir resim ,analog bir sinyalin sayısal bir sinyale dönüştürülmesi ile elde edilir. Bu da cisim tarafından yayılan enerjinin (analog sinyal) bir algılayıcı tarafından öngörülen elektromanyetik aralıkta algılanarak sayısal sinyal haline dönüştürülmesi ile mümkün olmaktadır. Bir görüntünün temel bileşeni piksel-resim elemanıdır (pixel-picture element). Bu sebeple görüntü deyince Şekil 4.3.' de görüldüğü üzere mxn boyutlu piksellerden oluşan bir matris düşünülebilir [12].



Şekil 4.3. Pikseller [12].

Bir pikselin, radyometrik ve geometrik olmak üzere iki temel özelliği vardır. Radyometrik özelliği, pikselin algılandığı elekromanyetik spektrumdaki gri değeri, geometrik özelliği ise pikselin görüntü matrisinde sahip olduğu matris koordinatlarını

verir. Bir resmin sayısallaştırılmasını açıklamak için öncelikle Siyah-Beyaz resim göz önüne alınır. Siyah-Beyaz resim iki gri değerden oluşan bir resimdir. Bu görüntüde her bir piksel ya siyah ya da beyaz görülür. Burada sembolik olarak beyaz pikseller 1, siyah pikseller 0 değeri ile gösterilmektedir. Şekil 4.4.' de görüntüye ait piksellerin 0 ve 1 kodlanmış biçimleri görülebilir. 0 ve 1 biçiminde kodlanmış piksellerden oluşan bu görüntülere *ikili görüntü (binary image)* adı verilir [12].

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Şekil 4.4. İkili görüntü [12].

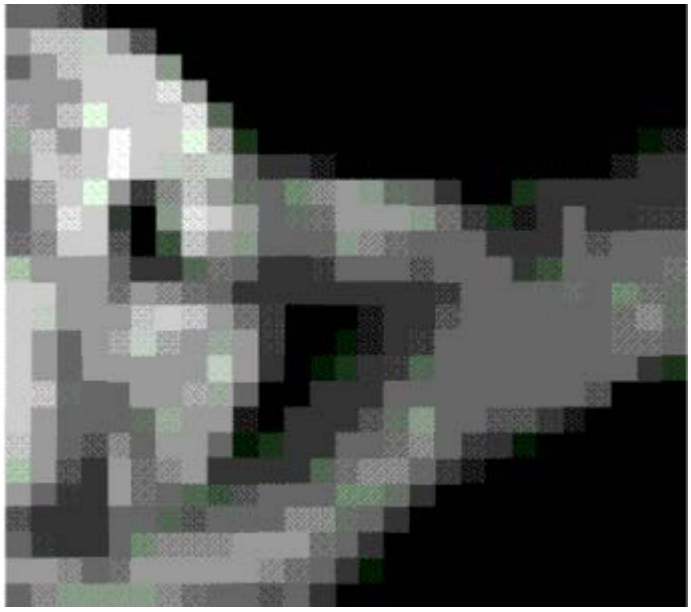
Bir görüntü büyütüldükçe görüntüdeki detayları fark edebilmek zorlaşmaktadır. Bu durum Şekil 4.5. - Şekil 4.10., arasında görülmektedir.



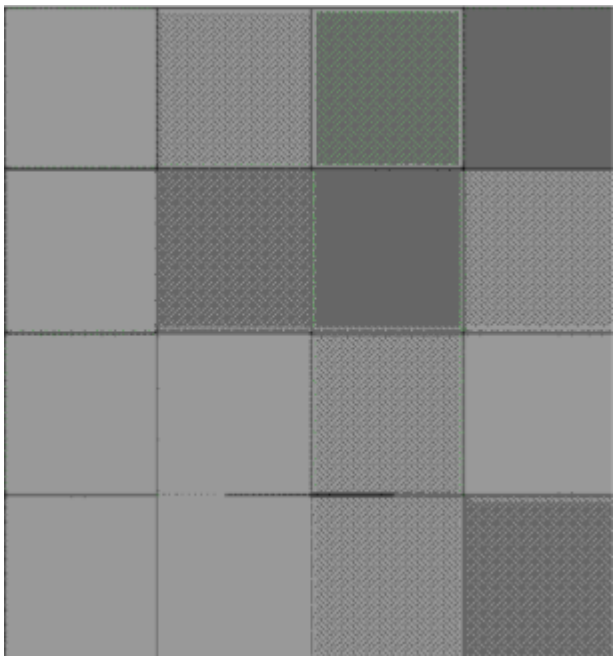
Şekil 4.5. Orijinal görüntü [12]



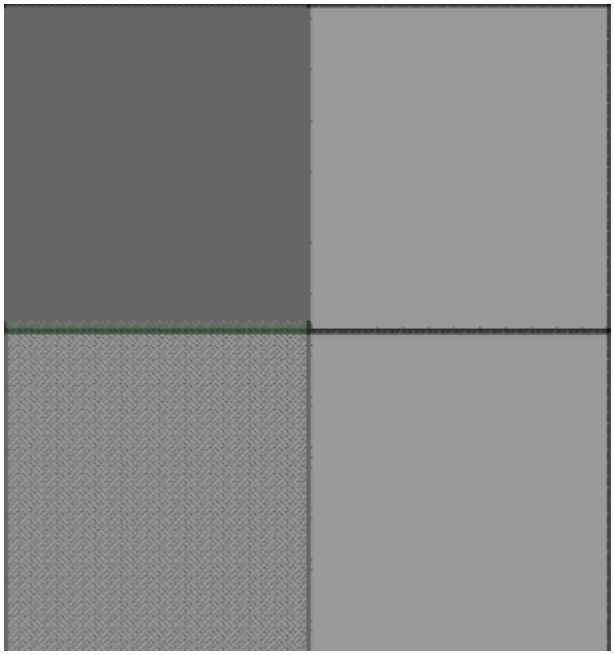
Şekil 4.6. Birinci büyütme [12]



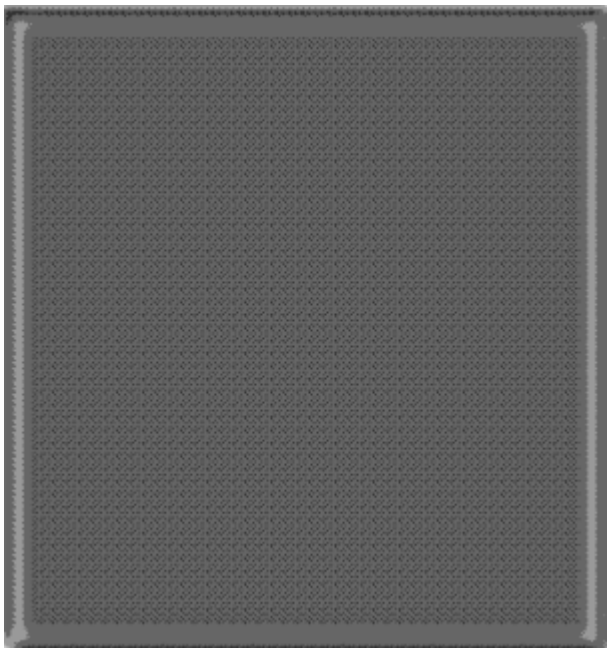
Şekil 4.7. İkinci büyütme [12]



Şekil 4.8. Üçüncü büyütme [12]



Şekil 4.9. Dördüncü büyütme [12]

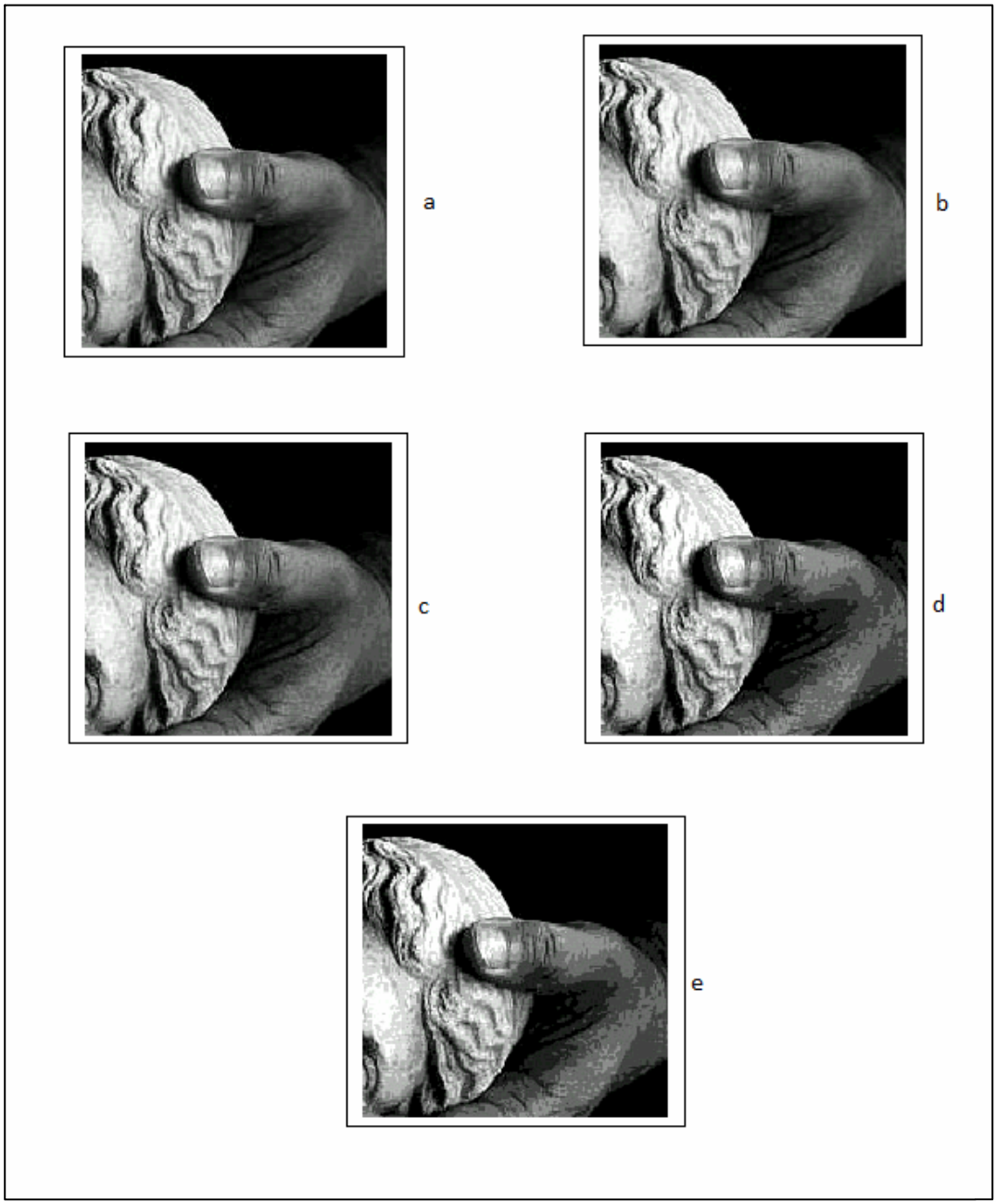


Şekil 4.10. Tek piksel [12]

Şekil 4.5. orijinal görüntü olmak üzere bir görüntüyü büyütmeye başladığımızda en son Şekil 4.10' u elde ederiz. Şekillerdeki görüntüler ile ikili görüntü arasındaki temel farklılık her pikselin gri değerinin farklı olmasıdır. Oysa ikili görüntüde pikseller 0 veya 1 değeri alabiliyorlar. Yani, ya siyah ya da beyaz olabiliyorlar. O halde gri değerlerin farklı olmasının nedeni sorgulanabilir [12].

Gri tonlu görüntülerde; görüntü farklı gri ton değerlerinden oluşmaktadır. Gri değer aralıkları: G={0,1,2, ……...,255} şeklindedir. Bunun anlamı, bir gri tonlu görüntüde 256 tane farklı gri ton değeri, daha doğrusu gri değer bulunabilir. Buradaki toplam 256 gri değer bir byte olarak tanımlanır (1 Byte=8 Bit ve 2^8=256) [11].

0 gri değeri kural olarak siyah renge, 255 gri değeri ise beyaza karşılık gelir. Bu değerler arasında ise gri tonlar oluşur. Şekil 4.5.' de verilen orijinal resmin gri değer düzeyi 255, aşağıdaki test görüntüleri sırası ile Şekil 4.11 de a)64, b) 32, c)16, d) 8 , e) 4 gri değer düzeyi ile oluşturulmuştur. Bunun anlamı, a) görüntüsünde 0-255 arasındaki gri değer düzeyleri orijinal görüntünün ¼' ü kadardır. Ya da e) görüntüsü ele alınacak olursa, orijinal görüntüde her 64 gri değer düzeyine e) görüntüsünde bir gri değer düşmektedir. Bu kriterler görüntünün kalitesini etkileyen faktörlerdir [12].



Şekil 4.11. Gri değer düzeyi [12]

4.1.2. Sayısal görüntünün elde edilmesi

Görüntü fonksiyonu $f_c(x', y')$, belirli bir aralıkta sürekli değişen $x' \in [x'_{min}, x'_{max}]$ ve $y' \in [y'_{min}, y'_{max}]$ değişkenlerinin bir fonksiyonudur. Görüntü fonksiyonu, $f_c(x', y') \in [f_{min}, f_{max}]$ olacak şekilde f_{min}- f_{max} aralığında sürekli değişen reel sayılar almaktadır. Sonuçta $f_c(x', y')$ sürekli fonksiyon olup, analog görüntüyü temsil etmektedir. Sayısal bilgisayarlar, sürekli fonksiyonları işleyemezler. Analog görüntülerin bilgisayar ortamında işlenebilmesi için sayısallaştırılmaları gerekmektedir. Sayısallaştırma için ilk olarak örnekleme daha sonra nicemleme (kuantalama) yapılmaktadır. $f_c(x', y')$' nin bilgisayar ortamında işlenebilmesi için hem konumsal hem de genlikte sayısallaştırılması gerekir. Görüntü fonksiyonuna ilişkin (x', y') uzaysal koordinatların sayısallaştırılması, görüntü örnekleme olarak adlandırılırken; $f_c(x', y')$'nin genlik değerlerinin sayısallaştırılması görüntü nicemleme olarak isimlendirilir [9].

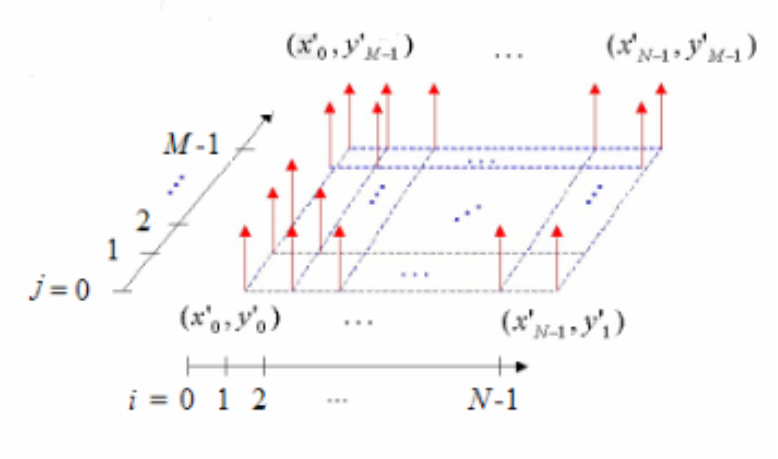
Görüntü örnekleme

Sürekli bir görüntü fonksiyonuna eşit aralıklarla x'-ekseni boyunca N örnek ve y'-ekseni boyunca M örnek alınarak yaklaşılır. Bu sayede, sürekli-zamanlı görüntü fonksiyonundan ayrık-zamanlı görüntü fonksiyonuna geçiş gerçekleşir ve 2-D ayrık-zamanda yatayda N ve düşeyde M örnekten oluşan toplam N × M sonlu örnek değeri ile analog bir görüntü yaklaşık olarak ifade edilir. Bu işlem, analog görüntü fonksiyonunun düzgün örneklenmesine karşı düşmektedir. Düzgün örnekleme, analog görüntüden hem yatay hem de düşey yönde düzgün aralıklarla örneklerin alınması ile yapılır. Buna göre, sürekli-zamanlı bir görüntü fonksiyonundan ayrık zamanlı görüntü fonksiyonu matematiksel olarak,

$$f_c(x'_i, y'_i) = f_c(x', y') \text{ comb}((x', y')) \qquad (4.9)$$

ile bulunur, bu işlem neticesinde bilgi kaybı ortaya çıkabilir. Burada, i= 0,1,…,N-1,…,M-1 olup ayrık zamanlı görüntü fonksiyonunun değerlerinin bulunduğu indisleri

belirtir. comb((x', y')) ise, aşağıdaki şekilde verilen düzgün örnekleme için kullanılan tarak fonksiyonunu temsil eder [9].



Şekil 4.12. Analog Görüntü Fonksiyonunun Düzgün Örneklenmesi için Kullanılan Tarak Fonksiyon Gösterimi [9]

Şekil 4.12. de görüldüğü üzere tarak fonksiyonu kaydırılmış impulsların toplamından oluşur.

$$\text{comb}(x', y') = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} \delta(x' - i, y' - j) \quad (4.10)$$

biçiminde belirtilir. Yukarıdaki formüler kullanılarak ayrık değerler üzerinden $f_C(i,j)$ ile temsil edilen yeni bir görüntü fonksiyonu elde edilebilir [9].

Görüntü nicemleme

Örnekleme işlemi neticesinde sürekli-zamanlı görüntü fonksiyonun belirli alanlardaki değerleri elde edilir, bu değerler ayrık görüntü fonksiyonuna karşı düşer. Ayrık görüntü fonksiyonunun bilgisayarın anladığı ikili sayılarla (0 ve 1) kodlanabilmesi için işleme tabi tutulması gerekmektedir. Ayrık görüntü fonksiyonu $f_C(i,j)$' nin genlik değerleri $f_C(i,j) \in [f_{min}, f_{max}]$ olmak üzere belirli bir aralıkta

değişim gösterir. Nicemleme işlemi, ayrık görüntü işaretinin en küçük ve en büyük genlik değerleri aralığını basamaklara ayırarak ilgili basamak değerine en yakın olan görüntü işareti değerlerini basamak değeri olarak tayin etme işlemi olarak ifade edilir. Bu işlem sonucunda, ikili sayılarla temsil edilebilen sayısal bir görüntü işareti elde edilir. Bu işaret $\hat{f}(i,j)$ ile gösterilir [9].

Örnekleme ve nicemleme işlemi, birlikte gerçekleştirildikten sonra elde edilen sayısal görüntü, belli bir aralıktaki pozitif tamsayı değerlerinin dikdörtgen şeklindeki ızgaralardan oluşmuş bir dizi halidir. Yani sayısal görüntü, bileşenleri pozitif tamsayı değerlerinden oluşmuş 2-D' lu matris yapısından meydana gelmektedir [9]. Bu sayısal matrisin her bir elemanına piksel denilmektedir. Piksel, sayısal bir görüntüyü oluşturan en küçük eleman olup, bir pikselin sahip olduğu değer ile ilgili görüntü elemanının parlaklık şiddetini belirtir. Parlaklık şiddeti ile ilgili olan pozitif tamsayı değeri, nicemleme ile tespit edilir [9].

