



**HAREKETLİ KAMERADA GERÇEK ZAMANLI ORMAN  
YANGIN DUMANI TESPİTİ**

**REAL-TIME WILDFIRE SMOKE DETECTION  
ON MOVING CAMERA**

**İSMAİL ARSLAN**

**DOÇ. DR. ALİ ZİYA ALKAR**  
**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı için Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2015

**İSMAİL ARSLAN**'ın hazırladığı "**HAREKETLİ KAMERADA GERÇEK ZAMANLI ORMAN YANGIN DUMANI TESPİTİ**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ELEKTRİK VE ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Harun ARTUNER

Başkan

.....

Doç. Dr. Ali Ziya ALKAR

Danışman

.....

Doç. Dr. Umut SEZEN

Üye

.....

Yrd. Doç. Dr. Derya ALTUNAY

Üye

.....

Yrd. Doç. Dr. S. Esen Yüksel

Üye

.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fatma Sevin Düz

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

***Her zaman yanımda olan canım aileme...***

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

25/05/2015

İsmail ARSLAN

# ÖZET

## HAREKETLİ KAMERADA GERÇEK ZAMANLI ORMAN YANGIN DUMANI TESPİTİ

**İsmail ARSLAN**

**Yüksek Lisans, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ali Ziya ALKAR**

**Mayıs 2015, 71 sayfa**

Orman yangınlarının erken tespit edilmesi, ormanların, ormanda yaşayan canlıların ve diğer doğal güzelliklerin korunabilmesi için çok önemlidir. Yangınların erken tespiti üzerine daha önce çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu yöntemlerde, yangın tehlikesi olan bölgeler kameralar yardımıyla izlenmiştir. Kameranın gördüğü görüntü karesinde herhangi bir yangın veya duman olması durumunda ise sistem alarm üreterek uyarıda bulunmaktadır.

Daha önce geliştirilen yöntemlerde kullanılan kameraların sabit bir bölgeyi izledikleri varsayılmaktadır. Bu yüzden kameranın görüş açısı dışında kalan bölgelerde olası bir yangın durumunda yangının tespit süresi gecikecek ve müdahale için geç kalınacaktır.

Bu tezde yapılan çalışmanın amacı, geniş bir alanı 360<sup>0</sup> izleyebilen hareketli bir kameradan elde edilen görüntülerdeki olası bir dumanın varlığını tespit etmektir. İlk olarak kameradan elde edilen görüntülerden kameranın hareket bilgisi çıkartılmıştır. Hareket bilgisi kullanılarak belirli aralıklar ile güncellenen sabit bir arka plan bilgisi elde edilmiştir. Sabit arka plan ile anlık görüntü kareleri

karşılaştırılarak görüntüdeki hareketli pikseller tespit edilmiş ve hareketli piksellerin duman olup olmadığı incelenmiştir.

Önerilen yöntemin detayları ve yöntemden elde edilen sonuçlar ile ilgili çıktılar sunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Orman yangını tespiti, hareketli nesne tespiti, duman tespiti, arka plan modelleme, kamera, hareket bilgisi, görüntü işleme.

# **ABSTRACT**

## **REAL-TIME WILDFIRE SMOKE DETECTION ON MOVING CAMERA**

**İsmail ARSLAN**

**Master of Science, Department of Electrical and Electronics Engineering**

**Supervisor: Doç. Dr. Ali Ziya ALKAR**

**May 2015, 71 pages**

Early detection of forest fires are very important to protect the forests, for the safety of the creatures living in the forest and the other natural beauties. Several studies have previously been made on the early detection of forest fires. In these studies, areas in which fire hazard can occur are monitored by cameras. In case of any forest fire or smoke in image frame that is seen by the camera, the system generates alarms to warn the necessary authorities.

The methods that have been developed earlier for the forest fire detection is built so that the camera monitors a fixed region. If any fire stuation occurs in an area outside of the camera's angle of view, detection of fire will be delayed and it will be too late to intervene.

The aim of the study in this thesis is to detect the presence of smoke in an image frame acquired from a moving camera that can monitor a wide range of 360 degrees. First, the movement information of the camera is obtained from the images. Using this movement information a fixed background information is obtained and updated at certain time intervals. We compare the snapshot frame



with a fixed background to identify the moving pixels in the image and examine whether the moving pixel is a smoke due to a possible fire or not.

The details of the proposed method and results obtained from the method are presented.

**Keywords:** Forest fire detection, moving object detection, smoke detection, background modelling, camera, motion information, image processing.

## TEŞEKKÜR

Bu tezin oluŐturulmasında sağladığı katkılardan ötürü tez danıŐmanım Doç. Dr. Ali Ziya ALKAR'a ve Prof. Dr. A. Enis ÇETİN'e teŐekkürlerimi sunuyorum.

Her zaman yanımda olan aileme, tez süresince bana moral veren tüm arkadaşlarıma, işyerindeki yöneticilerime sonsuz teŐekkürler.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ŞEKİLLER .....	vii
ÇİZELGELER .....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖRNEK OLABİLECEK ÇALIŞMALAR .....	5
3. GÖRÜNTÜ BİRLEŞTİRME TEKNİKLERİ .....	13
3.1. Anahtar Nokta Tabanlı Görüntü Eşleme .....	13
3.1.1. Ölçeksel Uzayda Ekstremlerin Tespiti .....	13
3.1.2. Anahtar Noktaların Konumlandırılması .....	15
3.1.3. Yönelim Atanması .....	16
3.1.4. Anahtar Nokta Tanımlayıcıları .....	16
3.1.5. Anahtar Noktalar ile Görüntülerin Eşleştirilmesi .....	17
3.2. Faz Korelasyonu .....	19
4. ÇALIŞMADA KULLANILAN DİĞER ALGORİTMALAR .....	27
4.1. Hareketli Bölge Tespiti .....	28
4.1.1. Ortalama Filtre ile Arka Plan Modelleme .....	28
4.1.2. Gauss Karışım Modeli ile Arka Plan Modelleme .....	29
4.1.3. Görüntü Karesi Farkı Arka Plan Modelleme .....	29
4.2. Duman Renk Analizi .....	36
4.3. Yükselen Bölge Tespiti .....	41
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	44
6. SONUÇLAR .....	54
KAYNAKLAR .....	56
EKLER .....	60
ÖZGEÇMİŞ .....	70