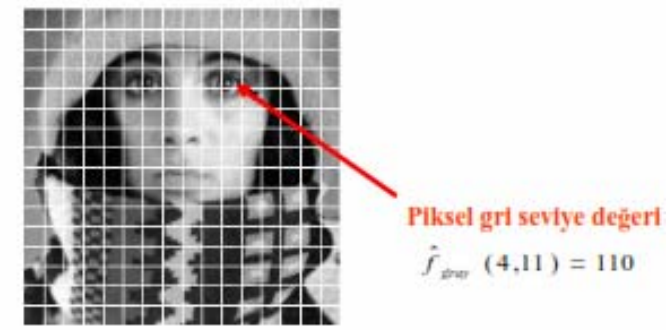
Sayısal görüntünün parlaklık değeri

Sayısallaştırma işlemi, görüntü boyutlarının ve her bir pikselin sahip olabileceği parlaklık değerini gerektirir. Uygulamada genel olarak bu büyüklükler;

$$N = 2^k, \qquad M = 2^l, \qquad G = 2^m$$

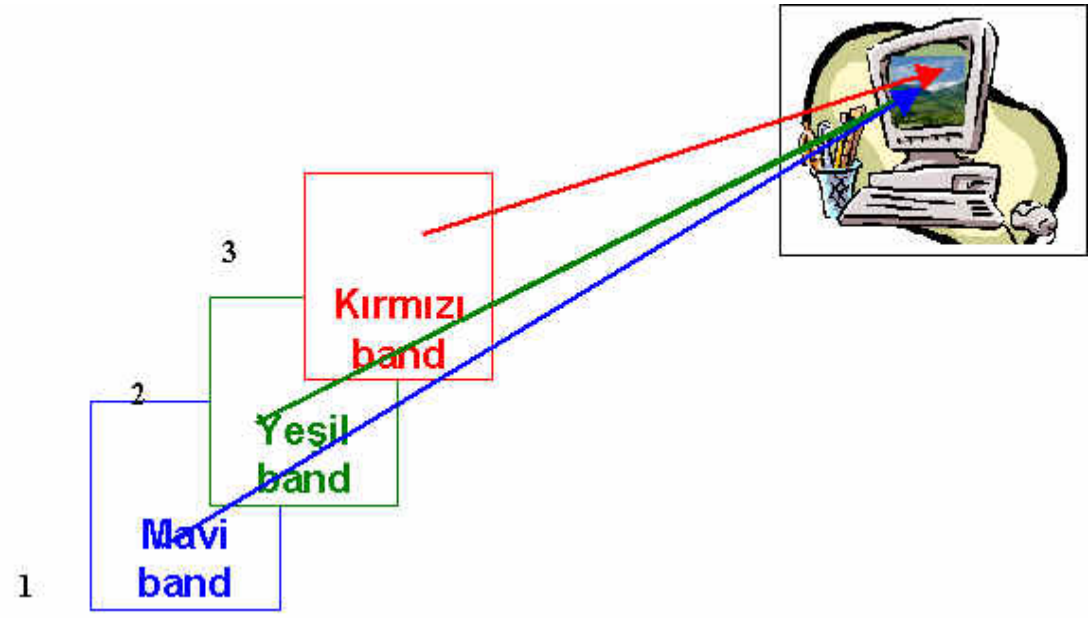
biçiminde hesapsal kolaylık için ikinin katları olacak şekilde seçilirler. Burada *k, l,* ve *m* pozitif tamsayı değerleri olup, *G* parlaklık değerlerinin sayısını ifade etmektedir. Sayısal görüntünün her bir pikselinin sahip olduğu parlaklık değerleri *gri seviyeler* olarak adlandırılır [9]. Genellikle uygulamalarda *m = 8* bit ile kodlanır. Dolayısıyla $G=2^8=256$ farklı gri ton değeri oluşur.

Örnek olarak Şekil 4.13.' de sürekli-zamanlı gri-ton bir görüntünün sayısallaştırılmış hali görülmektedir. *(i,j)=(4,11)* koordinatlarındaki gri seviye değerlerinin 110 olduğu gözlenmiştir [9].



Şekil 4.13. Sürekli-Zamanlı gri-ton bir görüntünün sayısallaştırılmış hali [9]

Renkli görüntüler bilgisayar ekranlarında 24 bit' lik veri olarak görüntülenmektedir. Görüntüleme R (Kırmızı), G (Yeşil), B (Mavi) kodlanmış aynı cisme ait üç adet gri düzeyli görüntünün üst üstle ekrana iletilmesi ile oluşmaktadır. Elde edilen üç gri düzeyli görüntü bilgisayar ekranında sırası ile kırmızı-yeşil-mavi kombinasyonunda üst üste düşürülerek renkli görüntü Şekil 4.14.' de elde edilmiş olur [12].



Şekil 4.14. Renkli Görüntü Elde Edilmesi [12]

Renkli görüntü kavramı; 1. band bir anlamda kırmızı filtrelenmiş, başka bir deyişle orijinal görüntüdeki gri değerler kırmızının tonları şeklinde ifade edilmiş, benzer şekilde 2. ve 3. bandlar da yeşilin ve mavinin tonları şeklinde ifade edilip üstüste çakıştırılmış ve oluşan renk karışımından da doğal renkler elde edilmiştir.

Şekil 4.15.’ de doğal renkli görüntü verilmiştir. Burada görüntü RGB dir ve band kombinasyonu 3-2-1 biçimindedir [12].



Şekil 4.15. Doğal Renkli Görüntü [12]

Şekil 4.16.’ da aynı görüntü, fakat RGB band kombinasyonları 1-2-3 ve 2-1-3 şeklinde sıralanmıştır.



Şekil 4.16. Doğal renkli görüntüler [12]

RGB gösterimde band kombinasyonlarını değiştirince renklerin de değiştiği görülmektedir. Çünkü doğal renkli görüntüde:

3. band R,

2. band G,

1.band B

şeklinde tanımlanmıştır. Oysa Şekil 4.16. da soldaki görüntüde:

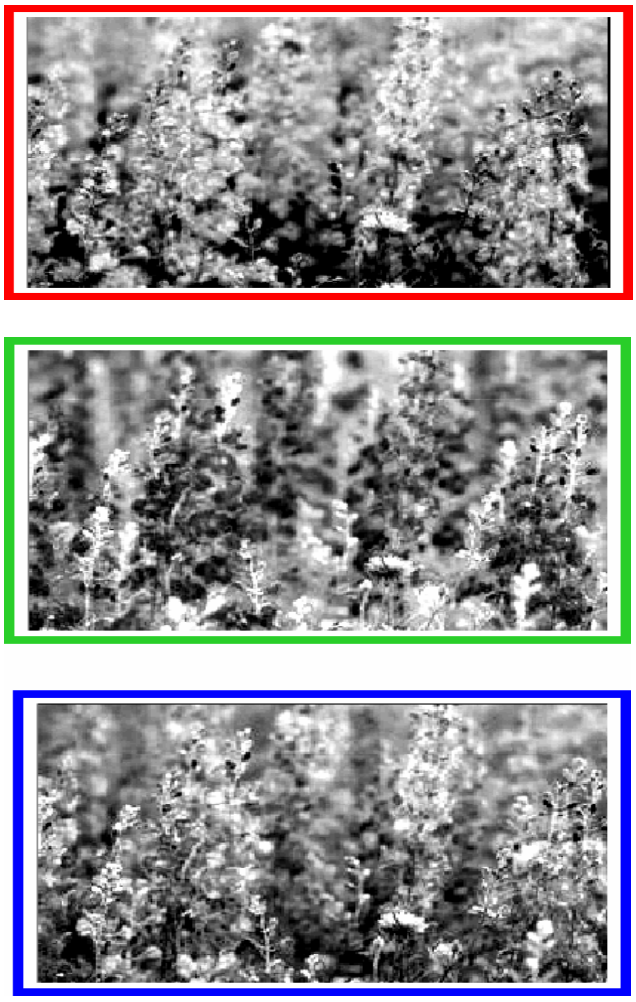
1. band R,
2. band G,
3. band B,

aynı şekilde Şekil 4.16. da soldaki görüntüde:

2. band R,
1. band G,
3. band B,

şeklinde belirtilmiştir. Bu şekilde oluşan görüntülere yapay renkli görüntüler ismi verilmektedir.

Şekil 4.17.' de doğal renkli bir görüntüye ait R-G-B bandları ayrı ayrı gösterilmektedir [12]:



Şekil 4.17. Doğal renkli görüntüye ait renk bantları [12]

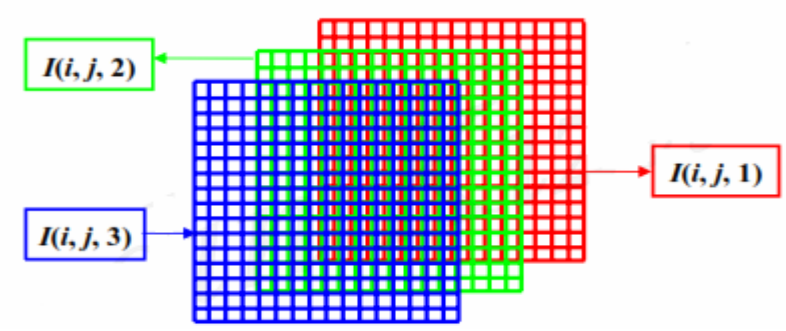
Görüldüğü gibi her banda ait dalga boyu aralığının farklı olmasıdan dolayı her banda ait gri düzeyli görüntüde gri değerler de farklıdır. Renkli görüntüler bilgisayarlarda gri düzeyli görüntülere göre daha fazla yer kaplamaktadırlar. Örneğin 8 bitlik 1640x1640 pikselden oluşan bir görüntü, bilgisayarda; 1640x1640=2689600 byte = 2689600/1024=2626.56 KB = 2626.56/1024 = 2.56 MB yer kaplar. Eğer bu görüntü renkli olsa idi, üç band olacağından 3x2.56=7.12MB yer kaplar [12].

Matris olarak düşünüldüğünde doğal renkli 2-D bir RGB görüntü, aşağıdaki gibi her biri (N×M) büyüklüklü üç matrisin (gridin) bileşimidir ve matris gösteriminden *{I(i,j) | i= 1.2…., N; j = 1, 2, …, M; k = 1, 2, 3}* biçiminde gösterilir. Genel olarak bu matrislerin her biri, pikselleri 256 gri seviyeden birine sahip olan gri-ton görüntüyü temsil eder [9].

I(i, j, 1); i = 1, 2, …,N, j = 1, 2, …, M Kırmızı banda ilişkin matris,

I(i, j, 2); i = 1, 2, …,N, j = 1, 2, …, M Yeşil banda ilişkin matris,

I(i, j, 3); i = 1, 2, …,N, j = 1, 2, …, M Mavi banda ilişkin matris,



Şekil 4.18. Pikselde renklerin temsili [9]

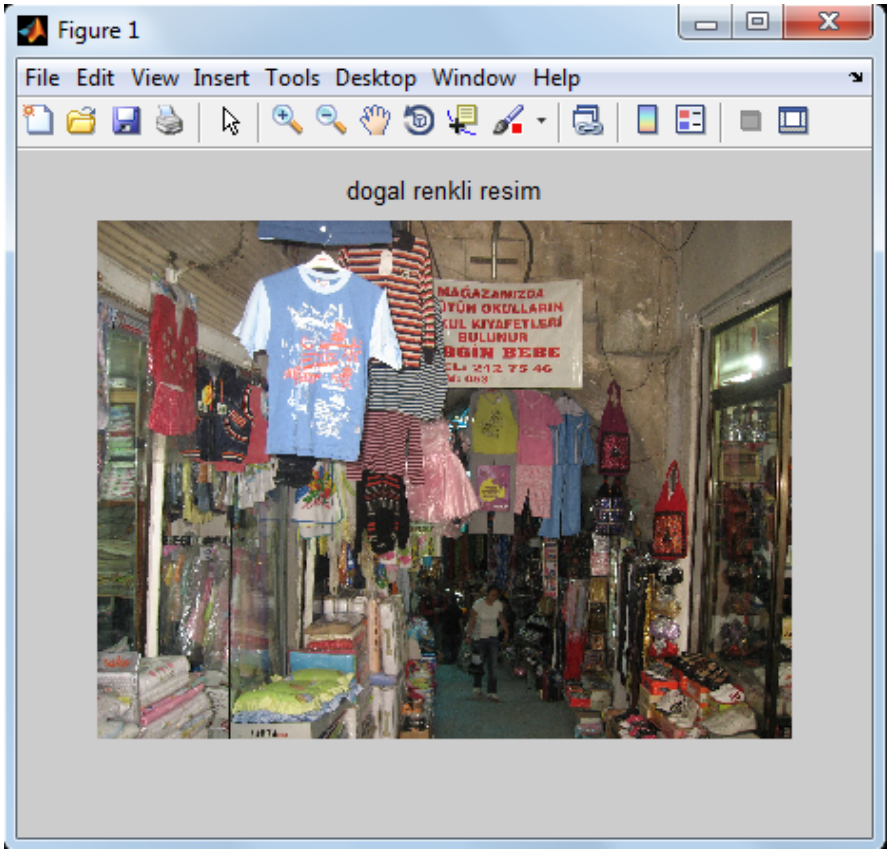
Renkli görüntüden gri-ton görüntünün elde edilmesi

Renkli sayısal bir görüntüyü gri-ton bir görüntüye çevirme işlemi, RGB renk modelinde belirtilen her bir renk bandına karşı düşen gri-ton görüntülerin ölçeklendirilmesidir. Bu anlamda renkli görüntünün parlaklık değerine sadık kalarak yapılan ölçeklendirme işlemi,

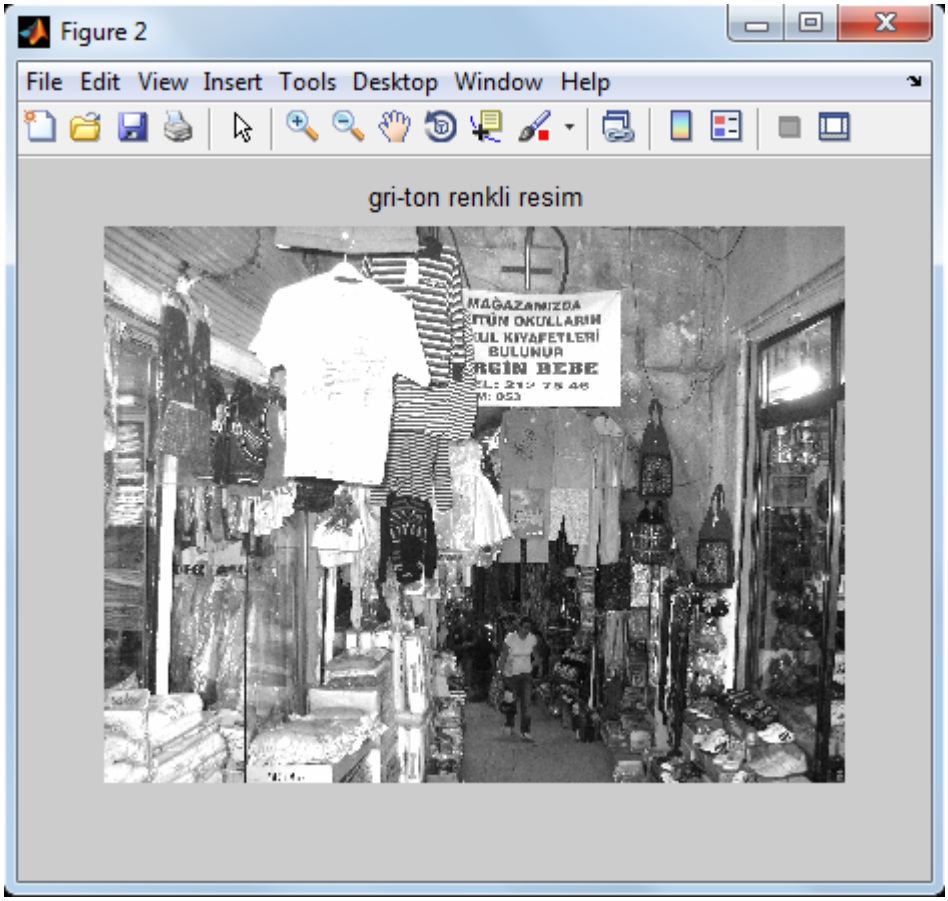
Gri = 0.220. I(i, j,1) + 0.500. I(i, j, 2) + 0.80. I(i, j, 3) ile verilir. Matlab kullanılarak

```
I =imread('resim.png');
figure(1),imshow(I)
title('dogal renkli resim')
R=I(:,:,1);G=I(:,:,2);B = I(:,:,3)
gri=0.220*R+0.500*G+0.80*B;
figure(2),imshow(gri)
title(' gri-ton renkli resim')
```

Şekil 4.19. ve Şekil 4.20. görüntüleri elde edilir.



Şekil 4.19. Doğal renkli resim



Şekil 4.20. Gri-ton renkli resim

Görüntü işlemedeki ilk adım, sayısal görüntü elde edilme işlemidir. Görüntüyü gerçek dünyadan bir film tabakasına veya bir hafıza birimine bağlamamızı sağlayan, resim alıcı cihazlardır [9]. Bu çalışma için, gerçek hayatta da kullanılan hareketli veya sabit görüntü alıcı veya görüntü kaydedici olarak FLIR infrared görüntüleri kullanılmıştır. Bu cihaz video kamera gibidir. Analog görüntüler sayısal görüntülere dönüştürüldükten sonra eğer gerekiyorsa ön işlemeye tabi tutulurlar yani görüntü üzerinde onarma, sıkıştırma veya iyileştirme işlemleri yapılır. Bu işlemlere düşük seviyeli görüntü işleme denilmektedir [9].

Bu işlemin devamında, bölütleme (segmentation) işlemi gelmektedir. Bölütleme, bir görüntüdeki cismin sınırları, şekli veya o cismin alanları gibi ham bilgileri üretir. Eğer nesnelerin şekilleriyle ilgileniyorsak, bölütleme bize o nesnenin kenarları, köşeleri ve sınırları hakkında bilgiler vermektedir. Bu çalışmada bölütleme

yönteminden yararlanarak birinci veri kümesi için hareketli hedefin (helikopter) kenarlarını belirlemek (Edge Detection) için '*Canny*' metodu kullanılmıştır.

Diğer yandan görüntü içerisindeki nesnelerin yüzey kaplaması, alanı, renkleri iskeleti gibi iç özellikleriyle ilgileniliyorsa bölgesel bölütleme yapılması gerekmektedir [9]. Ayrıca daha iyi görüntü elde edebilmek için sayısal görüntü üzerinde çeşitli filtreleme yöntemleri uygulanabilir.

Görüntüde filtreleme

Filtreler görüntü zenginleştirme amacı ile de uygulanan, isminden de anlaşılacağı gibi görüntüde belirli ayrıntıların ayıklanması ya da daha belirgin hale getirilmesi vb. gibi operasyonları gerçekleştiren operatörlerdir.

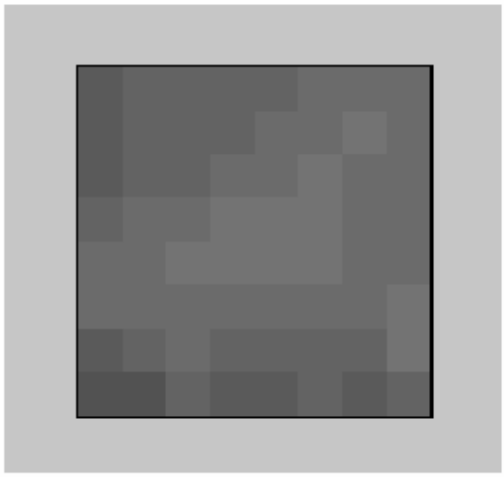
Farklı amaçlar için farklı filtreleme operatörleri vardır.

- Kenar keskinleştirme,
- Kenar yakalama,
- Görüntü yumuşatma

bunlardan bir kaçıdır.

Bilindik görüntüyü oluşturan pikseller, konumları ve gri değerleri ile tanımlanabilirler. Daha doğrusu bir görüntü matris formuna sahiptir. Şekil 4.21.' de 8x8' lik bir görüntüyü oluşturan piksellerin gri değerleri görülebilir[12].

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	92	97	101	101	102	105	108	107
1	93	96	98	101	106	111	112	109
2	92	96	101	104	109	112	110	106
3	101	104	111	113	116	116	110	104
4	110	110	113	113	116	117	110	106
5	105	106	111	107	104	107	107	113
6	93	98	107	102	96	99	102	113
7	85	87	96	95	94	97	94	99



Şekil 4.21. 8x8 ‘lik Piksel gri değer seviyeleri [12]

Filtreler çekirdek matris formunda olup ve boyutları 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, 11x11 şeklinde olabilmektedir. Filtre matrisi istenen amaca yönelik olarak görüntüde işleme alınabilir.