# ŞEKİLLER

## Sayfa

Şekil 1. Türkiye’de bulunan 750’den fazla orman yangın gözetleme kulelerinin konumlarının harita üzerinde gösterimi [3].....	2
Şekil 2. Bilkent Üniversitesi ve Orman Genel Müdürlüğü’nün Tübitak projesi olarak yaptıkları yangın erken uyarı sistemi ekranı [10] .....	3
Şekil 3. Dumanlı görüntü karesi (b) ve parlaklık görüntüsünün tek seviye dalgacık alt görüntüleri (a) (a görüntüsünde üst kısım LL-LH, alt kısım HL-HH (L:LPF H:HPF)) [11] .....	8
Şekil 4. Tek kademe dalgacık filtresi [11] .....	8
Şekil 5. Duman (sol) olan ve olmayan (sağ) hareketli pikseller için üç kademeli Markov modeli [11].....	9
Şekil 6. Anahtar görüntü karesi farkı kullanılarak aday blokların tespit edilmesi ve duman rengi olmayan blokların elenmesi örneği [12] .....	9
Şekil 7. BoF oluşturma ve rastgele orman öğrenmesi akış diyagramı [12].....	10
Şekil 8. Optik akış ve dalgacık ayırıştırma yöntemi kullanılarak duman tespit sisteminin çalışma yapısı [13].....	11
Şekil 9. Bölütlenmiş duman görüntü karesi: orijinal görüntü karesi (sol) ve karşılığındaki bölütlenmiş görüntü (sağ) [14].....	12
Şekil 10. Gauss filtresinden geçirilmiş görüntüler ( $Lx, y, \sigma$ ) ve bu görüntülerden elde edilen DoG görüntüleri ( $Dx, y, \sigma$ ) .....	14
Şekil 11. Görüntü gradyanından elde edilen anahtar nokta tanımlayıcı .....	17
Şekil 12. Anahtar nokta tabanlı görüntü birleştirme yönteminin uygulaması; (a) ilk görüntü, (b) ikinci görüntü, (c) iki görüntüdeki ortak anahtar noktaların eşleştirilmesi, (d) bulunan eş anahtar noktalara göre görüntülerin birleştirilmesi..	18
Şekil 13. [3,3] birimlik kaymış iki görüntünün faz korelasyonu sonucu [3,3] noktasında tepe noktası oluşacaktır .....	19
Şekil 14. Örnek videodan alınmış arka plan görüntü karesi .....	22
Şekil 15. Örnek videodan alınmış anlık görüntü karesi.....	23

Şekil 16. Şekil 14 ve Şekil 15'teki görüntü karelerinin faz korelasyonu işlemi sonucu bulunmuş olan tepe noktasının gösterimi.....	24
Şekil 17. Şekil 12'de gösterilen tepe noktasının yakından görünümü.....	24
Şekil 18. Faz korelasyonu ile hesaplanan tepe noktasının 3 boyutlu uzayda gösterimi.....	25
Şekil 19. Arka plan ve anlık görüntü karelerinin hesaplanan tepe noktasına göre kesişiminin gösterimi (Arka plan görüntü karesi arkada) .....	26
Şekil 20. Arka plan ve anlık görüntü karelerinin hesaplanan tepe noktasına göre kesişiminin gösterimi (Arka plan görüntü karesi önde) .....	26
Şekil 21. Genel olarak algoritmanın çalışma diyagramı (Flow Chart) .....	27
Şekil 22. (a) ve (b) görüntü karelerinin farkının sonucu (c).....	30
Şekil 23. Çizelge 3'te belirtilen sözde koda göre görüntü karelerinin kesişmeyen bölgelerinin çıkartılmış halleri .....	32
Şekil 24. Şekil 23(a) ve Şekil 23(b) görüntü karelerinin herhangi bir işlem yapmadan birbirlerinden çıkartılması sonucu hesaplanmış hareket matrisi .....	34
Şekil 25. Şekil 23(a) ve Şekil 23(b) görüntü karelerine (17) formülü ve eşik değerleri uygulanması sonucu hesaplanmış olan hareket matrisi .....	35
Şekil 26. Videodan alınan RGB formatında görüntü .....	39
Şekil 27. Y'UV formatındaki görüntü karesinin; (a) Y' kanalı, (b) U kanalı, (c) V kanalı.....	40
Şekil 28. Şekil 27'deki görüntü karesinin her bir kanalı ve (17) eşitliği kullanılarak elde edilmiş duman rengindeki bölgeler. ....	40
Şekil 29. (a) Anlık görüntü karesi ve (b) arka plan görüntü karesinde bulunmuş duman rengindeki bölgeler .....	41
Şekil 30. (a) Görüntü karelerinde tespit edilen hareketli bölgeler ile duman renginde olan bölgelerin kesişimlerinin anlık ve (b) arka plan görüntüleri için sonuçları.....	42
Şekil 31. (b) Arka plan görüntüsünde bulunan dumanlı bölge ile (a) anlık görüntüde bulunan dumanlı bölgenin yükseklik farkı .....	43

Şekil 32. Videodan alınan (a) arka plan ve (b) anlık görüntü kareleri .....	45
Şekil 33. Şekil 32'deki görüntülerin kesişimlerinin ve tespit edilen dumanlı bölgenin gösterimi. (a) Arka plan görüntüsü, (b) anlık görüntü, (c) faz korelasyonu sonucu bulunan kesişim noktası, (d) algoritmaların sonucu hesaplanan dumanlı bölge...	46
Şekil 34. Videodan alınan (a) arka plan ve (b) anlık görüntü kareleri .....	46
Şekil 35. Şekil 34'teki görüntülerin kesişimlerinin ve tespit edilen dumanlı bölgenin gösterimi. (a) Arka plan görüntüsü, (b) anlık görüntü, (c) faz korelasyonu sonucu bulunan kesişim noktası, (d) algoritmaların sonucu hesaplanan dumanlı bölge...	47
Şekil 36. Videodan alınan (a) arka plan görüntüsü, (b) arka plan görüntüsü ile (c)anlık görüntünün kesişimleri, (d) hesaplanan dumanlı bölge.....	48
Şekil 37. (a) Arka plan ve (b) anlık görüntü kareleri, (c) görüntü karelerinin kesişimlerinin sonucu, (d) hesaplanan dumanlı bölge .....	49
Şekil 38. Algoritmanın, titreyen kameradan elde edilen videonun beş farklı görüntü karesi için sonuçları.....	50
Şekil 39. Algoritmanın faz korelasyonu yöntemi kullanılmadan, titreyen kameradan elde edilen videonun beş farklı görüntü karesi için sonuçları .....	51

## ÇİZELGELER

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1. WMA algoritmasının tanımı .....	6
Çizelge 2. LMS algoritmasının tanımı.....	7
Çizelge 3. Faz korelasyonu ile hesaplanan kesişim noktasına göre görüntü güncelleme algoritması .....	31
Çizelge 4. Çalışmada Kullanılan Eşik Değerleri .....	44
Çizelge 5. Hareketli ve uzaktan çekilmiş görüntüde yapılan çalışma sonuçları ....	53
Çizelge 6. Hareketsiz ve yakından çekilmiş görüntüde yapılan çalışma sonuçları	53

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$\mathcal{F}$	Fourier Transform
$\delta$	Delta

### Kısaltmalar

BoF	: Bag-of-Feature	Özellikler Çantası
DFT	: Discrete Fourier Transform	Ayrık Fourier Dönüşümü
DoG	: Difference of Gaussians	Gaussian'lar Farkı
FAR	: False Alarm Rate	Yanlış Alarm Oranı
FRR	: False Rejection Rate	Yanlış Reddetme Oranı
HMM	: Hidden Markov Model	Gizli Markov Modeli
HOF	: Histogram of Optical Flow	Optik Akış Histogramı
HOG	: Histogram of Oriented Gradient	Yönlü Eğimin Histogramı
HPF	: High Pass Filter	Yüksek Geçiren Filtre
ITU-R	: International Telecommunication Union – Recommendation	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği – Önerileri
LMS	: Least Mean Square	En Az Ortalama Karesi
LPF	: Low Pass Filter	Alçak Geçiren Filtre
RGB	: Red – Green – Blue	Kırmızı – Yeşil – Mavi
SIFT	: Scale-Invariant Feature Transform	Ölçekten Bağımsız Özellik Dönüşümü
WMA	: Weighted Majority Algorithm	Ağırlıklı Çoğunluk Algoritması