Çizelge 4.1. Filtre Matrisi [12]

0	**-1**	**0**
-1	**5**	**-1**
0	**-1**	**0**

Örneğin Şekil 4.21.’ deki yukardaki filtre matrisi ile görüntüyü filtrelediğimizde bu matrisi tüm görüntü üzerinde çizelge 4.1’ de olduğu gibi 3x3 lük pikseller şeklinde uygulayabiliriz.

Çizelge 4.2. Pikseldeki komşuluk ilişkisi [12]

i-1, j-1	i, j-1	İ+1, j-1
i-1, j	i, j	i+1, j
i-1, j+1	i, j+1	i+1, j+1

Bir görüntüde i,j pikselin komşuluk ilişkisi Çizelge 4.2.' de verilmiştir. Buna göre yukarıdaki örnek filtre matrisini uygularsak:

$g'(i,j)=(-1*g_{i,j-1})+(-1* g_{i-1,j})+(5* g_{i,j})+(-1* g_{i+1,j})+(-1* g_{i,j+1})$ olur.

Örneğin 1,1 koordinatlı pikselin filtrelenmiş değeri bulmak istenirse:

$g'_{1,1}$=-97-93+5*96-98-96=96 olur.

benzer şekilde $g'_{4,5}$ in filtrelenmiş değeri bulmak istenirse:

$g'_{4,5}$=-116-116+5*117-110-107=136 olarak elde edilir.

Tüm pikseller bu şekilde işleme alınarak filtreleme yapılır. Açıkça görüldüğü gibi filtrelenen görüntüde iki satır ve iki sütunluk veri kaybı vardır.

Yani $g_{0,0}$, ... $g_{0,7}$ satırı,

$g_{0,0}$, ... $g_{7,0}$ sütunu,

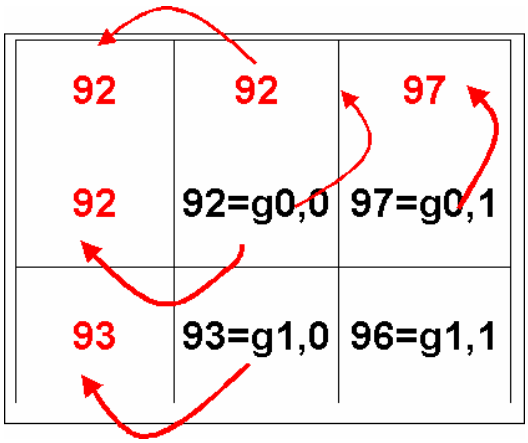
$g_{0,7}$, ... $g_{7,7}$ sütunu,

$g_{7,0}$, ... $g_{0,7}$ satırı

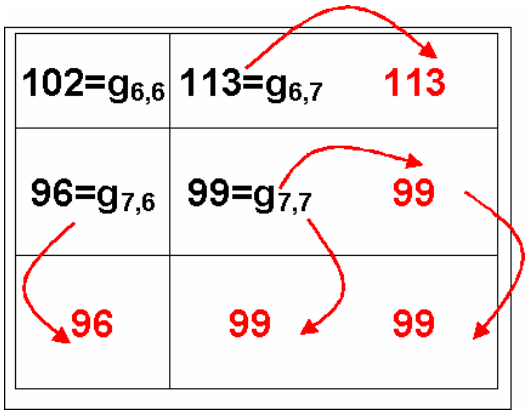
filtreleme işlemine tabi tutulmaz. Çünkü $g_{0,0-1}$ pikseli veya $g_{0-1,0}$ pikseli söz konusu değildir. Bu piksellerin de filtrelemeye katılması için çevre piksellerden yararlanılır

[12]. Örneğin $g_{0,0}$ ve $g_{7,7}$ piksellerinin komşuları Çizelge 4.3.' de olduğu gibi oluşturulur.

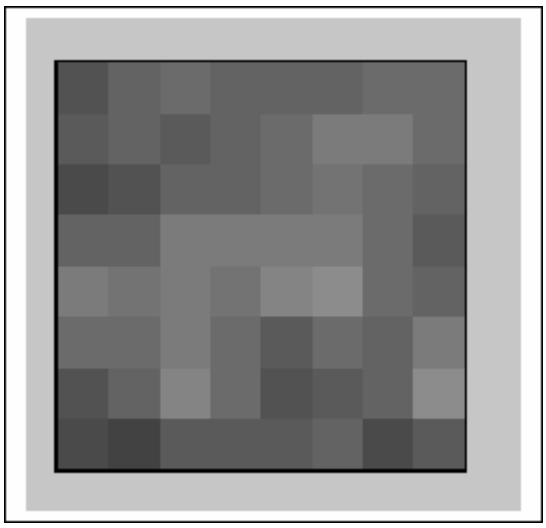
Çizelge 4.3. $\mathbf{g_{0,0}}$ Pikselinin Komşuları [12]



Çizelge 4.4. $\mathbf{g_{7,7}}$ Pikselinin Komşuları [12]



Son olarak filtrelenmiş pikselin şekli Şekil 4.21.' de görülebilir.



Şekil 4.22. Örnek görüntünün filtrelenmiş hali [12]

Görüntüde yumuşatma

Görüntü yumuşatma operatörleri:

- Görüntüdeki gürültünün yok edilmesi veya indirgenmesinde kullanılırlar. Eğer görüntüde mevcut gürültü yüksek frekansta ise alçak geçirgenli filtre (low-pass filter) ile indirgenebilir [13].
- Çözünürlüğün indirgenmesi işleminde kullanılırlar. Eğer görüntünün çözünürlüğü çok yüksek ise ön görüntüleme işlemleri için tüm çözünürlüğe gereksinim duyulmamaktadır [13].

Averaj operatörü :

$$h = \frac{1}{(2N+1)(2M+1)} \begin{bmatrix} 111 & \cdots & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 111 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \tag{4.11}$$

$$g_s(x,y)=\sum_{i=-N}^{N-1}\sum_{j=-M}^{M-1} g_{0s}(x-i, y-j)h(i,j) \quad (4.12)$$

Burada N ve M görüntünün boyutunu belirler. Yumuşatılmış g_s görüntüsü orijinal görüntünün katlamasından (convolving) elde edilmektedir. Genelde N=M alınmaktadır. Bazı durumlarda yukarıda verilen filtre katsayıları değiştirilebilir. Aşağıda buna bir örnek verilmiştir [14].

Katlama (Convolution Filtering): Katlama filtreleme bir görüntünün mekansal frekans karakteristiğinin değiştirilmesinde kullanılır. Filtre çekirdeği kullanılarak filtreleme işlemi yapılır. Filtreleme sonucu:

$\mathbf{g_{filtrelenmiş}}$=(-1x8)+(-1x6)+(-1x6)+(-1x2)+(16*8)+(-1x6)+(-1*2)+(-1*2)+(-1*8)=**11**

Eğer yukarıdaki 5x5 lik görüntü 2x2 lik piksel seti şeklinde katlanacak olursa sonuç Çizelge 4.5.' deki gibi olur [12].

Çizelge 4.5. Katlanmış piksel [12]

	1	2	3	4	5
1	2	8	6	6	6
2	2	11	5	6	6
3	2	0	11	6	6
4	2	2	2	8	6
5	2	2	2	2	8

Katlamanın genel ifadesi;

$$g' = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\sum_{j=1}^{n} f_{ij}g_{ij})}{F} \quad (4.13)$$

olarak verilir [12]:. Burada;

f_{ij} ; katlama çekirdeğinin(filtre matrisinin) katsayısı,

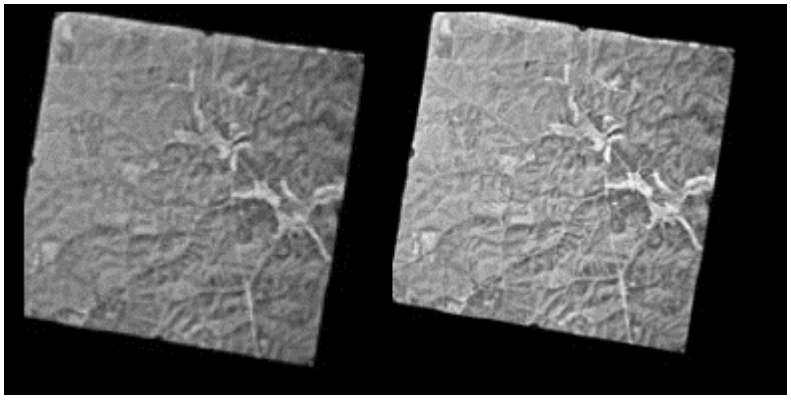
g_{ij} ; piksel gri değeri,

n ; filtreleme matrisinin boyutları (örn 3x3,5x5,7x7),

g_{ij} ; filtreleme matrisinin elemanları toplamı,

Şekil 4.23.' de çeşitli katlama filtreleri verilmiştir.

$$h = \frac{1}{(2N+1)(2M+1)} \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 \dots 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \dots \dots 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 \dots \dots 1 & 0.5 \\ 0.5. \dots 05 \dots & 05 \dots & 0.5 \end{bmatrix} \quad (4.14)$$



Şekil 4.23. Katlama Filtreleri [12]

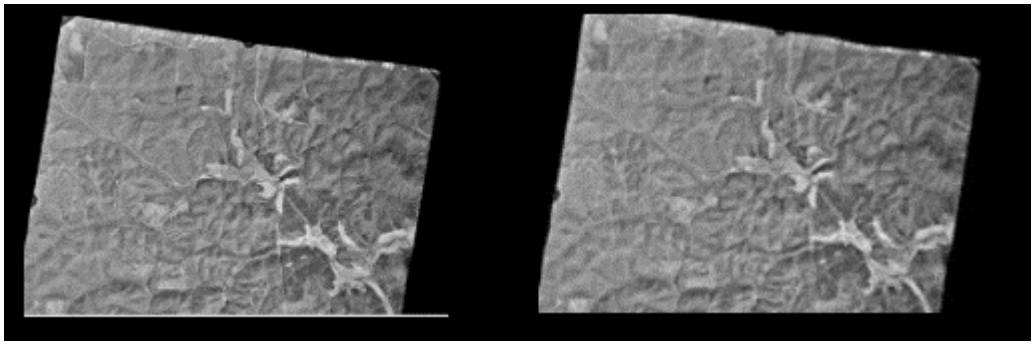
Gaussian filtre :

Gaussian filtreleme bir Fourier dönüşümüdür. Sadece Gauss çan eğrisi formu ile Gaussian filtreleme olarak adlandırılmaktadır. Gauss filtre ile sonsuz bir transfer fonksiyonuna karşılık mekansal alanda sonlu bir pencerede filtreleme yapılabilmektedir. Bu da filtrelemenin temel problemini daha kolay çözülebilir hale getirmektedir [14].

Gauss Yumuşatmasının Avantajları:

$$e^{\frac{x^2+y^2}{-2\sigma^2}} = e^{\frac{x^2}{-2\sigma^2}} * e^{\frac{y^2}{-2\sigma^2}} \quad (4.15)$$

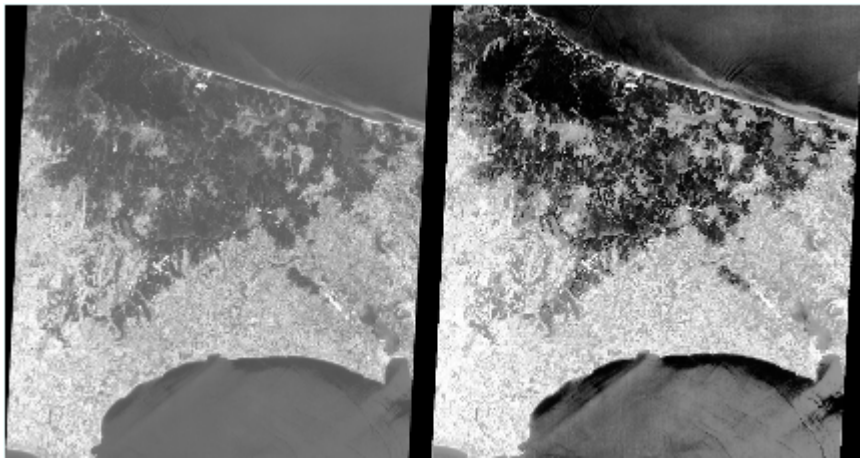
Yukarıdaki formüle göre [15], filtreleme önce yatay, ardından çıkan sonuçla düşey eksende yapılabilir. Şekil 4.24.' de yumuşatılmış görüntü görülmektedir. Sağdaki görüntü orijinal, soldaki görüntü yumuşatılmış görüntü halidir [12].



Şekil 4.24. Yumuşatılmış görüntü [12]

Görüntüde keskinleştirme

Keskinleştirme operatörleri görüntüdeki küçük detayların (yüksek frekanslı bileşenler), köşelerin daha belirgin hale getirilebilmesi işleminde kullanılırlar. Şekil 4.25. ' de sağdaki görüntü keskinleştirilmiştir [12].



Şekil 4.25. Keskinleştirilmiş görüntü [12]

Fark operatörleri :

Fark operatörlerinin temel işlevi görüntüdeki değişimlerin belirlenmesidir. Formül eşitlik (4.16) da görülebilir [12].

$$\frac{\Delta f(x,y)}{\Delta x} = \frac{f(x+1,y)-f(x,y)}{(x+1)-x} = f(x+1,y)-f(x,y)$$
$$\frac{\Delta f(x,y)}{\Delta y} = \frac{f(x,y+1)-f(x,y)}{(y+1)-y} = f(x,y+1)-f(x,y) \qquad (4.16)$$

Görüntü gradyenti :

f(x,y) sürekli fonksiyonun gradyenti bir vektördür ve vektörün büyüklüğü vektörün doğrultusu boyunca her bir birimdeki değişikliğin büyüklüğünü ifade etmektedir.

$$|grad\,[f(x,y)]| = [(\partial f/\partial x)^2 + (\partial f/\partial y)^2]^{1/2} \qquad (4.17)$$

Gradyent operatör penceresi aşağıdaki gibi belirtilir.

$$G_x = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad G_y = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

Gradyent operatörleri gürültüye karşı hassastır. Bu etkinin giderilmesi için farklı doğrultularda matrisler tanımlanır[12]. Sobel ve Laplace operatörleri sıkça kullanılan iki operatördür.

Sobel operatörü :

$$S_x = \begin{vmatrix} 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{vmatrix} \qquad S_y = \begin{vmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{vmatrix}$$

x ve y yönünde filtre yapılarak uygulanır

Bir gradyent görüntütün görüntülenmesi için en iyi yol yeni eşik değeri seçilmesidir. Böylelikle büyük gradyentler girilmiş olur [12].

Laplace operatörü :

Sobel operatörü yatay ve düşey yönde keskinlikleri yakalarken, Laplace operatörü her yöndeki keskinleştirme yapmaya yardımcı olmaktadır.

$$\nabla^2 = (\partial^2 f(x,y) / \partial x^2) + (\partial^2 f(x,y) / \partial y^2)$$

$$\nabla_x^2 = [f(x+1,y) - f(x,y)] - [f(x,y)-f(x-1,y)] = [f(x+1,y) - 2f(x,y) + f(x-1,y)]$$

$$\nabla_y^2 = [f(x,y+1) - f(x,y)] - [f(x,y)-f(x,y-1)] = [f(x,y+1) - 2f(x,y) + f(x,y-1)] \qquad (4.18)$$

Yukarda Laplace operatörünün matematiksel tanımı verilmiştir. Buradan Laplace maskesi ya da filtre matrisi olarak

$$L = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} \qquad L = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

kullanılır. Bir görüntü Laplace filtresi ile konvolüsyon yapılır ve orijinal görüntüden çıkartılırsa keskinleştirme operatörü elde edilmektedir [12].

$$Keskinleştirme = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$$

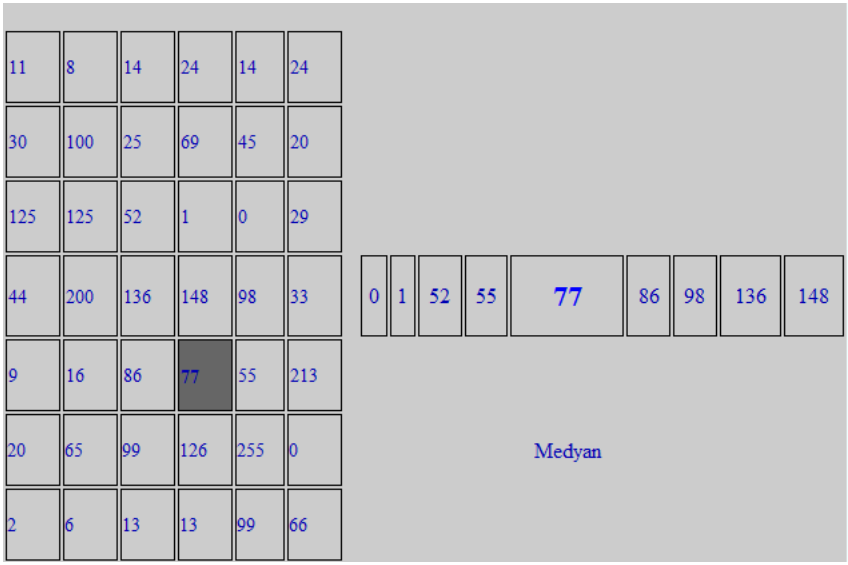
Bunun yanında yukarıdaki operatörlere ek olarak Roberts gradyenti, Prewitt gradyenti ve medyan operatörü verilebilir [12].

$$\text{Roberts Gradtenti} \quad g_{ij} = [(g_{ij} - g_{i+1,j+1})^2 + (g_{i,j+1} - g_{i+1,j})^2]^{1/2}$$

$$\text{Prewitt gradyenti} \quad g_{ij} = \{[(g_{i+1,j-1} + g_{i+1,j} + g_{i+1,j+1}) + (g_{i-1,j-1} + g_{i+1,j} + g_{i-1,j+1})]^2\}^{1/2} \qquad (4.19)$$

Medyan filtre:

Doğrusal bir filtre değildir. Komşu piksellerin sıralanarak medyan değerinin alınması ile elde edilmektedir. Şekil 4.26.'da medyan filtre görülebilir.



Şekil 4.26. Medyan Filtre [12]

Canny operatörü:

Canny kenar belirleme metodu, dört basamakta yapılmaktadır [16-17].

- Görüntüye Gaussian filtresiyle yumuşatma işlemi yapılır.
- Kısmi türevler için sonlu-fark yaklaşımları kullanılarak gradyentin büyüklüğü ve yönü bulunur.
- Görüntünün büyüklük değerinde maksimum olmayan noktaların bastırılması işlemi gerçekleştirilir.
- Kenar pikselleri bulmak için çift eşikleme algoritması gerçekleştirilir. Canny kenar bulma algoritması sinyal gürültü oranını optimize edecek şekilde yapılır.

Yumuşatma (Smoothing): I(x,y); orijinal görüntü, G(x,y,σ): Gaussian yumuşatıcı filtre ve σ; Gaussian filtresinin standart sapması (yumuşatma derecesi) olmak üzere, orijinal I(x,y) görüntüsü ve G(x,y,σ) filtresinin konvolüsyonu sonucu elde edilen yumuşatılmış görüntü S[x,y] ile ifade edilmektedir [17].

S[x,y] = G[x,y,σ]* I(x,y) olarak tanımlanır.