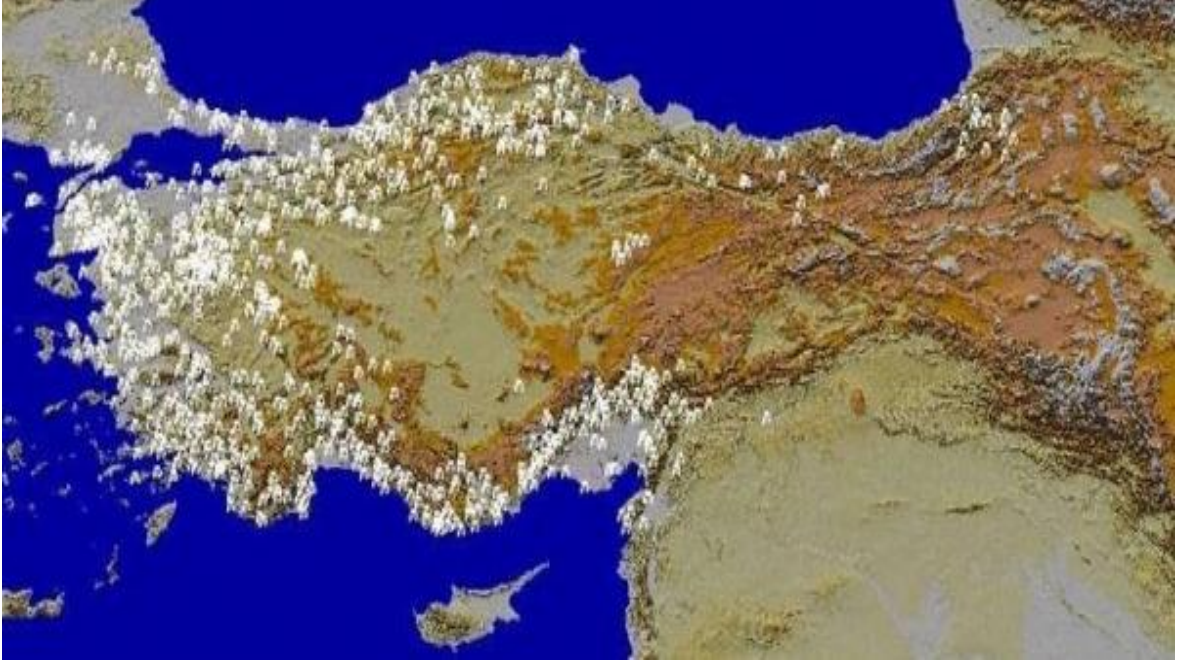


# 1. GİRİŞ

Ormanlar ile kaplı geniş alanların bulunduğu sıcak iklim bölgelerinde orman yangınları ekosistem ve insan sağlığı açısından önemli sorun teşkil etmektedir. Her yıl dünya üzerindeki orman alanlarının çoğu orman yangınlarından dolayı yok olmaktadır. Ayrıca yangının olduğu bölgede bulunan tarihi ve kültürel miraslar da zarar görmekte veya yok olmaktadır.

Sadece Türkiye’de 2013 yılında 3755 orman yangını çıkmış ve bu yangınlar sonucunda 11456 hektar alan zarar görmüştür [1]. Çoğunluk ile yangına karşı aşırı hassas olan Akdeniz ve Ege bölgelerinde çıkan yangınlar sonucunda oluşacak olan maddi ve çevresel zararı en aza indirmek açısından orman yangınlarının erken tespiti çok önemlidir. Bunun için ülkemizde 750’den fazla yangın gözetleme kulesi bulunmaktadır (Şekil 1). Kulelerde bulunan orman muhafaza memurları sürekli olarak ormanı izlemekte ve herhangi bir yangın şüphesinde hemen ilgili yerleri uarmaktadır [1]. Bu şekilde dahi ortalama orman yangını tespit süresi 5 dakikadır. Fakat uzun süreli gözetlemelerde kişinin konsantrasyonu dağılabilmekte, yangının tespiti ve erken müdahalesi için geç kalınabilmektedir [2].

Bunun haricinde insansız hava araçları, uydu sistemleri ve keşif uçakları gibi farklı yöntemler de orman yangınlarının erken tespiti için kullanılmaktadır [3]. İnsansız hava araçları ve keşif uçakları ile geniş alanları takip edebilmek için bu araçlardan fazla miktarda gereklidir ki, bu da maliyetleri arttırdığından dolayı fazla tercih edilememektedir. Uydu sistemleri ise hızlı tespit yönünden yeterli değildir. Çünkü uydudan her an görüntü almak mümkün olmayabilir veya yangın uyduğun gördüğü bölgede çıkmamış olabilir. Bu da orman yangınının tespitinde fazla miktarda gecikmeye sebep olacaktır.

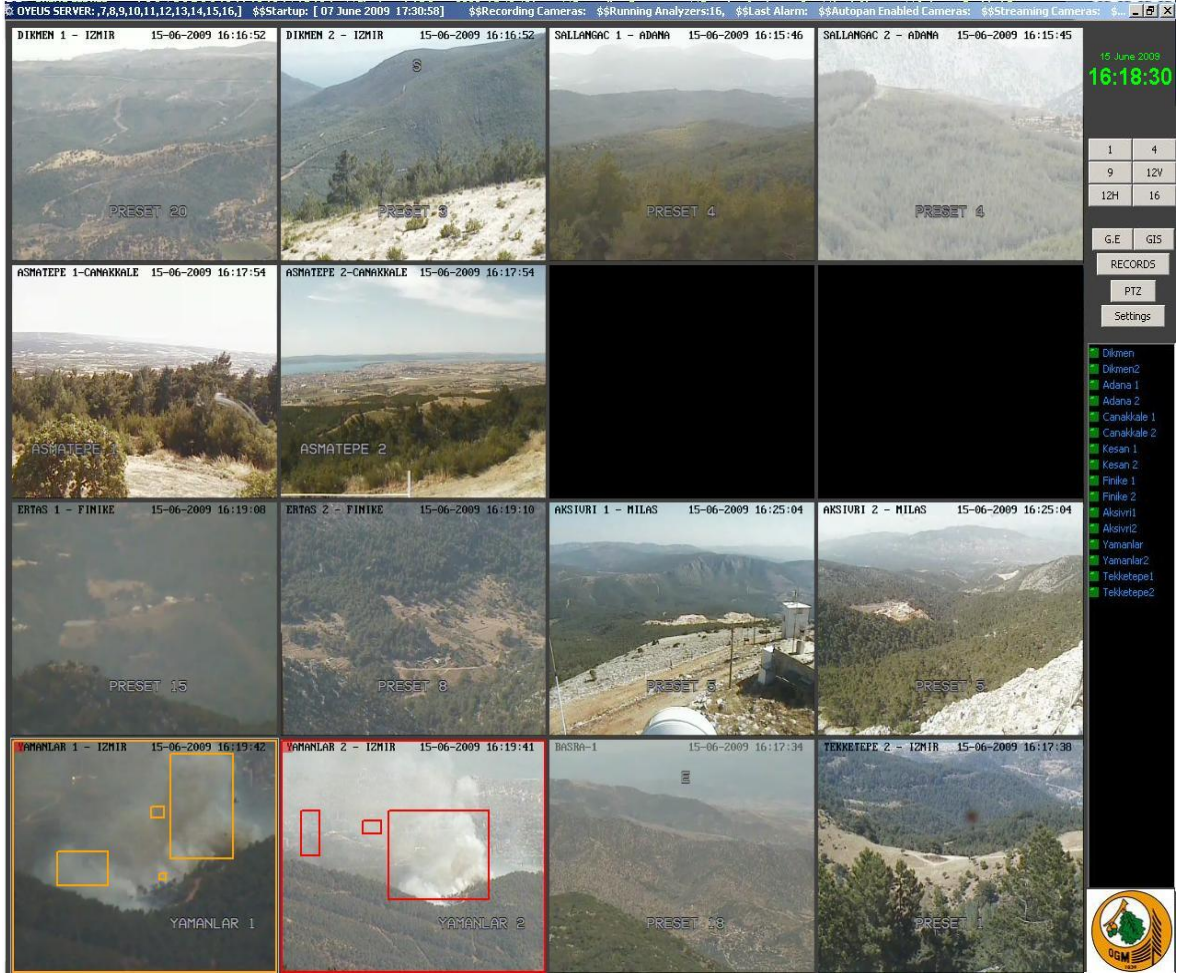


Şekil 1. Türkiye’de bulunan 750’den fazla orman yangın gözetleme kulelerinin konumlarının harita üzerinde gösterimi [3]