Gradyentin Hesaplanması: İlk olarak yukarıdaki eşitlikte verilen S[x,y]' nin kısmi türevleri elde edilir. Bunlar;

P[x,y] = (S[x,y+1] - S[x,y] + S[x+1,y+1] - S[x+1,y]) / 2 (4.20)

Q[x,y] = (S[x,y] - S[x+1,y] + S[x+y+1] - S[x+1,y+1]) / 2 (4.21)

biçimindedir. x ve y kısmi türevleri 2 × 2' lik kare matris üzerindeki sonlu farkların ortalaması alınarak hesaplanır. Buna göre gradyentin büyüklük değeri:

M(x,y) = $\sqrt{P[x,y]^2 + Q[x,y]^2}$ (4.22)

ve açısı

Q[x,y] = arctan(Q[x,y], P[x,y] (4.23)

olur [17].

Maksimum olmayan noktaların bastırılması (nonmaxima suppression):

Gradyent algoritmasında, giriş görüntüsünün büyüklük değerinin gradyenti alınarak kenar pikseller belirlenebilir. Ancak ‘’Canny’’ metodu karmaşık bir yaklaşıma sahiptir. Bu yaklaşıma göre bir kenar noktası, şiddeti gradyent vektörü yönünde lokal olarak maksimum olan bir nokta olarak alınabilir. Bu durum oldukça kısıtlayıcı bir durum olup eşikleme yöntemiyle bulunan kenar piksellerinden oluşan çizgileri inceltmek için kullanılan bu işleme “Maksimum olmayan noktaların bastırılması’’ ismi verilmektedir. Bu işlemden sonra elde edilen N[x,y] görüntüsü eşitlik 4.24’ de görülür [17].

$$N[x,y] = nms(M[x,y], \zeta[x,y]) \tag{4.24}$$

Yerel maksimum noktaları olarak kabul edilen noktalarda bu değer sıfır olmaktadır.

Eşikleme (Thresholding): İlk adımda yumuşatma işlemi gerçekleştirilmesine rağmen, maksimum olmayan noktaları bastırılmış olan N[x,y] görüntüsünde, gürültüler nedeniyle bazı hatalı kenar noktalar oluşabilir. Bu hatalı kenar noktaların etkisi çok fazla olmamakla birlikte maksimum olmayan noktaları bastırılmış bu görüntüdeki hatalı kenar noktaları azaltmak gerekmektedir. Bunları azaltmanın yöntemi N[x,y]’ ye bir eşik değeri uygulayarak eşik değerinin altındaki bütün noktaları sıfır yapmaktır [17].

Maksimum olmayan noktaları bastırılmış görüntüye eşikleme işlemi uygulandıktan sonra elde edilen görüntü, yani E[x,y] kenarları belirginleşmiş bir görüntü halini alır. Fakat bu yönteme uygun eşik değerini bulmak zordur, deneme yoluyla bulmak gerekir. Eğer eşik değeri çok küçük seçilirse, E(x,y) görüntüsünde karşılaşılan yanlış kenarlar fazla olur, eşik değeri çok büyük seçilirse de bazı kenarlar kaybolabilmektedir [17]. Bu çalışmada birinci veri kümesi için eşikleme değeri 0.3 alınmıştır.

4.1.3. Operatörler arasında görüntü kıyaslaması

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda Matlab' ta, Sobel, Roberst, Prewitt, LoG (Laplace of Gaussian) ve Canny kenar belirleme yöntemlerini kıyaslayarak hangisinde daha iyi görüntü elde edildiği incelenmiştir. Şekil 4.27. ' de veri kümesi 2' den alınan resim, aynı resmin Şekil 4.28.' de Sobel, 4.29.'da Roberts, 4.30.' da Prewitt, 4.31.' de LoG (Laplace of Gaussian) ve Şekil 4.32.' de Canny görüntüleri görülmektedir.

İkinci veri kümesinden alınan resim:



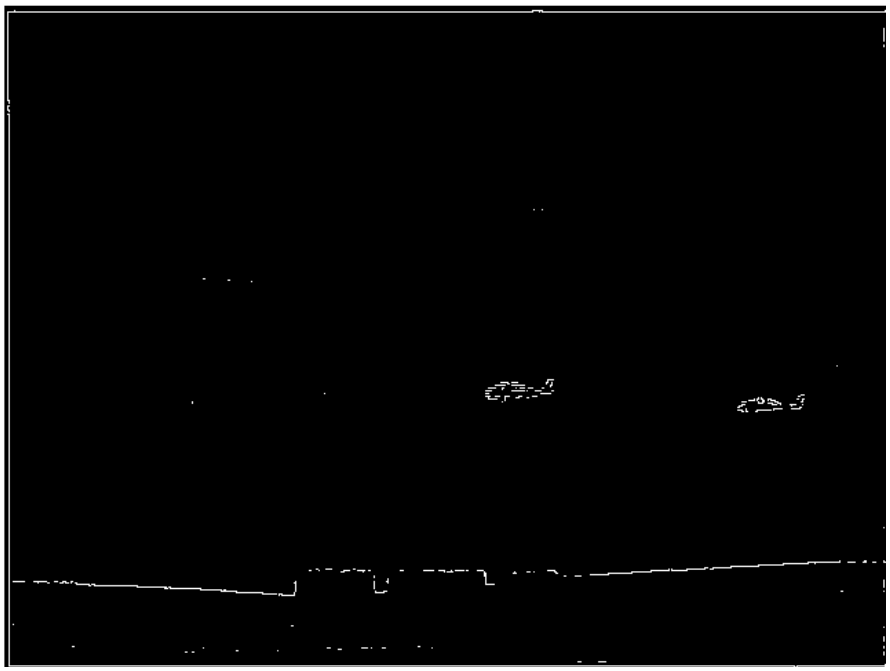
Şekil 4.27. İkinci veri kümesinden alınan resim

Sobel görüntüsü**:**



Şekil 4.28. Sobel görüntüsü

Roberts görüntüsü:



Şekil 4.29. Roberts görüntüsü

Prewitt görüntüsü:



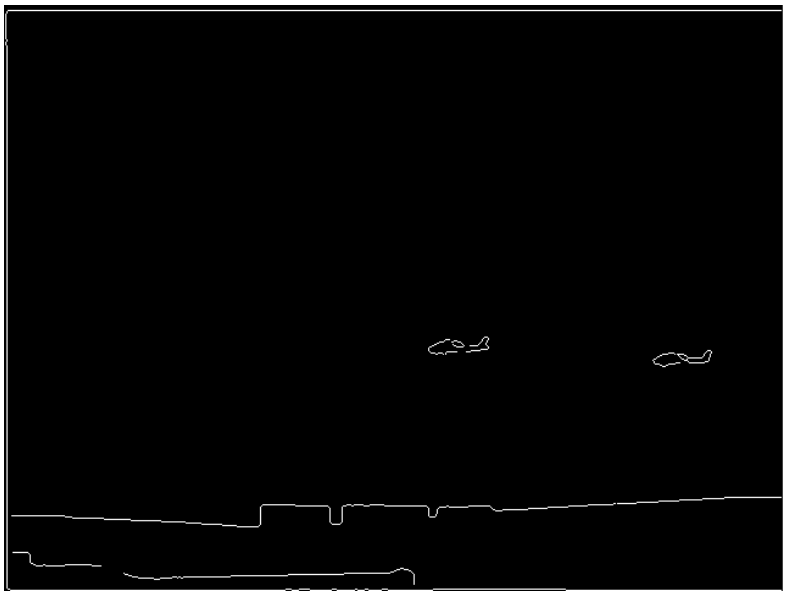
Şekil 4.30. Prewitt görüntüsü

LoG (Laplace of Gaussian) görüntüsü:



Şekil 4.31. LoG (Laplace of Gaussian) görüntüsü

Canny görüntüsü:

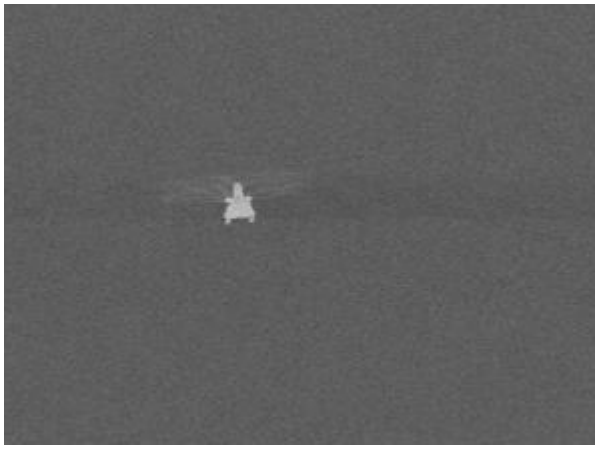


Şekil 4.32. Canny görüntüsü

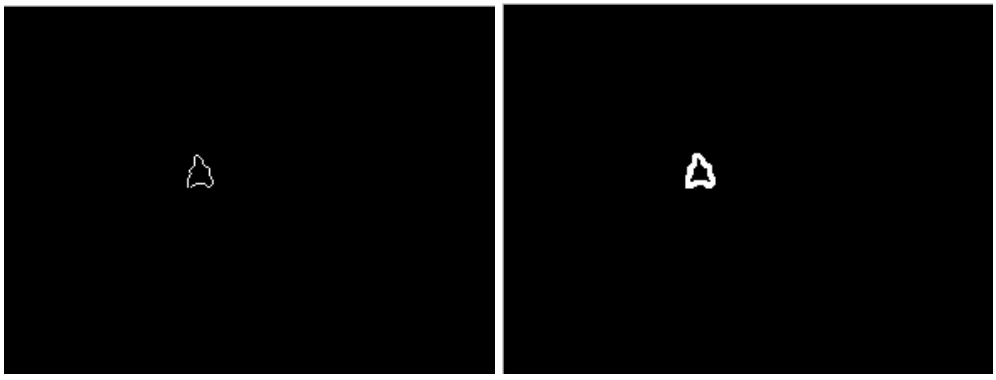
Yukardaki şekiller görüntü netliği ve görüntüdeki gürültüler bakımından kıyaslandığında bizim bu çalışmamızda kullanılabilecek en iyi kenar belirleme yönteminin Canny ile olduğu görülür. Bu nedenle bu tez çalışmasında birinci veri kümesinde kenar belirleme yöntemi olarak, ‘’**Canny’’** kenar belirleme yöntemi seçilmiştir.

4.1.4. Canny kenar belirleme yönteminin uygulamadaki gösterimi

Bu çalışmada veri kümesi 1 için hareketli hedef olarak, Şekil 4.33.’ de FLIR’ da görülen bir helikopter bulunmaktadır. Şekil 4.34.’ de Canny kenar belirleme yönteminin bu helikopter üzerindeki uygulaması görülmektedir.



Şekil 4.33. Birinci veri kümesi gri seviye FLIR görüntüsü



Şekil 4.34. Birinci veri kümesi FLIR görüntüsünün Canny kenar belirleme yöntemiyle kenarlarının bulunması

4.1.5. Hareketli Hedef Tespiti Ve Takibi

Bu çalışmada üç farklı veri kümesi kullanılmıştır. Bunlardan ilki 320*240 piksel çözünürlüğünde 186 resim' den oluşmaktadır. Bu veri kümesinde bir adet hareketli hedef bulunmakta ve görüntü içerisinde başka arka plan nesnesi bulunmamaktadır. İkinci veri kümesi ise 640*480 çözünürlüklü 301 resimden oluşmaktadır. Bu veri kümesinde iki adet hareketli hedef ve arka plan nesneleri mevcuttur. Üçüncü veri kümesi de 640*480 çözünürlüklü 301 resimden meydana gelmekte olup arka planda hareketli nesneler bulunmaktadır.

Uygulamanın ilk adımı olarak RGB görüntü, gri seviye görüntüye çevrilmiştir. Şekil 4.35' te ikinci veri kümesi için RGB FLIR görüntüsü görülmekte olup,

Şekil 4.36 ’ da ise ikinci veri kümesi için gri seviye görüntüsü görülmektedir. Birinci veri kümesi için kullanılan görüntü gri seviye görüntüsü olduğundan çevirme işlemine ihtiyaç duyulmamıştır. Üçüncü veri kümesi için ise RGB görüntü gri seviye görüntüye çevrilmiştir.

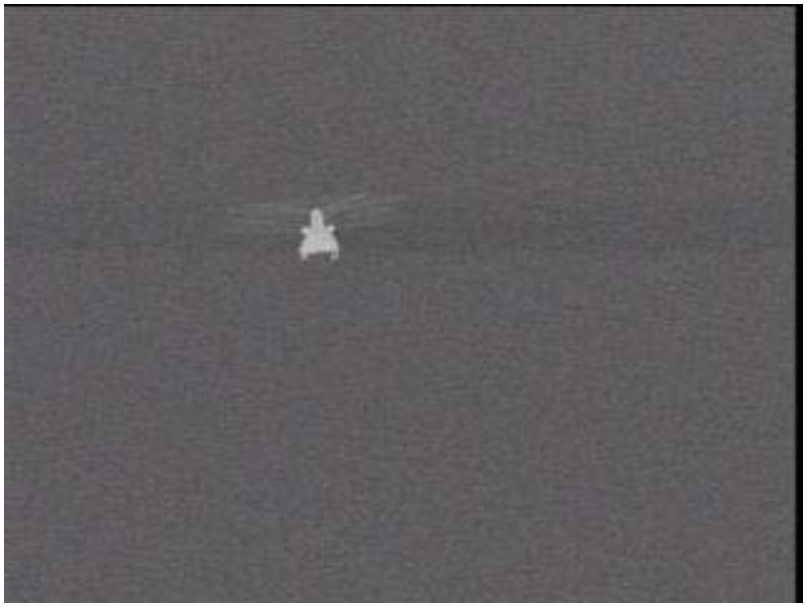


Şekil 4.35. İkinci veri kümesi FLIR görüntüsü

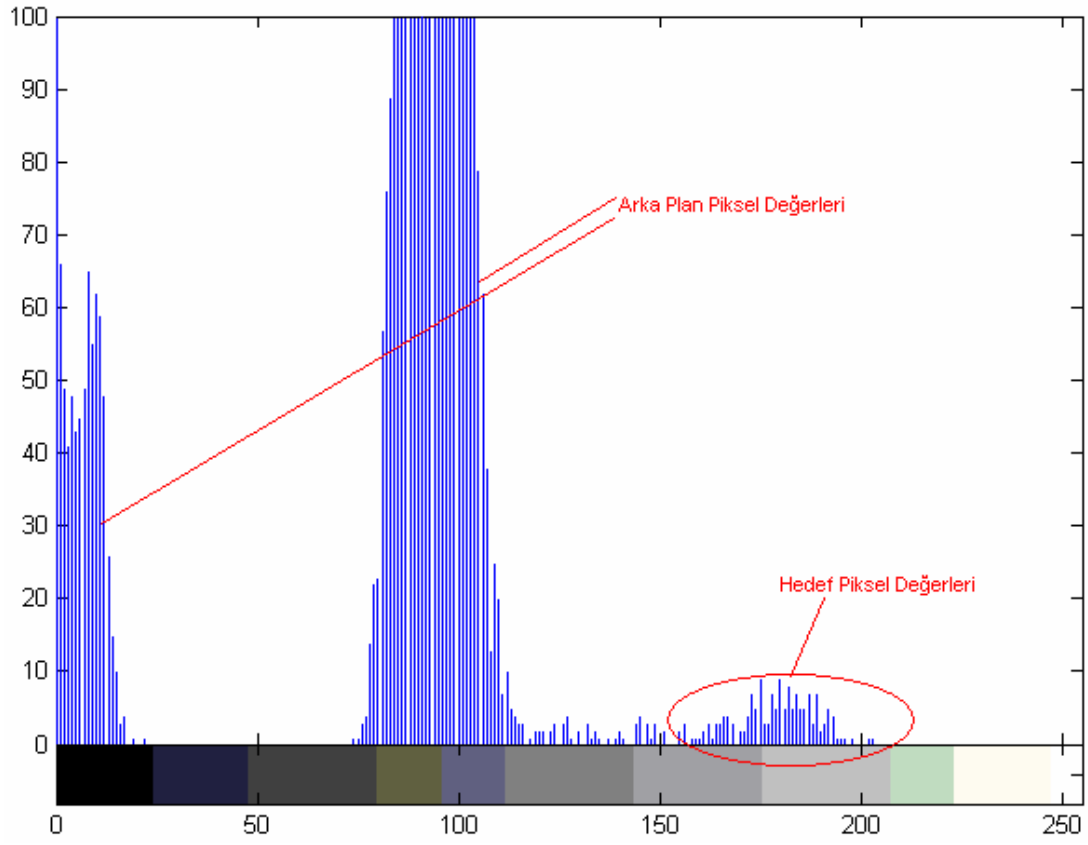


Şekil 4.36. İkinci veri kümesi gri seviye görüntüsü

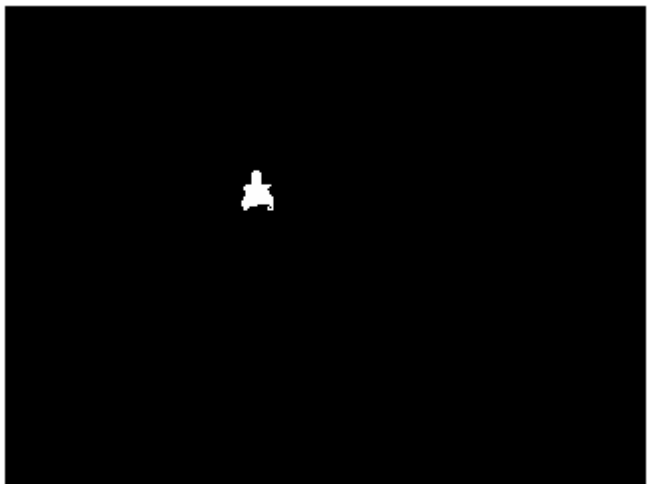
Şekil 4.39’ da görüldüğü üzere eşikleme yöntemi ile olası hedefler görüntü içinde tespit edilmiştir. Şekil 4.37’ de veri kümesi 1 için FLIR görüntüsünün Şekil 4.38’ de arka plan histogram değerleri görülmektedir. Eşikleme yöntemi ile ile arka plan ile hedef nesnelerin piksel değerlerinin histogramda rahatça ayrılabildiği durumlar için (görüntüde hedef nesne dışında başka nesne olmadığı) iyi çalışmaktadır.



Şekil 4.37. Birinci veri kümesi FLIR gri seviye görüntüsü



Şekil 4.38. Birinci veri kümesi ilk görüntüye ait histogram

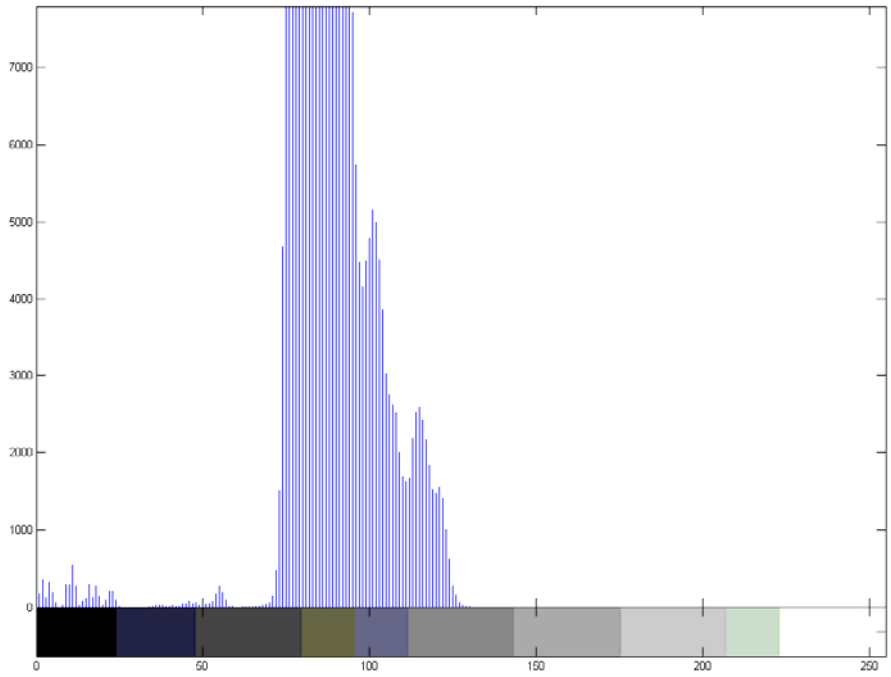


Şekil 4.39. Birinci veri kümesi eşikleme görüntüsü

Ancak Şekil 4.40’ da olduğu gibi görüntüde hedef nesne dışında başka nesneler de bulunduğunda yani hedef nesne piksel değerleri arka plan piksel değerlerinden ayrılamadığında eşikleme yöntemi sonuçları yetersiz kalmaktadır. Şekil 4.41’de İkinci veri kümesi ilk görüntüye ait işlem öncesi histogram görülmektedir. Burada hedef ile arka plan nesneleri iç içe geçmiştir. Bu sebeple hedef nesneler, histogramda ayırt edilememektedir. Şekil 4.42’de ise eşikleme neticesinde elde edilen görüntü sunulmaktadır. Burada da görüldüğü üzere hedefler arka plan görüntüsünden ayırt edilememektedir.