Ülkemizde yangın gözetleme kulelerinden bazılarında insan dikkatsizliğinden kaynaklanacak sorunları azaltmak ve gerekli olan insan gücünü azaltmak için kamera sistemleri yerleştirilmiştir. Bu kameralar sayesinde tek bir merkezden birçok bölge tek bir kişi tarafından takip edilebilmektedir. Fakat bu defa da bir kişinin önünde birçok ekran açık olduğu için yangın durumunun takibi güçleşmekte, yine dikkatsizlik, dalgınlık, yorgunluk gibi insan kaynaklı sorunlar olabilmektedir. Bunun da önüne geçmek adına günümüzde bilgisayarların gelişmesi ile kulelerde bulunan bu kameralardan elde edilen görüntüler bilgisayar yardımı ve çeşitli görüntü işlem teknikleri ile değerlendirilerek herhangi bir yangın veya duman tespiti durumunda uyarı verebilecek ‘Uzaktan Algılama Sistemleri’ geliştirilmesi üzerine son yıllarda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır [4] [5] [6] [7] [8]. Geliştirilen sistemler yardımı ile hem gerekli insan gücü miktarı azaltılmakta hem de gerekli yönlendirmelerin daha kolay yapılmasını sağlamaktadır.

Şekil 2’de Bilkent Üniversitesi ve Orman Genel Müdürlüğü’nün TÜBİTAK projesi olarak yapmış olduğu orman yangını erken uyarı sistemi görülmektedir. Bu uyarı sisteminde kameralar 24 saat boyunca görüş alanlarını takip etmektedir. Olası bir

yangın veya duman olması durumunda 15 – 25 saniye içinde tespit ederek ilgili kişi ve yerleri uymaktadır [9].



Şekil 2. Bilkent Üniversitesi ve Orman Genel Müdürlüğü'nün Tübitak projesi olarak yaptıkları yangın erken uyarı sistemi ekranı [10]

Geliştirilen bu sistem sabit kameralar ile çalışmakta ve sadece kameranın görüş alanı dahilindeki alan gözlenebilmektedir. Diğer alanları gözlemlemek için daha fazla kamera gerekmekte, bu da hem maliyeti ve gerekli olan enerji miktarını, hem de bilgisayarın işlem yükünü arttırmaktadır. Tek bir kamera ile gözlemlenmesi durumunda ise, kamera alanının biraz dışında kalan bir alanda çıkabilecek yangının erken tespitinde yine sorun oluşabilmektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmak için, geniş bir alanı tarayan hareketli kameradan alınan görüntüler üzerinde de duman tespitine yönelik yöntemler geliştirilebilir.

Bu çalışma kapsamında, hareketli kamerada görüntü işleme yöntemi kullanılarak orman yangın dumanını sadece bir adet kamera ile 360° gözlemleme yaparak tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde daha önce yapılmış olan çalışmalar ile ilgili literatür araştırmaları verilmektedir. Üçüncü bölümde tezde kullanılan görüntü birleştirme yöntemi ile ilgili detaylı bilgi verilmiş; dördüncü bölümde ise tez kapsamında kullanılan hareket tespiti, renk analizi ve yükselen bölge tespiti yöntemleri anlatılmış, beşinci bölümde tez çalışmalarında elde edilen sonuçlar, son olarak da altıncı bölümde değerlendirmeler verilmiştir.

## 2. ÖRNEK OLABİLECEK ÇALIŞMALAR

Bu bölümde yapılan incelemede daha çok duman tespit yöntemi üzerinde durulmuştur. Literatürde duman tespiti üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir ve inceleme sonuçları verilmiştir.

İlk olarak, en küçük ortalama kare (LMS) yöntemi kullanılarak uzak bir mesafedeki (>100m) orman yangını tespit edilmeye çalışılmıştır [2]. Yapılan çalışmada yakın bir noktada bulunan dumanın özellikleri ile uzakta bulunanın özellikleri arasındaki farklılıklardır. Bu farklılıklardan yola çıkılarak dört alt algoritma geliştirilmiştir ( $D_1, D_2, D_3, D_4$ ). Bunlar videodaki yavaş hareket eden nesnelere tespiti, gri bölge tespiti, yükselen nesne tespiti, gölge tespiti ve tespit edilen gölgenin elenmesi yöntemlerinden oluşmaktadır. Bu algoritmaların sonuçları Çizelge 1’de gösterildiği gibi ağırlıklı çoğunluk algoritması (WMA) kullanılarak bir araya getirilmektedir. Alt algoritmaların başlangıç değerleri gerçek yangınlardan ve test yangınlarından hesaplanmakta ve hesaplanan değerler LMS algoritması (Çizelge 2) kullanılarak güncellenmektedir. Sistemin çalışması sonucu oluşan alarmların hatalı olabilmesi durumuna karşılık, son olarak bir görevliden onay istenmektedir [2].

Çizelge 1. WMA algoritmasının tanımı

<b>Weighted Majority(x,n)</b>
<pre><b>for</b> <math>i = 1</math> <b>to</b> <math>N</math> <b>do</b>     <math>w_i(0) = \frac{1}{N}</math>, Initialization <b>end for</b>  <b>if</b> <math>\sum_{i:d_i(x,n)=1} w_i(n) \geq \sum_{i:d_i(x,n)=-1} w_i(n)</math> <b>then</b>     <b>return</b> 1 <b>else</b>     <b>return</b> - 1 <b>end if</b>  <b>for</b> <math>i = 1</math> <b>to</b> <math>N</math> <b>do</b>     <b>if</b> <math>d_i(x,n) \neq y</math> <b>then</b>         <math>w_i(n + 1) \leftarrow \frac{w_i(n)}{2}</math>     <b>end if</b> <b>end for</b></pre>
<p>d : Tespit algoritması N : Kullanılan Tespit Algoritması sayısı x : Gelen görüntüden alınan örneğin görüntüde bulunduğu nokta y : Doğru sınıflandırma sonucu n : Zaman adımı w : Ağırlık vektörü</p>