Şekil 4.40. İkinci veri kümesi gri seviye görüntüsü

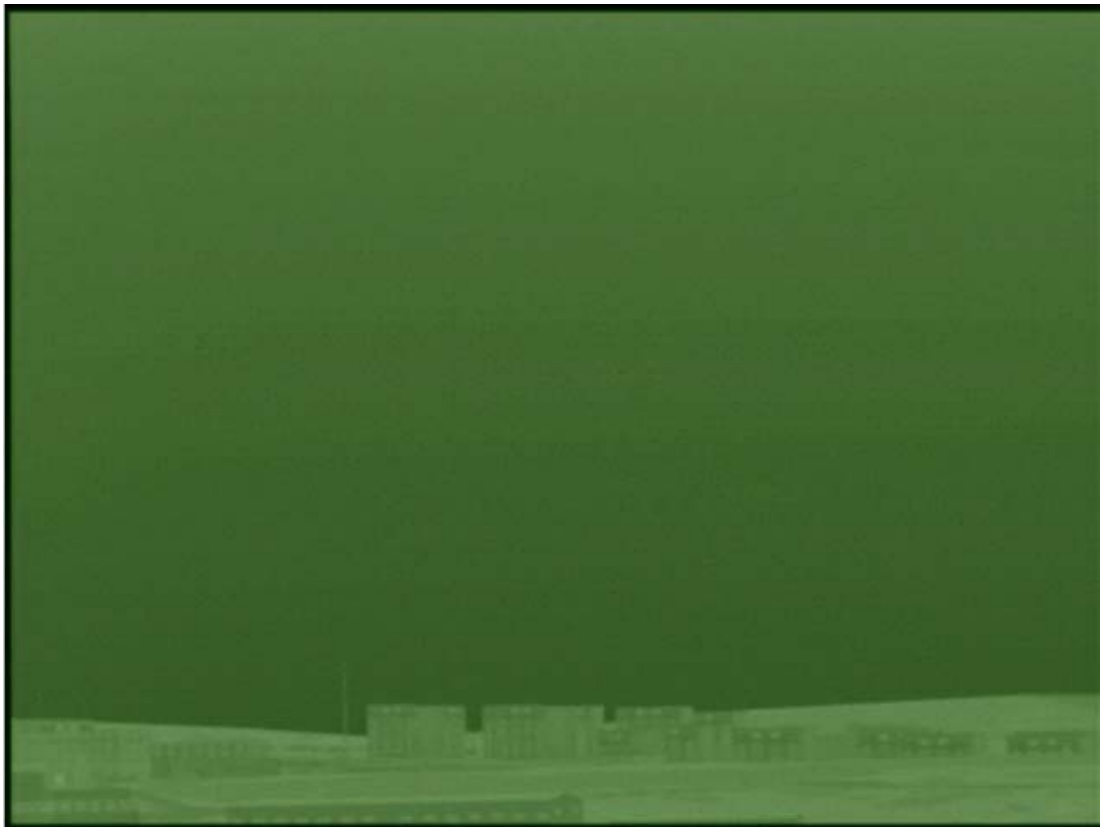


Şekil 4.41. İkinci veri kümesi ilk görüntüye ait işlem öncesi histogram



Şekil 4.42. İkinci veri kümesi işlem öncesi eşikleme görüntüsü

Bu durumda hedef tespit ve takibinin yapılması amacıyla arka plan görüntülerinin belirlenmesi ve görüntüden çıkarılması gerekmektedir. Bu işlem resim farkları (frame difference) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 200. resim'den 1. resim çıkartılarak Şekil 4.43'de ki statik arka plan görüntüsü elde edilmiştir. Bu yöntem, "optical flow" ve "Kalman filter" yöntemlerine göre daha basit ve daha hızlı sonuç vermektedir.

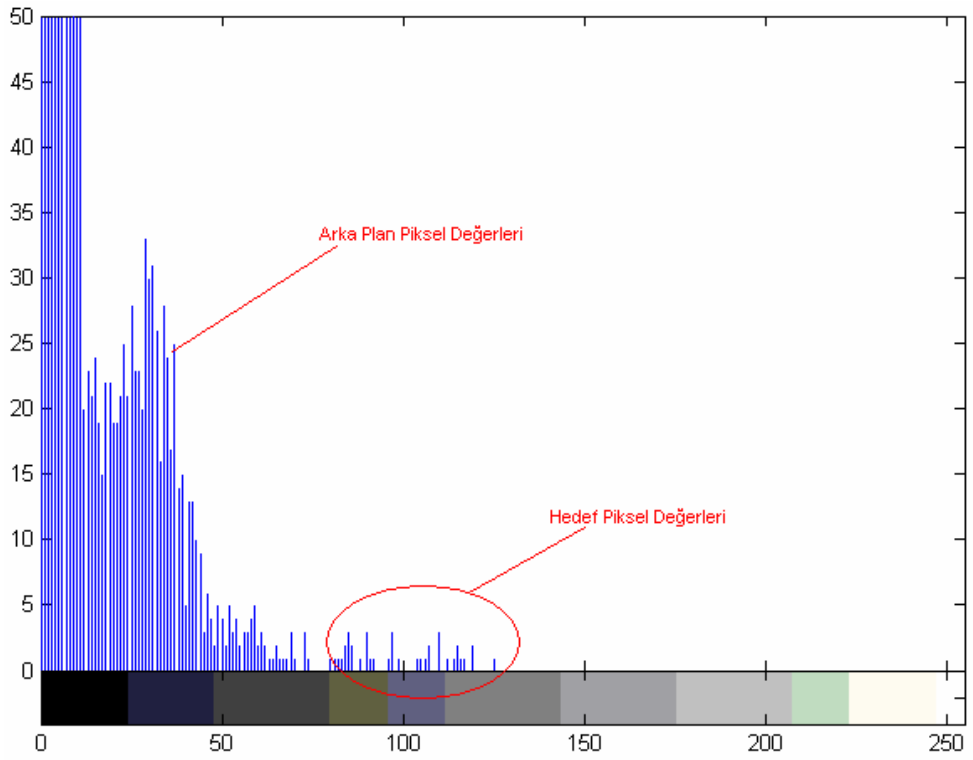


Şekil 4.43. İkinci veri kümesi statik arka plan (background) görüntüsü

Statik arka plan görüntüsü elde edildikten sonra bu görüntü her bir resim'den çıkartılarak Şekil 4.44' de görüldüğü gibi ilgili bölge (ROI) tespit edilir. Şekil 4.45.' deki histogramda hedef nesneler ile artık arka plan nesneleri ayırt edilebilmektedir. Elde edilen ilgili bölge üzerinde artık eşikleme yöntemi başarıyla kullanılabilir.



Şekil 4.44. İkinci veri kümesi ön plan (foreground) görüntüsü



Şekil 4.45. İkinci veri kümesi işlem sonrası histogram

Eşikleme ile elde edilen görüntü üzerinde bulunan beyaz noktalar şeklindeki gürültüden kurtulmak amacıyla morfolojik açma (morphological opening) kullanılmıştır ve 8 pikselden daha küçük nesneler görüntüden çıkarılmıştır. Uygulama neticesinde elde edilen eşikleme görüntüsü Şekil 4.46' da verilmiştir.



Şekil 4.46. İkinci veri kümesinde arka plan çıkarıldıktan sonraki eşikleme görüntüsü

Bu görüntüler üzerinde Matlab' ta Regionprops fonksiyonu kullanılarak her bir nesnenin analizi (blob analysis) gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu analiz sonuçları kullanılarak nesnenin sınırları ve merkezi belirlenmiştir. Bu işlem dört basamakta anlatılabilir;

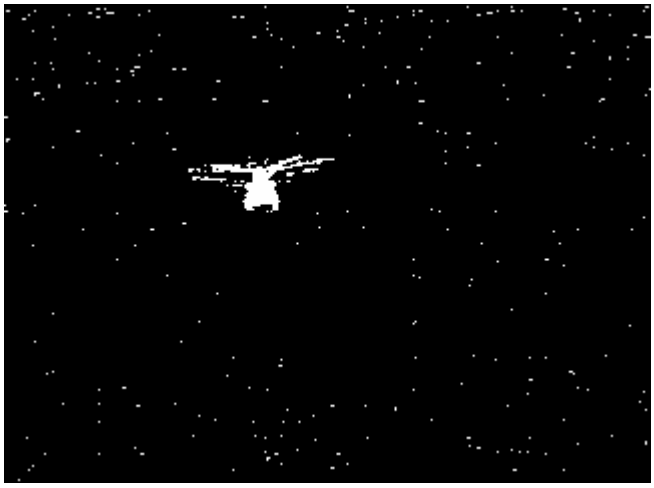
1) Görüntüyü siyah beyaza çevirir,
2) Sonrasında piksellerin birbiriyle olan bağlantılarını kıyaslar,
3) Bağlantılı olanları ayrı ayrı objeler olarak etiketlendirir,
4) Etiketlenen objelerin her biri için istenilen parametreler Matlab' ta hesaplanır.

Ayrıca istenildiği takdirde regionprops özelliği sayesinde objelerin, alanı, merkezi, konveks alanı, ne kadar eliptik olduğu, çapı, en uzun eksendeki uzunluğu, en kısa eksendeki uzunluğu, eş değer çevresi, en yüksek parlaklık değeri hesaplanır.

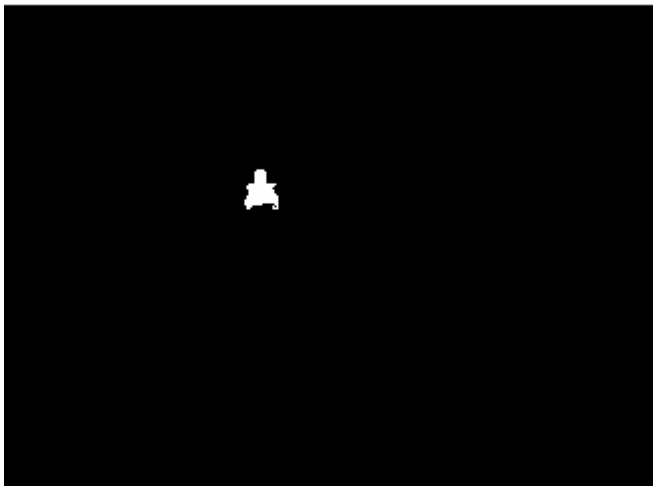
Tespit edilen nesnelerin merkezleri izlenerek nesnelerin takip ettikleri yol bilgisi grafiksel olarak gösterilmiştir.

4.1.6. Uygulamanın akış şeması ve Matlab kodu

Başlangıç olarak kodda ‘‘function’’ tanımlanır, görüntünün uzantısı istenilen veya eldeki mevcut FLIR görüntüsüne göre mat, avi, mpeg veya herhangi bir görüntü uzantısı olarak seçilebilir. Bu uygulamadaki birinci veri kümesi için FLIR görüntünün uzantısı Matlab uzantısı olan “.mat” uzantısıdır. Görüntü, ilgili dosyadan seçildikten sonra, kodda “Grayscale Conversion” işlemine geçilir. Bu kısımda RGB görüntü gri görüntüye çevrilir. Griye çevrilen görüntünün, kenar belirleme yöntemiyle (Canny edge detection) kenarları belirlenir, bu işlem esnasında eşikleme (Thresholding) değeri birinci veri kümesi için 0.3 olarak alınmıştır, bunun sebebi Şekil 4.49’ da olduğu gibi eşikleme değeri 0.5 alındığında hedef detayları kaybolurken, 0.1 alındığında Şekil 4.47’ de olduğu gibi hedefle birlikte görüntüde aşırı detaylar belirmektedir. Ancak Şekil 4.48’ de en ideal değer yani 0.3 değeri alındığında görüntüdeki hedef gürültüsüz ve nettir.



Şekil 4.47. Birinci veri kümesi için eşikleme (threshold) değeri 0.1

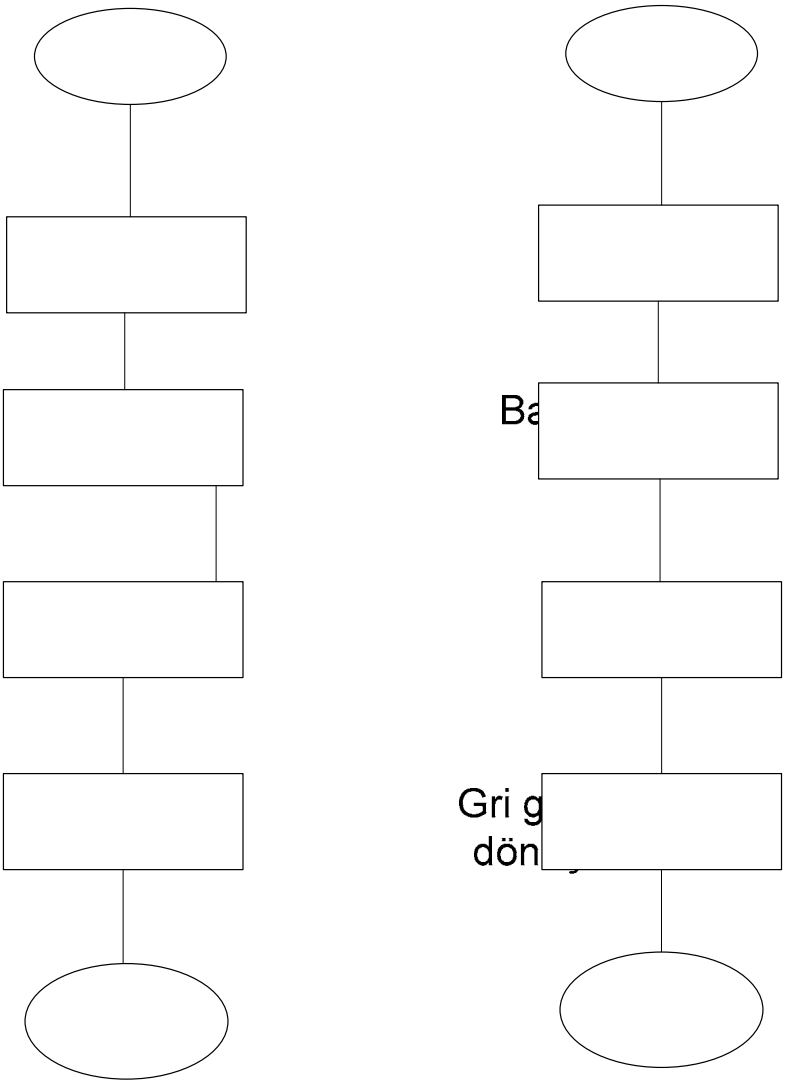


Şekil 4.48. Birinci veri kümesi için eşikleme (threshold) değeri 0.3



Şekil 4.49. Birinci veri kümesi için eşikleme (threshold) değeri 0.5

“Özellik çıkarımı (Feature extraction)” ve “nesne tanıma (object recognition)” bölümünde “regionprops” ile hedefin sınırları belirlenir. “Visual” bölümünde sınırları belirlenen hedefin etrafına sarı renkli dikdörtgen takip imleci çizilir. Bu işlemlerin sonunda uygulamamız gerçekleşmiş olur. Şekil 4.50.’ de kodla ilgili akış şeması, Şekil 4.51.’ de birinci ve ikinci veri kümeleri için, Matlab uygulaması görülmektedir.



Şekil 4.50. A) Birinci, B) ikinci ve üçüncü veri kümesi için program akış diyagramları

```
%% BİRİNCİ VERİ KÜMESİ İÇİN GELİŞTİRİLEN MATLAB KODU

function[framesedge,framesgray]= flir()
 [filename, pathname] = uigetfile({'*.mat';'*.avi';'*.mpeg';'*.*'},
'Dosya Seçiniz');
try
 dummy=MMREADER([pathname filename]);
 frames=read(dummy);
catch
    load([pathname filename]);
end
 no=size(frames,4);
for i=1:no
framesgray(:,:,i)=rgb2gray(frames(:,:,:,i));
framesedge(:,:,i)=edge(framesgray(:,:,i),'canny',0.3);
s = regionprops(framesedge(:,:,i), framesgray(:,:,i),
{'BoundingBox'});
imshow(framesgray(:,:,i))
hold on
rectangle('Position', s(2).BoundingBox, ...
        'EdgeColor','y');
    hold off
   pause(0.000000005)
end
%mplay(framesedge);



%% İKİNCİ VERİ KÜMESİ İÇİN GELİŞTİRİLEN MATLAB KODU

function[framesedge,framesgray]= track2()
 [filename, pathname] = uigetfile({'*.mat';'*.avi';'*.mpeg';'*.*'},
'Dosya Seçiniz');
try
 dummy=MMREADER([pathname filename]);
 frames=read(dummy);
catch
    load([pathname filename]);
end
background=frames(:,:,:,1)-(frames(:,:,:,1)-frames(:,:,:,200));%
200. frame'den 1. frame'in çıkartılması
no=size(frames,4);%görüntüdeki frame sayısı
hold on
for i=1:no-1
framesgray(:,:,i)=rgb2gray(frames(:,:,:,i));%gri seviye görüntüye
çevirme
bw=im2bw(framesgray(:,:,i)-rgb2gray(background),0.05);% arkaplan
görüntüsünün her bir frame'den çıkartılması
                                                    % ve
görüntünün eşikleme yöntemiyle siyah beyaz görüntüye çevirilmesi
bw=imfill(bw,'holes');% Nesne içerisindeki boşlukların doldurulması
bw=bwareaopen(bw,8);%Morfolojik açma (Morphological opening)
işlemiyle 8 pikselden küçük nesnelerin görüntüden çıkarılması
```

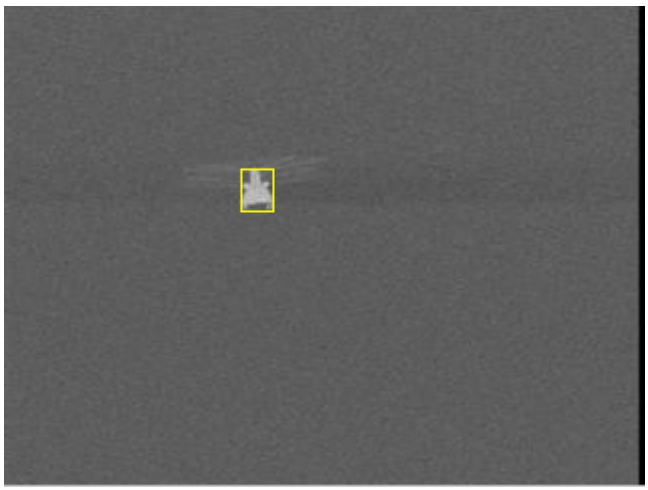
Şekil 4.51. Birinci ve ikinci veri kümeleri için geliştirilen matlab kodu

```
s = regionprops(bw, 'BoundingBox');%Siyah beyaz görüntüdeki nesne
özelliklerinin belirlenmesi
imshow(framesgray(:,:,i))
hold on
for k=1:size(s,1)%Tespit edilen her bir hedefin sınırlarının görüntü
üzerinde gösterilmesi
rectangle('Position', s(k).BoundingBox, ...
         'EdgeColor','y');
    hold off
   pause(0.000000005)
end
pause(0.1);
end
hold off

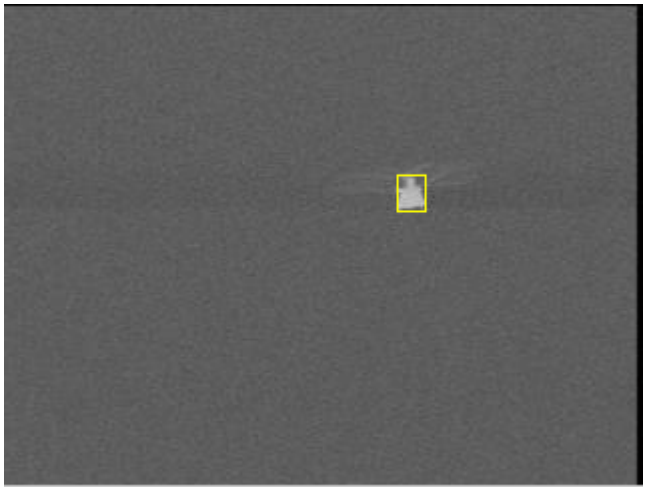
%mplay(framesedge);
```

Şekil 4.51. (Devam) Birinci ve ikinci veri kümeleri için geliştirilen matlab kodu

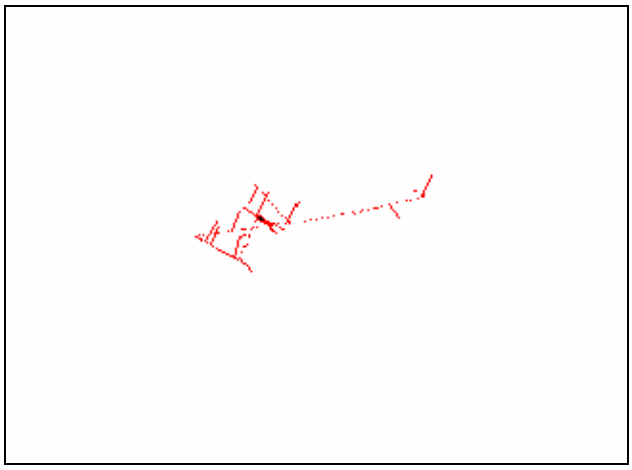
Uygulama sonucunda elde edilen görüntüler Şekil 4.52. ve Şekil 4.53.'de görülmektedir. Bu şekillerde, hedef olarak hareket halinde olan bir helikopter görülmektedir. Hareket başlar başlamaz, hedefin üzerinde dikdörtgen, sarı renkli bir hedef takip imleci belirir. Bu imleç, görüntü bitene kadar hedefin üzerinde bulunur ve hedefi takip eder. Şekil 4.54' de ise hedefin izlemiş olduğu yörüngesi (trajectory) görülmektedir.