Çizelge 2. LMS algoritmasının tanımı

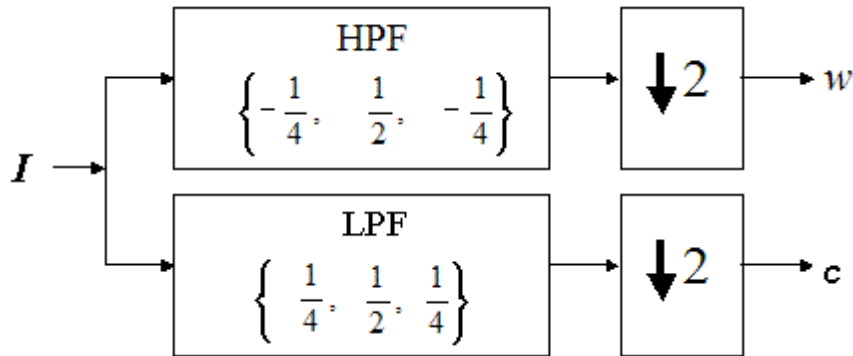
<b>LMS Based Active Decision(x,n)</b>
<p><b>for</b> <math>i = 1</math> to <math>N</math> <b>do</b></p> $w_i(0) = \frac{1}{N}, \text{Initialization}$ <p><b>end for</b></p> $\hat{y}(x, n) = \sum_i w_i(n) D_i(x, n)$ <p><b>if</b> <math>\hat{y}(x, n) \geq 0</math> <b>then</b></p> <p style="padding-left: 20px;"><b>return</b> 1</p> <p><b>else</b></p> <p style="padding-left: 20px;"><b>return</b> - 1</p> <p><b>end if</b></p> $e(x, n) = y(x, n) - \hat{y}(x, n)$ <p><b>for</b> <math>i = 1</math> to <math>N</math> <b>do</b></p> $w_i(n) \leftarrow w_i(n) + \mu \frac{e(x, n)}{\ D(x, n)\ ^2} D_i(x, n)$ <p><b>end for</b></p>
<p><math>\hat{y}</math> : Doğru sınıflandırma sonucu kestirimi  <math>N</math> : Kullanılan Tespit Algoritması sayısı  <math>e</math> : Hata  <math>\mu</math> : 0 ile 2 arasında güncelleme parametresi  <math>w</math> : Ağırlık vektörü</p>

Başka bir çalışmada, sabit kamerada duman tespiti üzerine bir çalışma yapılmıştır [11]. Bu çalışmada yangının başlangıç aşamasında dumanın şeffaf olması özelliğinden faydalanılmıştır (Şekil 3). Bu özellik sayesinde görüntüde bulunan kenarlar keskinliklerini kaybetmekte ve görüntüdeki yüksek frekanslı içerikler kaybolmaktadır.



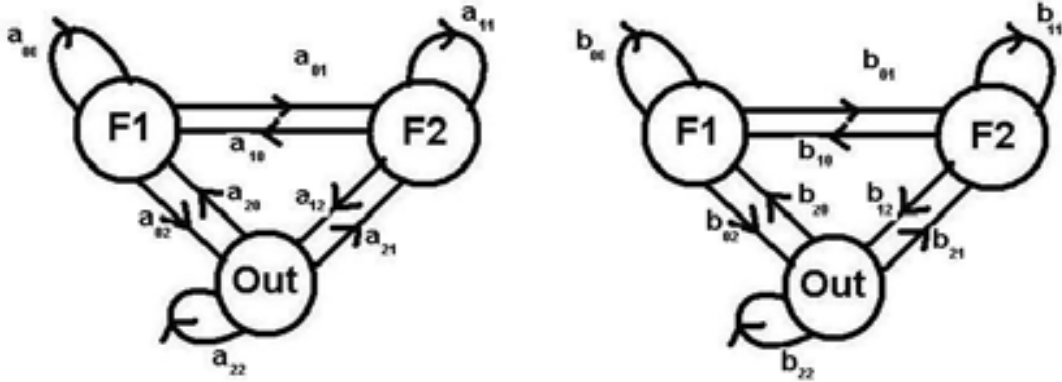
Şekil 3. Dumanlı görüntü karesi (b) ve parlaklık görüntüsünün tek seviye dalgacık alt görüntüleri (a) (a görüntüsünde üst kısım LL-LH, alt kısım HL-HH (L:LPF H:HPF)) [11]

Çalışma beş farklı aşamadan oluşmaktadır. Bunlar, hareketli piksel veya bölgenin tespiti, yüksek frekanslı içeriklerin özelliklerini kaybetmesinin tespiti, U ve V kanallarındaki azalma, gizli markov modeli (HMM) uygulanarak titreşim analizi ve son olarak da nesne çevre çizgisine dalgacık alan analizi uygulanmıştır. Uygulanan Markov modelinde  $I(n)$ ,  $n$ 'inci görüntü karesindeki bir pikselin parlaklık değeri olsun.  $I$  dalgacık katsayıları Şekil 4'teki filtreleme sonucunda elde edilir. Daha sonra dalgacık alan analizinde kenarların görünürlüğündeki azalmayı saptamak için kullanılan  $0 < T_1 < T_2 < 1$  eşik değerleri kullanılarak Şekil 5'te belirtilen üç kademeli Markov modeli için duman olan ve olmayan hareketli nesnelere tanımlanır. Buna göre eğer  $|w_n| < T_1$  ise durum F1;  $T_1 < |w_n| < T_2$  ise durum F2;  $T_2 < |w_n|$  ise çıkış durumuna ulaşılır [11].



Şekil 4. Tek kademe dalgacık filtresi [11]





Şekil 5. Duman (sol) olan ve olmayan (sağ) hareketli pikseller için üç kademeli Markov modeli [11]

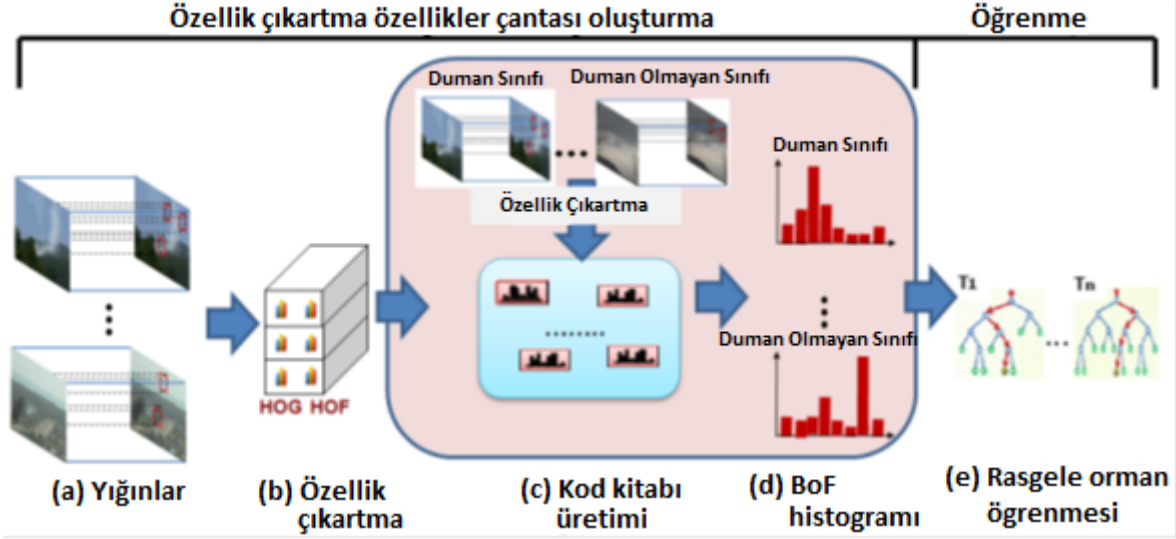
Rastgele orman sınıflandırıcı ve zaman-mantıksal BoF algoritmalarını temel alan yöntem kullanılarak geliştirilen başka bir sistemde yine duman tespiti üzerine çalışılmıştır. İlk olarak videodaki anahtar görüntü karelerinden aday bloklar tespit edilmektedir [12].