Şekil 4.52. Birinci veri kümesi için ilk görüntü

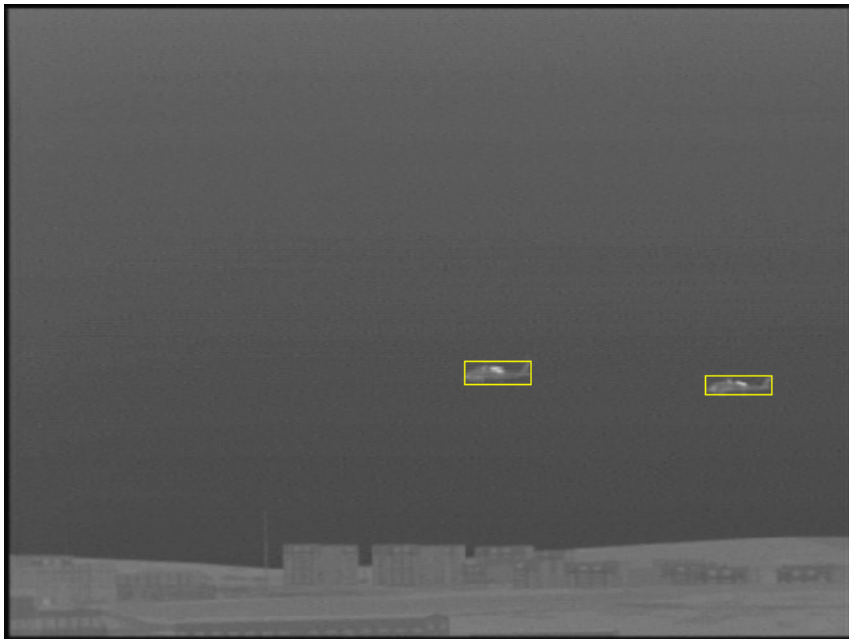


Şekil 4.53. Birinci veri kümesi için son görüntü

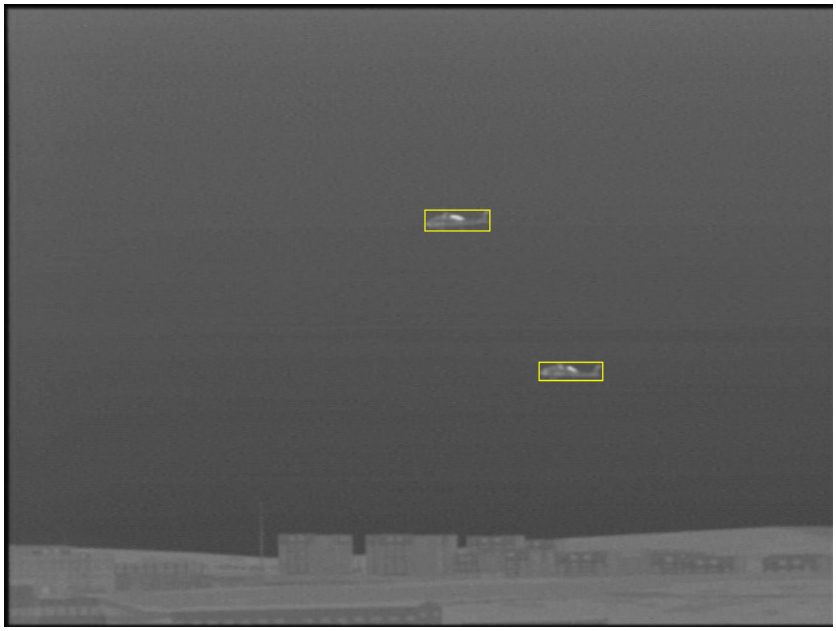


Şekil 4.54. Birinci veri kümesi için hedefin izlediği yörünge (trajectory)

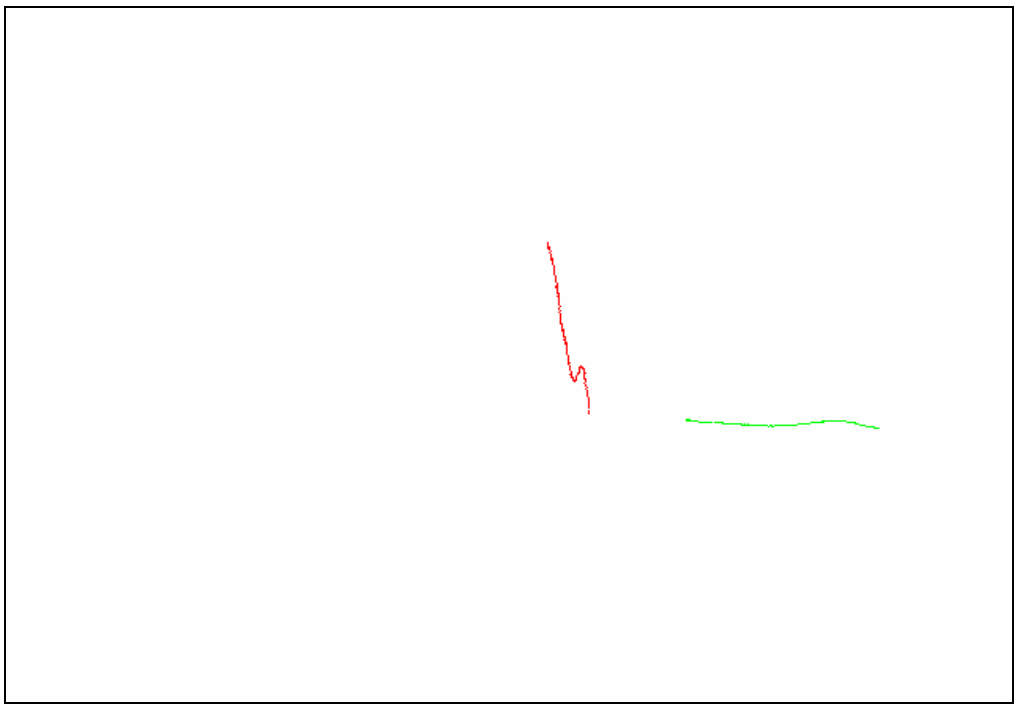
Şekil 4.55. ve Şekil 4.56. da ikinci veri kümesi için hedeflerin ilk ve son gürüntüleri görülürken, Şekil 4.57.' de hedeflerin izlemiş oldukları yörüngeler (trajectory) görülmektedir.



Şekil 4.55. İkinci veri kümesi için ilk görüntü

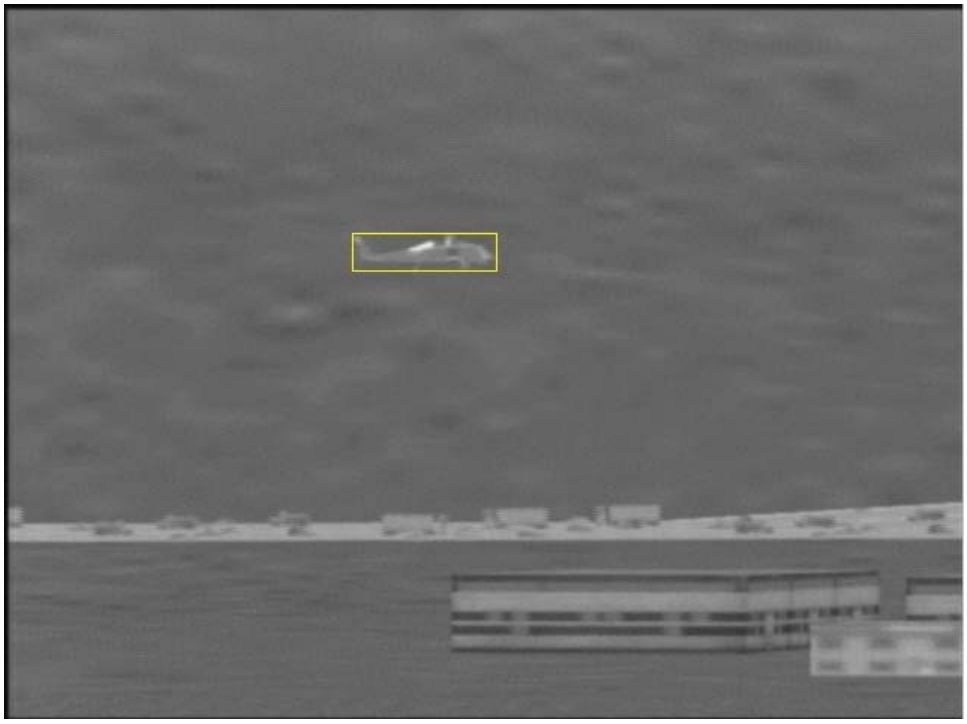


Şekil 4.56. İkinci veri kümesi için son görüntü

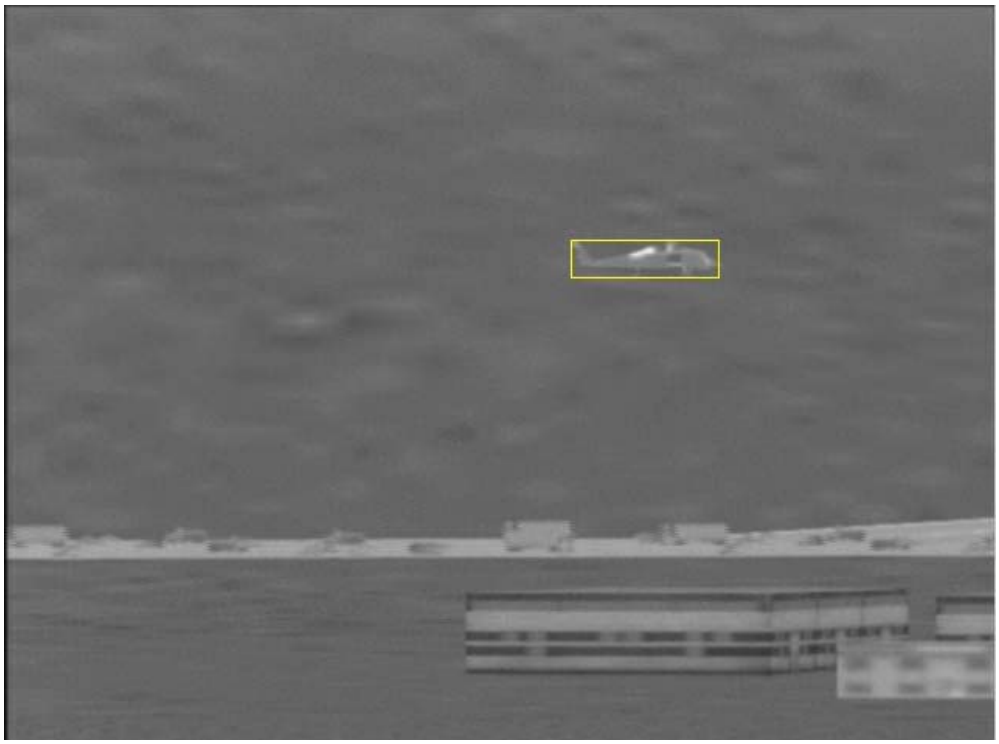


Şekil 4.57. İkinci veri kümesi için hedeflerin izlediği yörüngeler (trajectory)

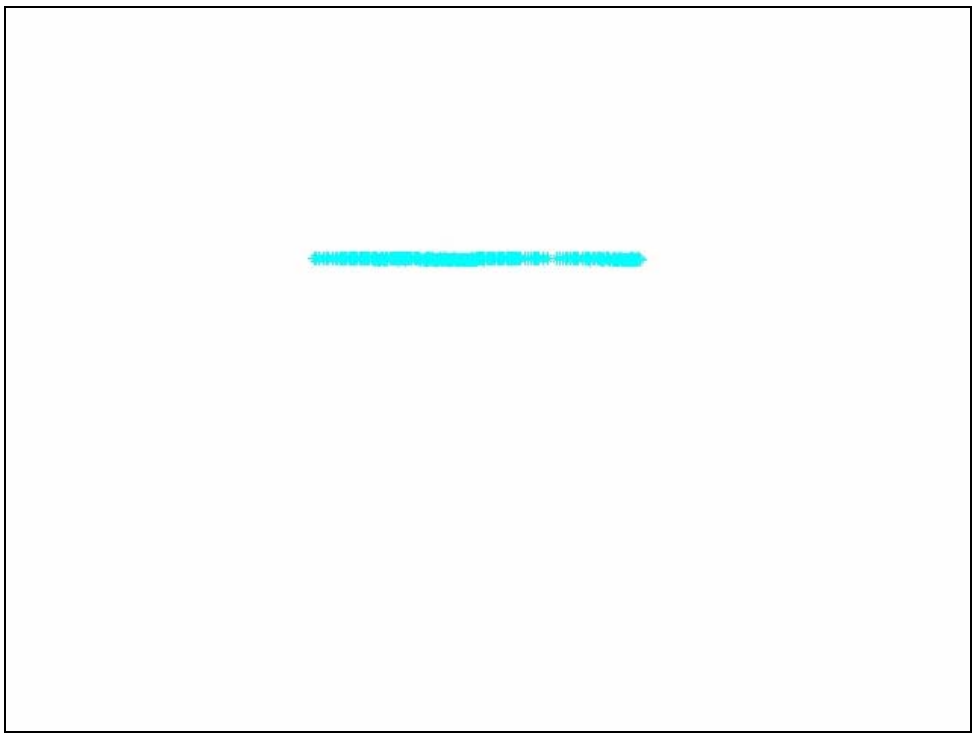
Benzer şekilde, Şekil 4.58. ve Şekil 4.59. da üçüncü veri kümesi için hedefin ilk ve son gürüntüsü görülürken, Şekil 4.60.' de hedefin izlemiş olduğu yörünge (trajectory) görülmektedir.



Şekil 4.58. Üçüncü veri kümesi için ilk görüntü



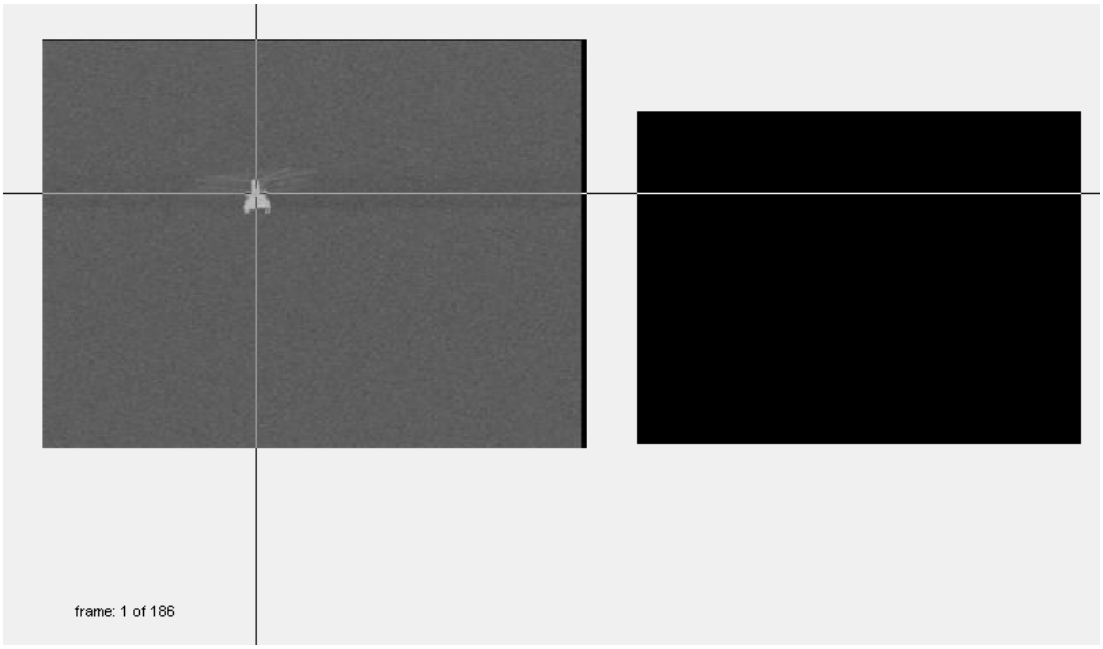
Şekil 4.59. Üçüncü veri kümesi için son görüntü



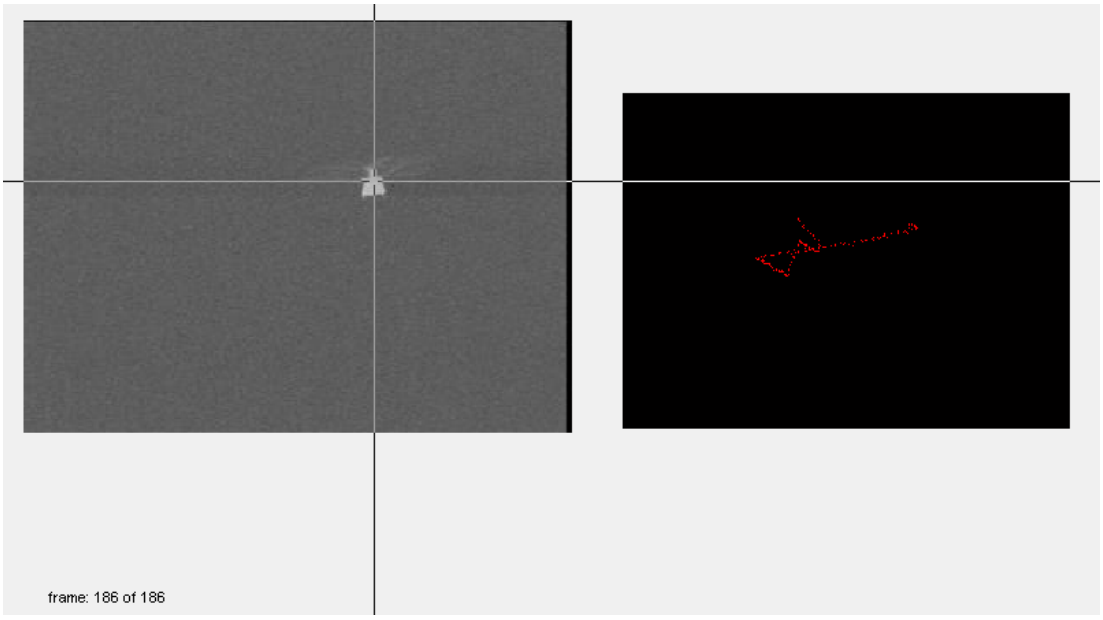
Şekil 4.60. Üçüncü veri kümesi için hedeflerin yörünge (trajectory)

Bu üç veri kümesi için hedeflerin izlemiş oldukları yörüngeler (trajectory), elimizde mevcuttur. Bu bilgilerin doğruluğunu kıyaslamak için hedeflerin kesin doğrulukları (ground truth) kontrol edilmiştir. Kesin doğruluk (ground truth), kartografya açısından kullanılan bir terimdir. Meteoroloji, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanıldığı durumlarda bir dizi analiz imkanı sunmaktadır. Bu işlem için Matlap' ta bir işaretleme arayüz programı yazılarak birinci veri kümesi için 186 resimde, ikinci ve üçüncü veri kümesi için 301 resimde hedeflerin tek tek izlemiş oldukları yollar çıkartılmıştır. Sonrasında çıkartılan kesin doğruluklar (ground truth) ile hedeflerin izlemiş oldukları yörüngeler (trajectory) kıyaslanmıştır.