Şekil 6. Anahtar görüntü karesi farkı kullanılarak aday blokların tespit edilmesi ve duman rengi olmayan blokların elenmesi örneği [12]

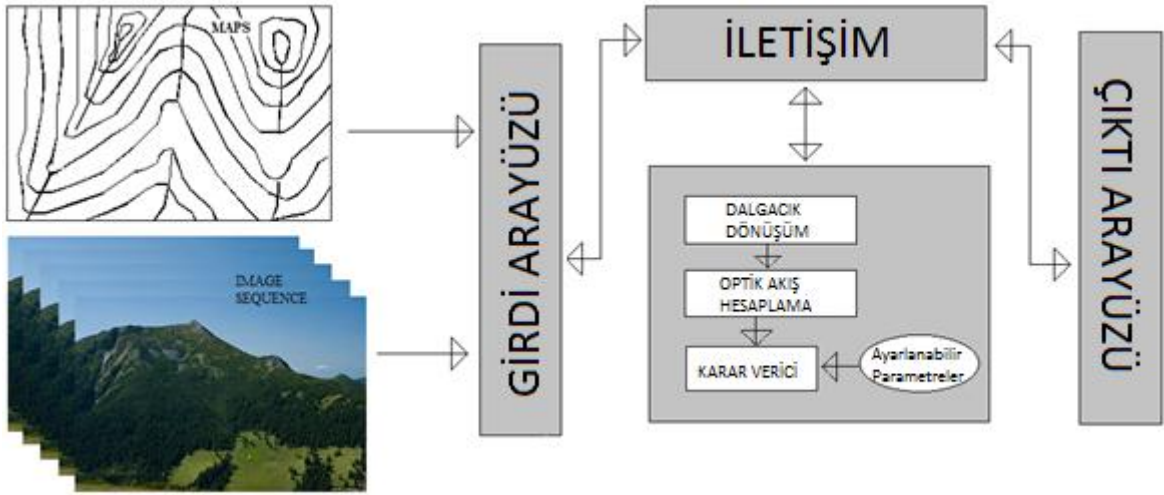
Daha sonra bu bloklar o anki anahtar görüntü karesi ile birleştirilmektedir (Şekil 6). Kullanılan bloktan HOG uzaysal özellik olarak, ve HOF zamansal özellik olarak çıkartılmaktadır. Daha sonra sistemin hızını arttırmak için, rastgele orman

sınıflandırıcı kullanılmıştır. Rastgele orman sınıflandırıcı BoF histogramını kullanarak öğrenme aşamasında oluşturulmuş ve iki algoritma birlikte kullanılarak duman tespiti hızlandırılmıştır. Kullanılan yöntemler Şekil 7’de ayrıntılı olarak belirtilmiştir.



Şekil 7. BoF oluşturma ve rastgele orman öğrenmesi akış diyagramı [12]

Orman yangınlarının erken tespiti için duman tespit yöntemi kullanılan çalışmada optik akış ve dalgacık ayrıştırma tekniklerinin kullanılarak dumanın bazı karakteristik özellikleri (duman rengi, yükseliş hızı, dağılımı gibi) hesaplanmış ve duman tespit edilmeye çalışılmıştır. Yöntemde kullanılan optik akış tekniği hareketli bölgenin tespitinde, dalgacık ayrıştırma yöntemi ise hareketin çeşitli çözünürlüklerde de tespitinin yapılabilmesinde kullanılmıştır. Bu iki tekniğin birleşiminin sonucunda duman gibi yavaş hareket eden bölgelerinde duman tespiti sağlanmıştır. Şekil 8’de kullanılan yöntemin blok diyagramı görülmektedir. Burada girdi olarak görüntü kareleri ile birlikte yeryüzü yapısı hakkında çeşitli bilgileri içeren harita bilgisi de verilmektedir. Dijital görüntü işleme bloğu ise dumanın karakteristik özelliklerini tahmin ederek çıkış arayüzüne iletmektedir. İletişim arayüzü ise tüm blokların birbirleri ile iletişimlerini sağlamaktadır [13].



Şekil 8. Optik akış ve dalgacık ayrıştırma yöntemi kullanılarak duman tespit sisteminin çalışma yapısı [13]

A ve B olarak adlandırılan iki farklı algoritma kullanılarak geliştirilen bir başka yöntemde duman tespiti üzerine çalışılmıştır [14]. A algoritması, kameradan elde edilen görüntü karelerinden, her görüntü karesi için duman bulutunu bölütleyecek şekilde tasarlanmış; B algoritması ise tek bir görüntü karesinde karakteristik hesaplamalar yaparak o görüntü karesinde dumanın bulunması durumuna göre alarm üretmektedir. Bu algoritmalarda ilk olarak duman bulutunun çeşitli fiziksel karakteristik özellikleri çıkartılmaktadır. Bu özellikleri çıkartmak için, hareketli alan tespiti, duman renk analizi, keskin kenar tespiti, yükselen alan tespiti ve çevre bozukluk analizi görüntü kareleri için de incelenmektedir. Bu incelemelerin sonuçlarında elde edilen özellikler A ve B algoritmaları için ayrı kullanılmaktadır. A algoritması için hareket değeri, duman renk değeri, keskin kenar değeri, çevre bozulma değeri ve N adet önceki görüntü kareleri göz önünde bulundurarak yükselme ve genişleme değerleri; B algoritması içinde global duman renk değeri, global keskin kenar değeri, çevre bozulma değeri ortalaması, ve N adet önceki görüntü kareleri dikkate alınarak yükselme ve genişleme değerleri kullanılmaktadır. Buna göre A algoritması için toplam  $[4 + (N \times 2)]$  ve B algoritması içinde  $[3 + (N \times 2)]$  adet özellik çıkartılmaktadır [14].

Daha sonra tespit edilen bu özelliklerden en belirleyicilerini seçmek ve gerekli hesaplama maliyetini azaltmak için *k-En Yakın Komşuluk* tabanlı bir özellik seçme algoritması kullanılmaktadır. Seçme işleminden sonra hesaplamalı zekâ teknikleri

kullanılarak her görüntü karesi duman ve duman değil olarak sınıflandırılmaktadır. Duman olarak sınıflandırılan görüntü karelerindeki dumanlı olan bölgeler Şekil 9'da görüldüğü gibi bölütlenerek duman tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada rüzgâr, sis, düşük ışık gibi çevresel etkenler simüle edilerek bir duman bulutu modeli oluşturulmuş ve bu oluşturulan model gerçek görüntü kareleri ile birleştirilmiştir [14].



Şekil 9. Bölütlenmiş duman görüntü karesi: orijinal görüntü karesi (sol) ve karşılığındaki bölütlenmiş görüntü (sağ) [14].

### 3. GÖRÜNTÜ BİRLEŞTİRME TEKNİKLERİ

Duman tespiti için kullanılacak olan hareketli kameradan alınan görüntü kareleri arasında farklar bulunmaktadır. Bu farkları ortadan kaldırarak sabit bir arka plan görüntüsü elde edebilmek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler kullanılarak kameranın hareket bilgisi elde edilerek görüntüler arasındaki kayma miktarı hesaplanabilir ve iki görüntü karesi arasındaki ortak bölgeler bulunabilir.