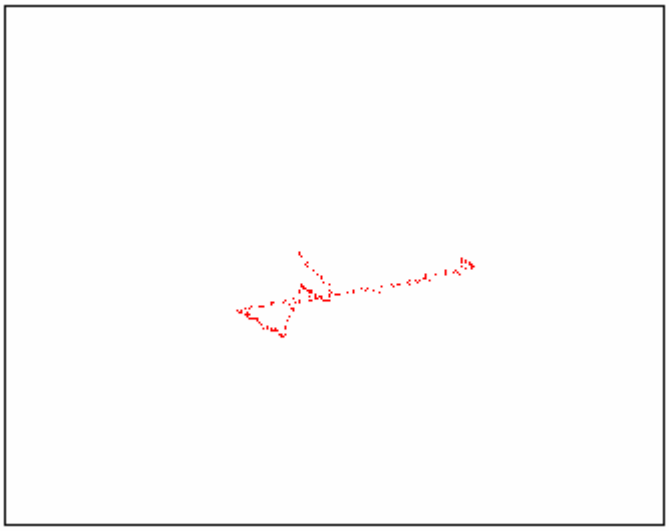
Şekil 4.61. ve Şekil 4.62.' de birinci veri kümesi için kesin doğruluk (ground truth) görülürken, Şekil 4.63.' de Birinci veri kümesi için hedefin izlediği yörünge (trajectory) ile kesin doğruluğu (ground truth) kıyaslaması yapılmaktadır.



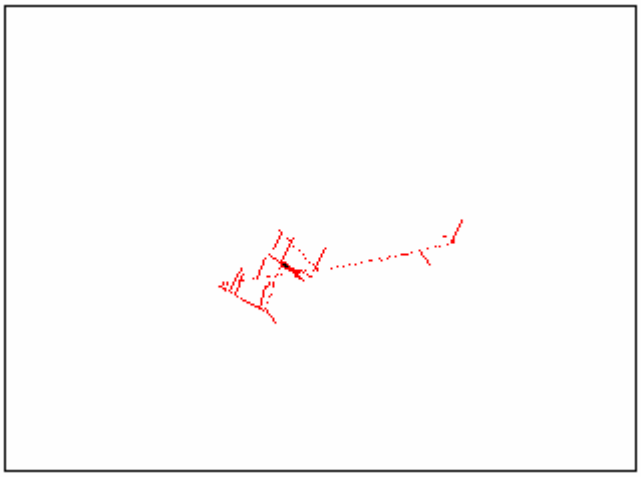
Şekil 4.61. Birinci veri kümesi ilk görüntü için kesin doğruluk (ground truth) oluşturulması



Şekil 4.62. Birinci veri kümesi son görüntü için kesin doğruluk (ground truth) oluşturulması



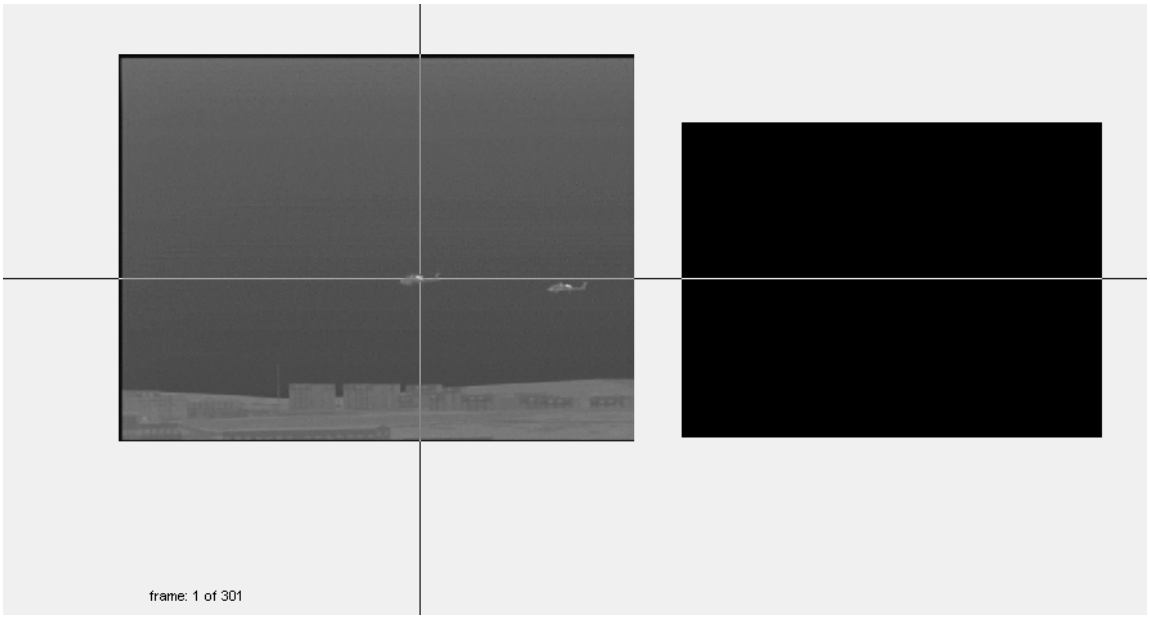
a) Birinci veri kümesi için kesin doğruluğu(ground truth)



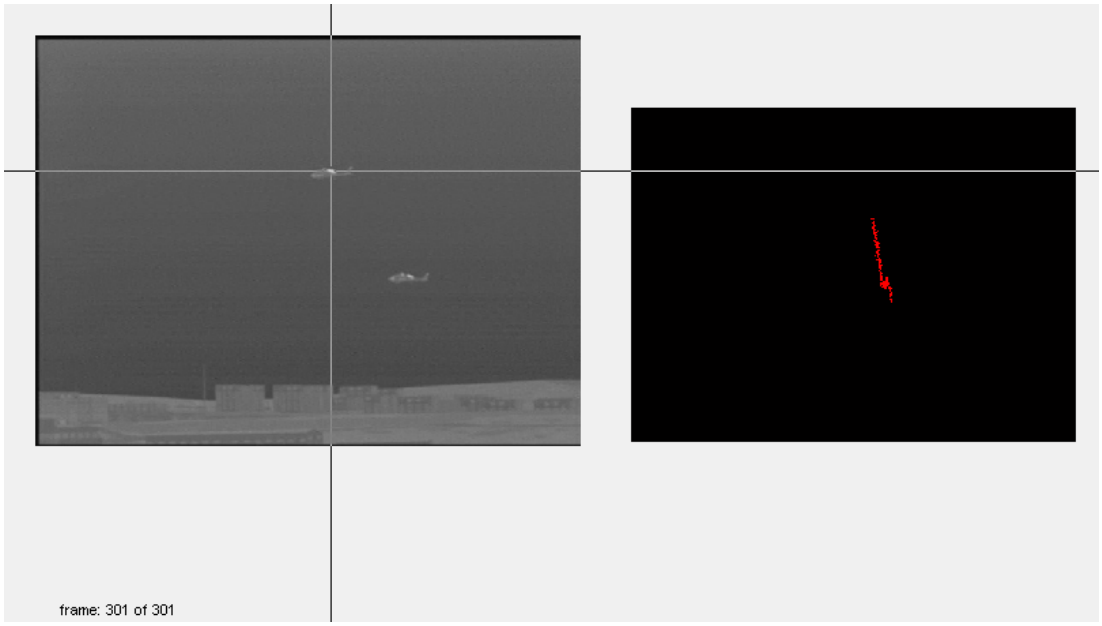
b) Birinci veri kümesi için hedefin izlediği yörünge (trajectory)

Şekil 4.63. Birinci veri kümesi için hedefin izlediği yörünge (trajectory) ve kesin doğruluğu (ground truth) kıyaslaması

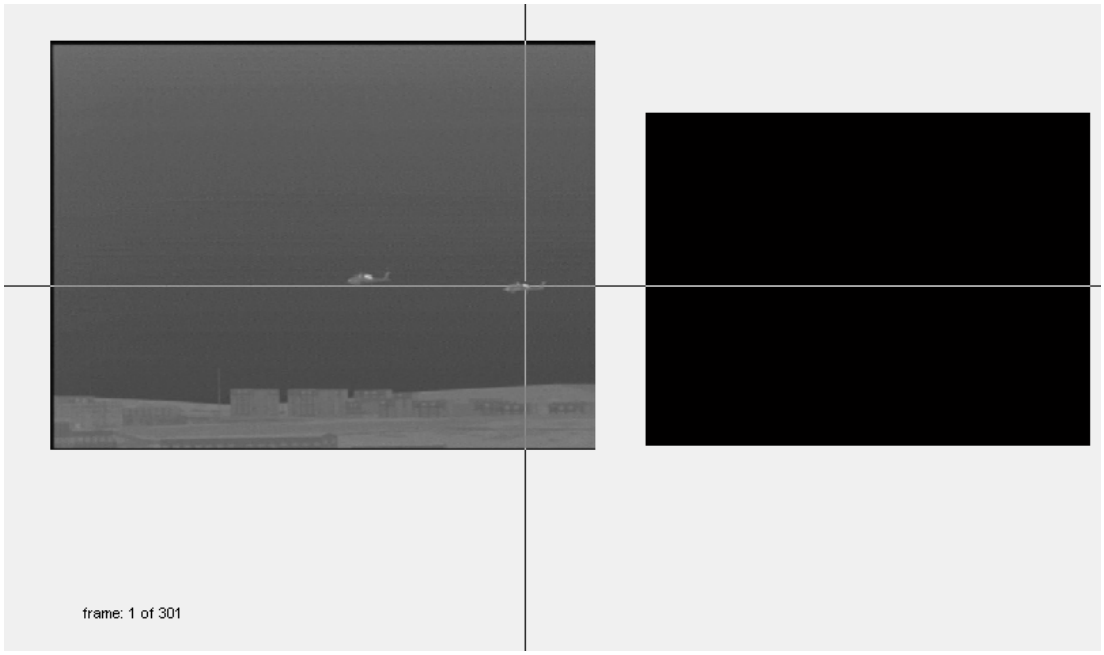
Şekil 4.64. - Şekil 4.67.' de ikinci veri kümesi için kesin doğruluğu (ground truth) görülürken, Şekil 4.68.' da ikinci veri kümesi için hedeflerin izlediği yörüngeler (trajectory) ile kesin doğrulukları (ground truth) kıyaslaması yapılmaktadır.



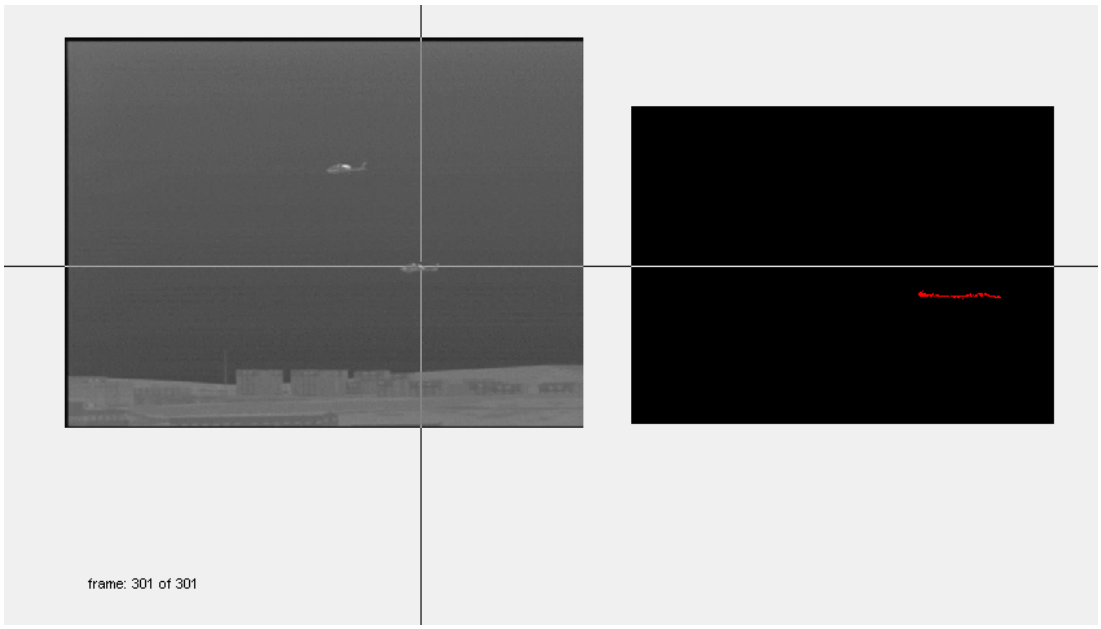
Şekil 4.64. İkinci veri kümesi 1. Helikopter ilk görüntü için kesin doğruluk (ground truth)



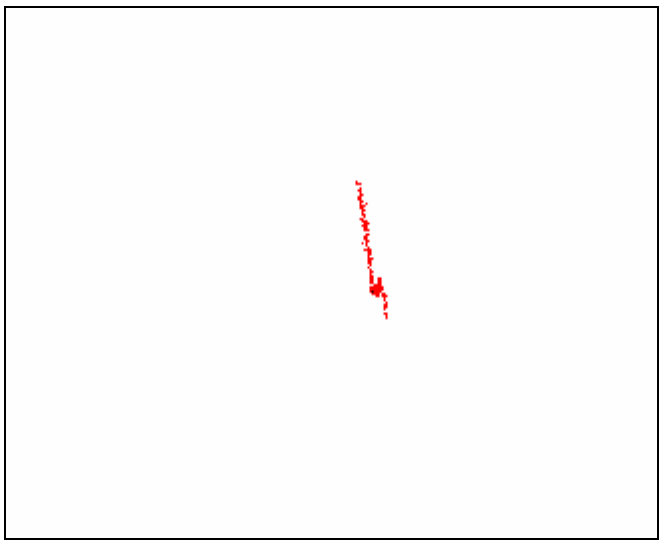
Şekil 4.65. İkinci veri kümesi 1. Helikopter son görüntü için kesin doğruluk (ground truth)



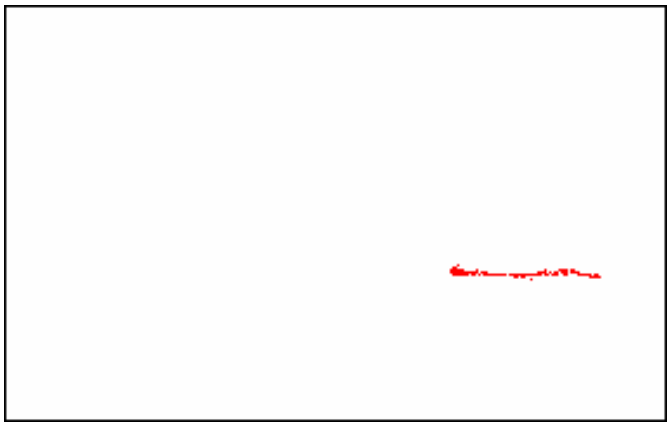
Şekil 4.66. İkinci veri kümesi 2. Helikopter ilk görüntü için kesin doğruluk (ground truth)



Şekil 4.67. İkinci veri kümesi 2. Helikopter son görüntü için kesin doğruluk (ground truth)

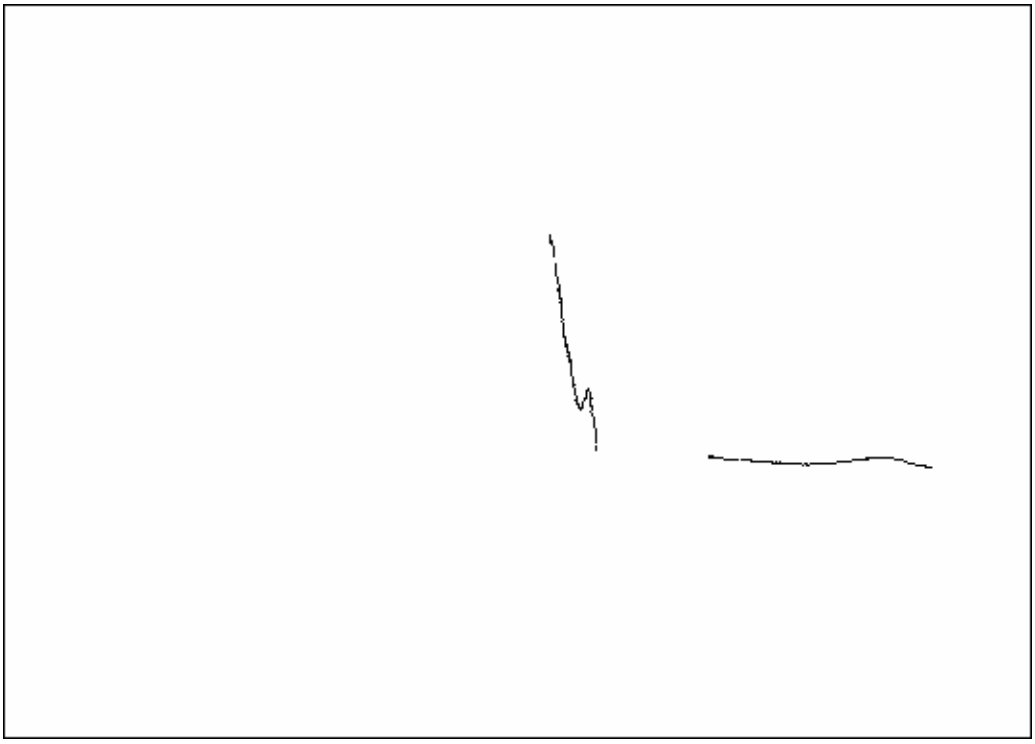


a) İkinci veri kümesi için 1. Helikopter kesin doğruluk (ground truth)



b) İkinci veri kümesi için 2. Helikopter kesin doğruluk (ground truth)

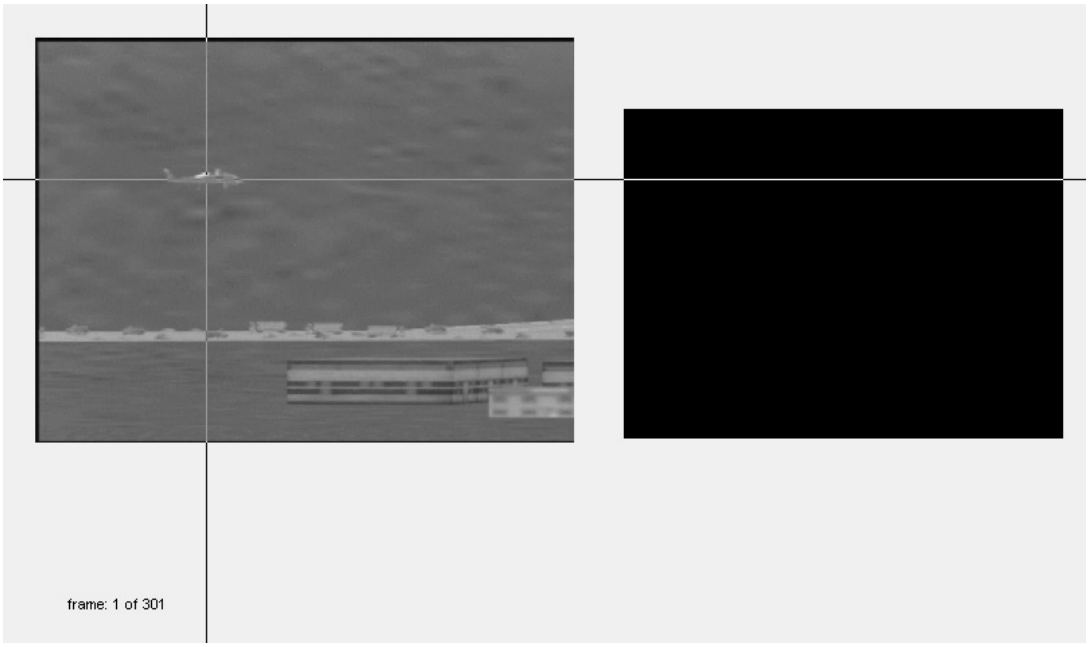
Şekil 4.68. İkinci veri kümesi için hedeflerin izlediği yörünge (trajectory) (c) ve kesin doğruluk (ground truth) (a, b) kıyaslaması



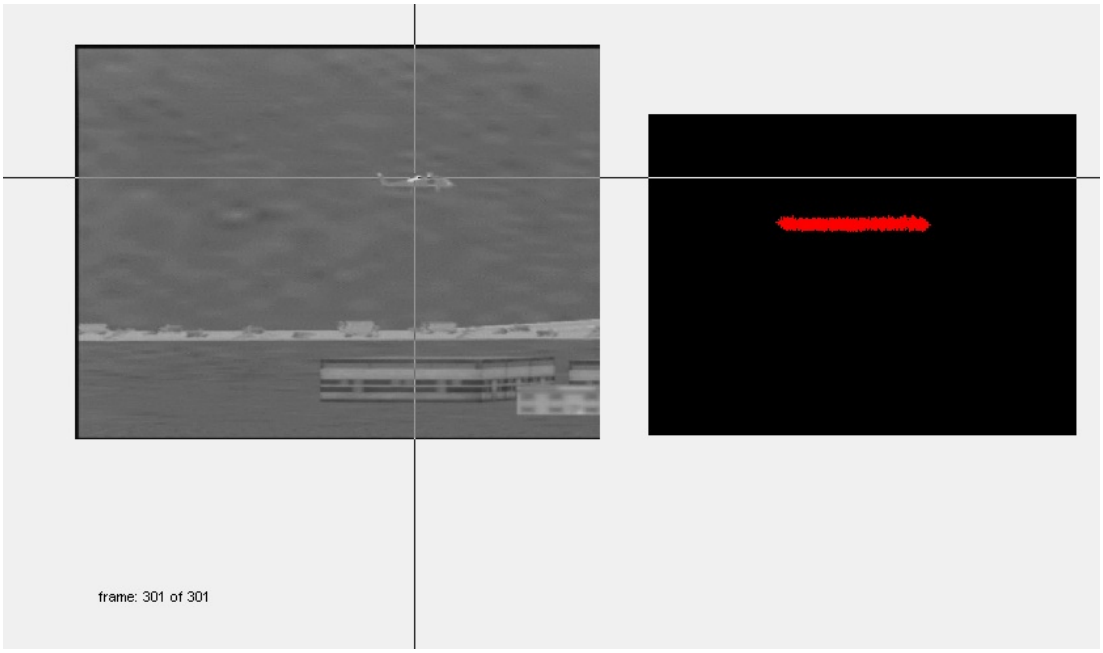
c) İkinci veri kümesi için hedeflerin izlediği yörünge (trajectory)

Şekil 4.68. (Devam) İkinci veri kümesi için hedeflerin izlediği yörünge (trajectory) (c) ve kesin doğruluk (ground truth) (a, b) kıyaslaması

Son olarak, Şekil 4.69. ve Şekil 4.70.' de üçüncü veri kümesi için kesin doğruluğu (ground truth) görülürken, Şekil 4.71.' de üçüncü veri kümesi için hedefin izlediği yörünge (trajectory) ile kesin doğruluğu (ground truth) kıyaslaması yapılmaktadır.



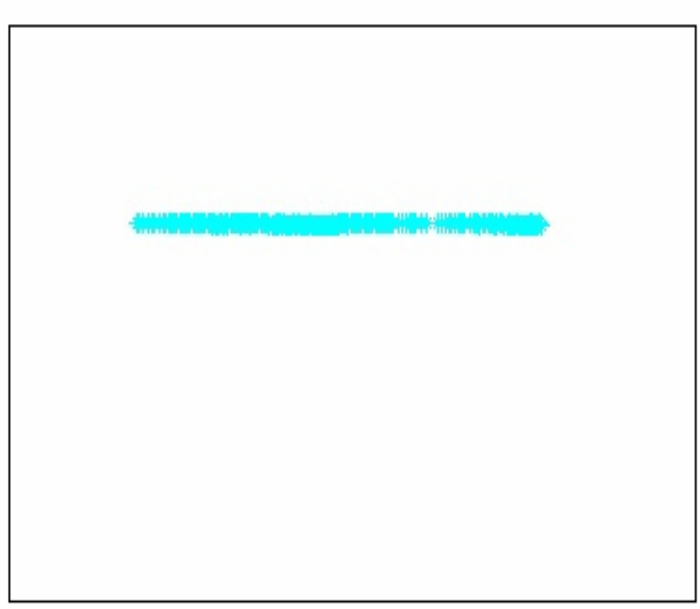
Şekil 4.69. Üçüncü veri kümesi ilk görüntü için kesin doğruluk (ground truth)



Şekil 4.70. Üçüncü veri kümesi son görüntü için kesin doğruluk (ground truth)



a) Üçüncü veri kümesi için kesin doğruluk (ground truth)



b) Üçüncü veri kümesi için hedefin izlediği yörünge (trajectory)

Şekil 4.71. Üçüncü veri kümesi için hedefin kesin doğruluğu (ground truth) ve izlediği yörüngenin kıyaslaması (trajectory)

Görüldüğü üzere birinci, ikinci ve üçüncü veri kümelerinde hedeflerin izlemiş oldukları yörüngeler (trajectory) ile hedeflerin kesin doğrulukları (ground truth) benzerlik göstermektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, termal görüntüleme sistemleri temel alınıp, görüntü işleme yöntemlerinden faydalanılarak, FLIR video ve resim görüntülerinde hareketli hedef tespiti ve takibi gerçekleştirilmiştir. Termal görüntüleme sistemlerinin temeli infrared ışımadır. Dalga boyu 0.7 μm'dan daha uzun, mikrodalgadan daha kısa ışımaya infrared ışıma (radyasyon) denir.

Termal bir görüntüleme sistemi olan FLIR cihazı, kullanıcısına isteğe bağlı olmak üzere renkli gerçek gün görüntüsü, veya gece şartlarına göre infrared görüntü sağlamaktadır. FLIR' dan görüntü elde edilmesinde, özel tasarlanmış objektifler vasıtasıyla, objektifin görüş alanı içindeki tüm nesnelere odaklanılır. Kızılötesi dedektörler, bu odaklanmış radyasyon taraması için kullanılır. Dedektörler sıcaklık haritasının çıkarılmasında yardımcı olurlar. Sıcaklık haritası elde edildikten sonra sinyal işleme biriminde elektrik darbeleri sayısal sinyallere çevrilir. Sinyal işleme birimi olarak kullanılan yapı küçük bir çip içerisinde yer alır. Ayrıca elektrik dürtülerini çevirmek için kullanılan bir devre kartı mevcuttur. Sinyal işleme birimi, verilerin görüntüleneceği ekrana verileri gönderir ve sonrasında görüntü elde edilir.

Bu çalışmada, birinci veri kümesi için bilgisayar ortamında kullanılan görüntü için, hareketli hedef dışında başka bir nesne bulunmamaktadır. Kullanılan '' helikopter2'' görüntüsü gri tona çevrilmeden önce, 240 satır, 320 sütun, her bir piksel için bit sayısı 24 ve 186 resim' den oluşmaktadır. RGB görüntüyü gri renge çevirdiğimizde ise yine görüntümüz 240 satır, 320 sütun, 186 resim' den oluşmaktadır, ancak her bir piksel için bit sayısı 8'e düşer.

Birinci veri kümesi için kullanılan görüntüde, objenin kenarlarını belirlemek için, Matlab programında "Canny'' operatörü kullanılmıştır. Canny uygulaması, diğer opreratörlere göre (Sobel, Roberts, Prewitt ve Laplace) daha net bir görüntü vermiştir. Eşikleme katsayı değeri olarak 0.3 alınmıştır. Objenin sınırlarını belirleme için Regionprops yönteminden yararlanılmıştır.

Şartların değişmesine bağlı olarak ortamdaki hedef sayısı arttığında, arka plan renk değerleriyle hedef veya hedef renk değerleri birbirine yakın olduğunda, hedef tespiti takibi işlemi de buna göre zorlaşmaktadır. İkinci ve üçüncü veri kümeleri için resim farkları (frame difference) yöntemiyle, görüntü üzerindeki görüntü etiketlerinden dolayı oluşabilecek yanlış hedef tespiti ve takibi işleminin önüne geçilmiştir. Ayrıca ikici veri kümesi için aynı anda birden fazla hedefe kilitlenme işlemi de yapılmıştır. Üçüncü veri kümesinde ise hareketli hedefin yanı sıra arka planda başka hareketli nesnelerde bulunmaktadır, bu hareketli nesnelere rağmen istenilen hedefe tespit ve takip işlemi başarılı bir şekilde yapılmıştır.

KAYNAKLAR

1. "Elektromanyetik dalgalar ve insan sağlığı sıkça sorulan sorular ve yanıtları'', ***Tübitak-Bilten,*** 14-15 (2001).

2. Karagöz, İ., Eroğul, O., "***Tıbbi Görüntüleme Sistemleri''***, Haberal Eğitim Vakfı, Ankara, 252-263 (1998).

3. Şensoy, B., "Türkiyede Termal Görüntüleme Teknolojisi'', ***SAVTEK***, Ankara, 371-378 (2002).

4. İnternet : Aselsan, "ASELFLIR 200 Aviyonik Termal Görüntüleme Sistemi, Resim 1-2'' http://www.aselsan.com.tr/urun.asp?urun_id=100

5. Alçı, M., Günay, E., "Termal görüntüleme'' ***Elektrik-Elektronik Bigisayar Mühendisliği 8. Ulasal Kongresi 6-12 Eylül,*** Gaziantep, 598-601 (1999).

6. İnternet : FLIR Systems, Inc., "Products, airborne'' http://www.gs.flir.com/ products/airborne/

7. İnternet : FLIR Systems, Inc., "Products, Unmanned'' http://www.gs.flir.com/ products/unmanned/

8. Crawford, F.I., "Elektro-optical sensors overview'', ***Hughes Aırcraft Company,*** Digital Avionics Systems Conference, 1997. 16th DASC., AIAA/IEEE, (1) 5: 1-14(1997).

9. İnternet : Kızılkaya, A., "Görüntü işleme notları'' http://akizilkaya. pamukkale. edu.tr/Bölüm1_goruntu_isleme.pdf

10. Haberaecker, P., "Digitale Bilverarbeitung.Grundlagen and Anwendungen'', ***Hanser*** , München. (1991). ISBN 3-446-16339-5

11. Russ, J.C., "The Image Processing Hand Book Third Edition'', ***CRC Press***, U.S.A. ISBN:0-8493-2532-3 (1999).

12.İnternet:Bayram,B.,"SayısalGörüntüİşleme"http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/ saygi.htm

13.Önder, M., "Uydu görüntülerinden ulusal coğrafi bilgi sistemine temel oluşturacak nitelikte topografik harita üretimine yönelik analiz ve öneriler'', Doktora Tezi***, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul (1997).

14. Kuşçu, Ç., "Antalya Aksu bölgesi tarım alanlarında expert sınıflandırma yöntemi ile arazi kullanımlarının belirlenmesi'' Yüksek Lisans Tezi, ***Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul (2005).

15. Kahya, O., "Expert sistemle uydu görüntülerinin sınıflandırılması'', Yüksek Lisans Tezi,***Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul (2005).

16. İnternet:Wyman,C. "lectures notes'' www.cs.uiowa.edu/~cwyman/classes/spring08-22C251/homework/canny.pdf

17. Balcı, K., "Üretim otomasyon görüntü tabanlı hata tanıma sistemi'', Yüksek Lisans Tezi, ***Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul (2008).

18. Nair, D., Aggarwal, J.K., "Robust automatic target recognition in second genaration FLIR'', ***IEEE Workshop Applications of Computer Vision,*** 194-201 (1996).

19. Milhaud, N., Medioni, G., "Learning, receognition and navigation from a sequence of infrared Images'', ***IEEE Computer Vision & Image Processing., Proceedings of the 12th IAPR International Conference on,*** 822-825 (1994).

20. Zhao, H., Shah, S., Choi, J.H., Nair, D., Aggarwal, J.K., ''Robust automatic target detection / recognition system for second generation FLIR imagery'' ***Applications of Computer Vision, 1998. WACV '98. Proceedings., Fourth IEEE Workshop on,*** 262-263 (1998).

21. Mirmehdi, M., Palmer, P.L., ve Kittler, J., " Towrards optimal zoom for automatic target recognition'' ***Center for Vision, Speech and Signal Proceesing University of Surrey Guildford, England***, 447-453 (1997)

22. Soumekh, M., Young, S.S., Nasrabadi, N. M., " Time series processing of FLIR imagery for mti and change detection'' , ***Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2003. Proceedings. (ICASSP '03). 2003 IEEE International Conference on,*** .5:21-4 (2003).

23. Gambotto, J.P., "Combing image analysis and thermal models for infrared scene simulations'', ***Image Processing, 1994, Proceedings, ICIP-94., IEEE International Conference***, 710-714 (1994).

24. Powell, G., Martin, R., Marshall, D., Markham, K., "Simulation of flir and ladar data using graphics animation software'', ***Computer Graphics and Applications, 2000. Proceedings. The Eighth Pacific Conference on*** , 129-134, (2000).

25. Shekarforoush, H., Chellappa, R., "A multi fractal formalism for stabilization, object detection and tracking in flir sequences'' ***Image Processing, 2000. Proceedings. 2000 International Conference on***, (3), 78-81 (2000).

26. Chan, L.A., Der, S.Z.,Nasrabadi, N.M. “Improved target detector for FLIR imagery’’ Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2003. Proceedings. (ICASSP '03). 2003 IEEE International Conference on, (II): 401-404 (2003).

27. Teng, T.H., Patra, J.C., Ang, E.L. “Identification and tracking moving targets in flir imagery using artificial neural networks’’ Signal Processing and Its Applications, 2003. Proceedings. Seventh International Symposium on, 2: 223-226 (2003).

28. Singh, S., Markou, M., Haddon, J., “Flir image segmantation and natural object classification’’ Pattern Recognition, 2000. Proceedings. 15th International Conference on, 1: 681-684 (2000).

29. Bennet, P.J., “The use of digital map data for airborne operations’’ ***The Institution of Electrical Engineers Colloquium on*** , 2/1-210 (1998).

30. Wolff, L.B., Lundberg, A., Tang, R. “Image understanding from thermal emission Computer Vision and Pattern Recognition, 1998. Proceedings. 1998 IEEE Computer Society Conference on , 625-631 (1998)

31. Bharadwaj, P., Carin, Lawrance., “Infrared-image classification using hidden markov trees’’ Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 24(10) 1394-1398 (2002).

32. Sun, S.G., Park, J., Park, Y.W. “Identification of military ground vehicles by feature information fusion in flir images’’ ***Agency for Defense Development, Korea, Proceedings of the 3rd International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis,*** 871-876 (2003).

33. Owens, K., Matthies, L. “Passive night vision sensor comparison for unmanned ground vehicle stereo vision navigation’’ ***Robotics and Automation, 2000. Proceedings. ICRA '00. IEEE International Conference on***, (1) 122-131 (2000).

34. Scalera, J.E., Jones, C.F., Soni, M., Bucciero, M.B., Athanas, P. M., Abbott, A. L., and Mishra, A. “Reconfigurable object detection in FLIR image sequences’’ ***Proceedings 10th Annual IEEE Symposium on FieldProgrammable Custom Computing Machines***, 284-285 (2002)

35. İnternet: “FLIR kullanım alanları’’ http://tr.wikipedia.org/wiki/ FLIR#Askeri kullan.C4.B1m

36. Uluslarası Havacılık ve Denizcilik Arama ve Kurtarma Klavuzu***, Görev Koordinasyonu,*** Londra/Montreal, Cilt (2): 194, (1999).

37. İnternet: “ Görünür (visible)-infrared filtre’’ http://en.wikipedia.org /wiki/File :IR_filters_01_Pengo.jpg

38. Yilmaz, A., Shafique, K., Lobo, N., Li, Xin., Olson, T., Shah, M.A., " Target-tracking in flir imagery using mean- shift and global motion compensation'' **in** ***Proceedings of the Workshop on Computer Vision Beyond the Visible Spectrum,*** 54-58 (2001)

39. Yilmaz, A., Shafique, K., Shah, M., " Target tracking in airborne forward loking infrared imagery'' ***Image and Vision Computing,*** 21: 623 – 635 (2003)

40. Del- Blanco, C.R., Jaureguizar, F., Salgado, L., Garcia, N., " Target detection through robust motion segmentation and tracking restrictions in areal flir images'' ***Image Processing, 2007. ICIP 2007. IEEE International Conference on***, 445-448 (2007).

41. Ali, S., Shah, M., "Cocoa – Tracking in areal imagery'' ***Reconnaissance (ISR) Systems and Applications III***, 6209 (2006).

42. Salarpour, A., Salarpour, A., Fathi, M., Dezfoulian, M., " Vehicle tracking using kalman filter and features" ***Signal and Image Processing: An International Journal***, 2 : 2 (2011).

43. Torabi, A., Bilodeau, G., A., Levesque, M., Langlois, J.M.P., Lema, P., Carmant, L., " Measuring an animal body tempature in thermographic video using particle filter tracking" ***Advances in Visual Computing, 4th International Symposium, ISVC 2008, Las Vegas, NV***, 1: 1081-1091 (2008).

44. Cabellero, A. F., Castillo, J.C., Cantos, J.M., " Optical flow or image subtruction in human detection from infrared camera on mobile robot" ***Robotic and Autonomous Systems,*** 58: 1273 – 1281 (2010).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DAĞ, Oğuzhan

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 1979, Yerköy

E-posta : dag.oguzhan@gmail.com

Eğitim Derecesi	**Eğitim Birimi**	**Mezuniyet tarihi**
Lisans	Erciyes Üniversitesi Elektronik Mühendisliği	2004

İş Deneyimi

Yıl	**Yer**	**Görev**
2005-	HAVELSAN A.Ş.	Elektronik Mühendisi

Yabancı Dil
İngilizce