Bölüm 3.1'de anlatılan yöntemde görüntü karelerinde anahtar noktalar bulunmuş ve iki görüntü karesinde ortak olan anahtar noktalar eşleştirilerek görüntülerin ortak bölgeleri hesaplanmıştır. Bölüm 3.2'de anlatılan yöntemde ise iki görüntü karesi frekans uzayında incelenmiştir. İki görüntünün uzaysal alanda kayması sonucu frekans alanında doğrusal faz farkı oluşmaktadır. Buradan da görüntüler arasında kayma miktarı bulunmuş ve ortak alanları çıkartılmıştır. Kamera görüntüleri arasındaki kaymanın yatayda olmasından, görüntülerin uzaktan çekilmiş kameradan elde edilmesinden, görüntü karelerinin tek bir yönelimde olmasından, ilk yöntemle göre daha kolay uygulanmasından ve elde edilen sonuçlarda görüntülerin doğru olarak eşleşmesinden dolayı çalışmada faz korelasyonu yöntemi tercih edilmiştir.

#### 3.1. Anahtar Nokta Tabanlı Görüntü Eşleme

Birbirinin belirli miktarda kaymış şekli olan iki görüntünün kesişimlerinin bulunması ve iki görüntüyü doğru bir şekilde hizalamak için anahtar nokta tespitinden yararlanılabilir. Anahtar noktaların tespiti için SIFT yöntemi kullanılabilir. 1999 yılında David Lowe tarafından önerilen bu yöntemde görüntü karesindeki lokal özellikleri tespit eder ve tanımlar [15]. Özellikler tespit edilirken görüntülerde olabilecek parlaklık farkından, gürültüden ve ölçek farkından etkilenmeyecek şekilde olan noktalar seçilmektedir. Bu noktalar çoğunlukla görüntünün köşe, kenar gibi yüksek kontrasta sahip bölgelerinden seçilmektedir. Öne sürülen algoritma temel olarak dört ana kısımdan oluşmaktadır.

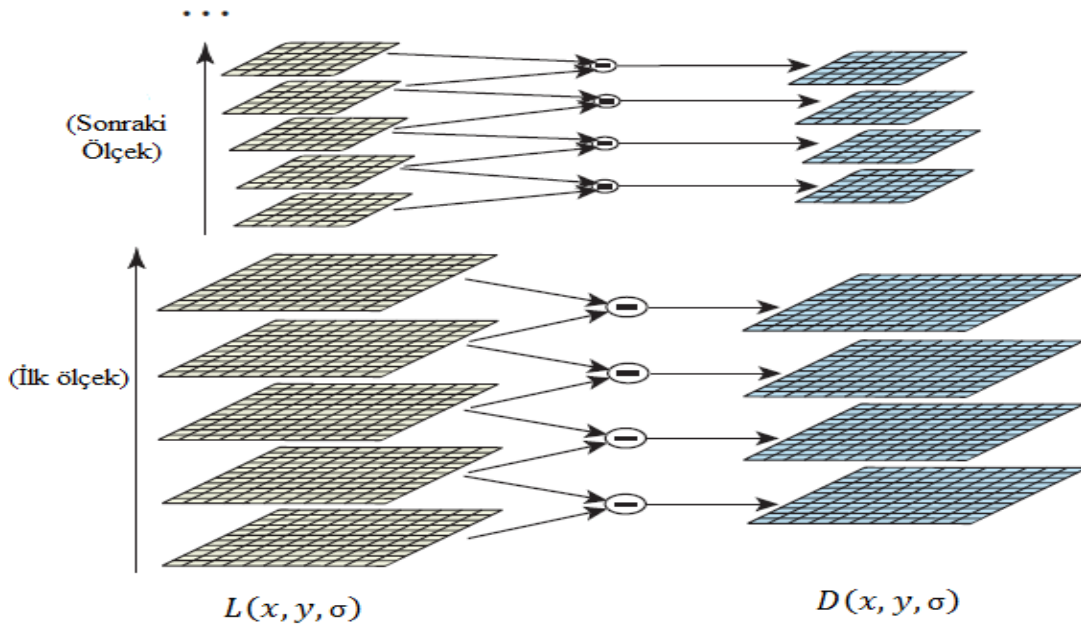
##### 3.1.1. Ölçeksel Uzayda Ekstremlerin Tespiti

Algoritmanın bu aşamasında ilgi noktaları tespit edilmektedir. Farklı ölçeklerde değişmeyen, sabit anahtar noktaların tespiti için SIFT algoritmasında DoG yöntemi

kullanılmaktadır. Ölçeksel uzayda görüntü,  $L(x, y, \sigma)$ , değişik ölçeklerdeki Gaussian,  $G(x, y, \sigma)$ , ile görüntünün,  $I(x, y)$ , evrişiminden üretilir. Buradan yola çıkarak önerilen yöntemde DoG fonksiyonu ile görüntünün evrişimi hesaplanır. Bu evrişim işlemi iki yakın ölçeğin farkından hesaplanabilir (bu ölçekler  $k$  gibi sabit bir çarpan ile belirlenmiştir). Buna göre :

$$\begin{aligned} D(x, y, \sigma) &= (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) * I(x, y) \\ &= L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \end{aligned} \quad (1)$$

Daha sonra bu işlem görüntünün boyutu yarıya indirilerek farklı oktav değerleri içinde tekrar edilir (Şekil 10). Bu işlemlerden sonra elde edilen DoG görüntülerinden anahtar noktalar, DoG görüntülerinin çapraz ölçeklerindeki lokal maksimum/minimumlar olarak tanımlanır. Bu işlem her bir pikselin sekiz piksel komşuluğu ile komşu ölçeklerdeki dokuz pikselin karşılaştırılması ve sonucunda piksel, maksimum veya minimum ise bu piksel aday anahtar noktası olarak seçilir.



Şekil 10. Gauss filtresinden geçirilmiş görüntüler ( $L(x, y, \sigma)$ ) ve bu görüntülerden elde edilen DoG görüntüleri ( $D(x, y, \sigma)$ )

### 3.1.2. Anahtar Noktaların Konumlandırılması

Bir önceki bölümde bir çok aday anahtar noktası tespit edilmiştir. Tespit edilen bu noktalardan bazıları kararlı olmadıkları için, yani kontrast değerleri düşük oldukları veya kenar boyunca sıralandıkları için elenmelidir.

DoG fonksiyonu ile hesaplanmış olan aday anahtar noktalardan düşük kontrastta olanlar ikinci dereceden Taylor serisi açılımı [16] kullanılarak elenir. Taylor serisi eşitliğinde, hesaplanan maksimum ve minimum noktalarında sıfıra eşit olacağından, eşitliğin türevi alınır. Yapılan düzenlemeler sonucunda aşağıdaki DoG fonksiyonu elde edilir ve bu eşitlik ile kararsız uç noktalar elenir.

$$D(x) = D + \frac{1}{2} \frac{\partial D^T}{\partial x} \frac{\partial^2 D^{-1}}{\partial x^2} \frac{\partial D}{\partial x} \quad (2)$$

Bu işlemden sonra kararlılığı arttırmak için kenarlarda bulunan anahtar noktalarında elenmesi gerekmektedir. Çünkü DoG fonksiyonu kenarlarda güçlü tepki vermektedir. Bunun için Hessien matrisi kullanılmaktadır [16]. Bu matris için en büyük özdeğer  $\alpha$  ve en küçük özdeğer  $\beta$  olsun. Hessien matrisinin iz değeri ve determinantı;

$$\begin{aligned} Tr(H) &= D_{xx} + D_{yy} = \alpha + \beta \\ Det(H) &= D_{xx}D_{yy} - D_{xy}^2 \\ r &= \frac{\alpha}{\beta} \end{aligned} \quad (3)$$

şeklinde hesaplanır ve (3) eşitliklerinden eşitlik (4) elde edilir. Bu eşitliğe göre  $R$  değeri özdeğerlerin eşit olduğu durumda minimum olur ve  $r$  değeri arttıkça artar. Herhangi bir aday anahtar nokta için hesaplanan  $R$  değeri, belirlenen bir  $r_{Th}$  eşik değeri ile hesaplanan  $(r_{Th} + 1)^2 / r_{Th}$  değerinden daha fazla ise bu anahtar noktalar iyi konumlandırılmadıkları için elenmelidir.

$$R = \frac{Tr(H)^2}{Det(H)} = \frac{(r_{Th} + 1)^2}{r_{Th}} \quad (4)$$

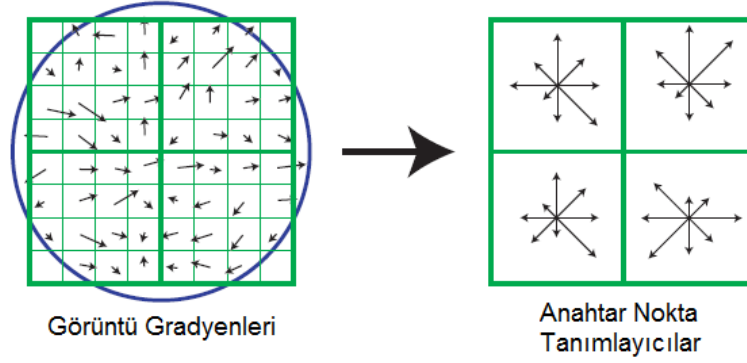
### 3.1.3. Yönelim Atanması

Bu kısımda kullanılan yöntem ile görüntü dönmelerine karşı algoritmanın daha iyi çalışması sağlanmıştır. Önceki bölümlerde bulunan Gauss filtresinden geçirilmiş olan  $L(x, y, \sigma)$  kullanılarak eğim büyüklüğü  $m(x, y)$  ve yönelim açısı  $\theta(x, y)$  hesaplanır [16]. Bu işlem görüntüdeki anahtar noktaların bütün komşu pikselleri için tekrarlanır ve 10 derecelik açı aralıkları ile 36 değerlik bir histogram oluşturulur. Bu histogramdaki en büyük değer baskın olan yönelim yönünü belirler.

### 3.1.4. Anahtar Nokta Tanımlayıcıları

Burada kullanılan yöntemle parlaklık değişimleri, üç boyutlu görünüm gibi diğer değerlere karşı dayanıklılık kazandırılmıştır. Bunun için anahtar noktanın komşu pikselleri kullanılarak bir yönelim histogramı oluşturulur. Şekil 11'de görüldüğü üzere sol kısımda anahtar nokta için gradyan büyükler ve yönelimler görünmektedir. Bu değerler Gauss penceresi kullanılarak belirtilen çember dahilinde ağırlıklandırılır. Bu ağırlıklandırmaya göre, sağ şekilde görülen her ok ilgili bölgedeki gradyan büyüklüklerinin toplamını tanımlamaktadır. Buna göre görüntü genelinde parlaklık değişimi olsa dahi elde edilen bu tanımlayıcı vektörlerin normalize değerleri aynı olacağı için parlaklık değerinden bağımsız anahtar noktalar elde edilmiş olur [16].





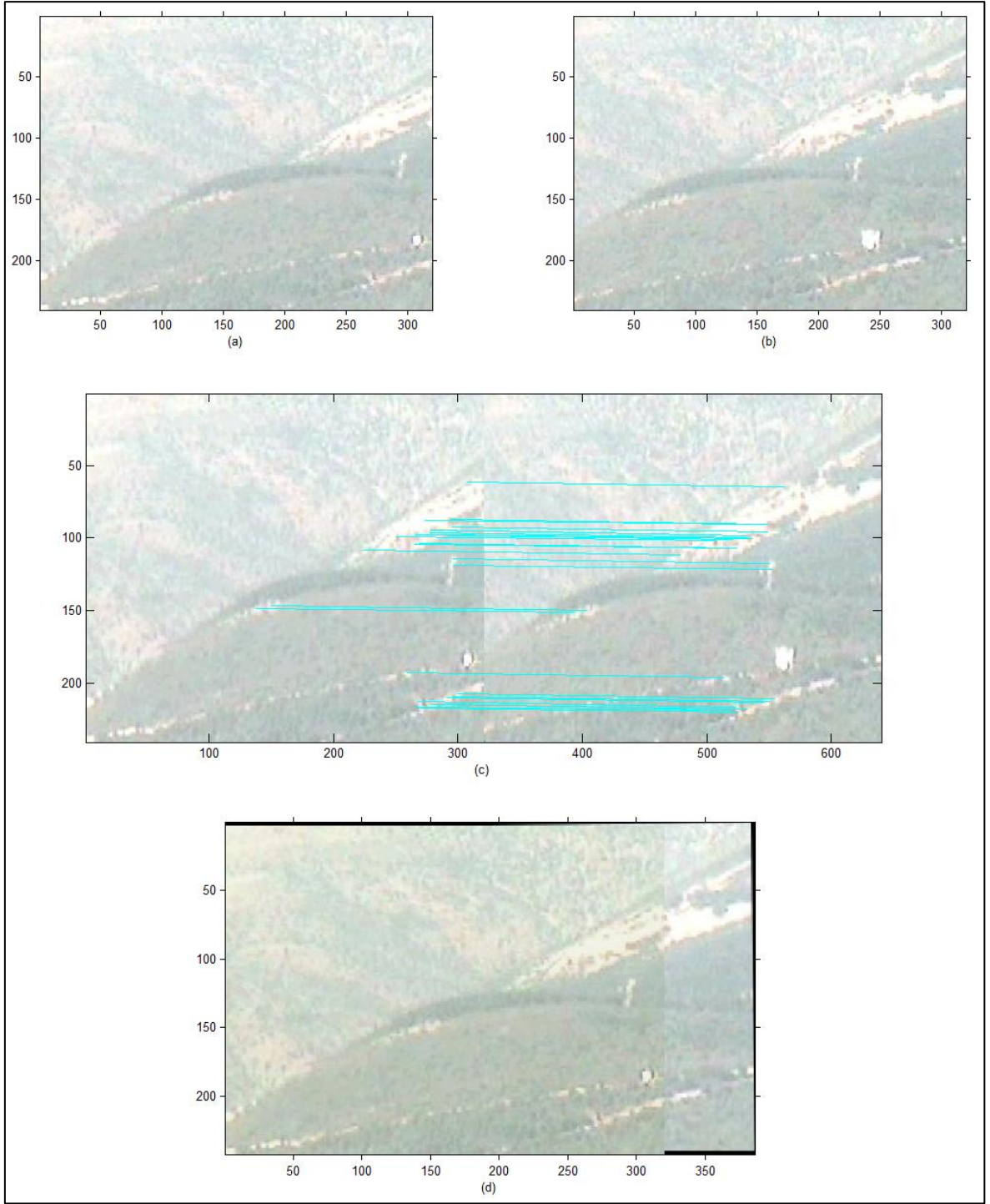
Şekil 11. Görüntü gradyanından elde edilen anahtar nokta tanımlayıcı

### 3.1.5. Anahtar Noktalar ile Görüntülerin Eşleştirilmesi

Her iki görüntüde de elde edilen anahtar noktalar birbirleri ile eşleştirilerek görüntülerin üst üste eşlemesi yapılabilir. Her iki görüntüde elde edilen anahtar noktaların tamamı iki görüntüde de olmayacağı için birbirleri ile eşleşen anahtar noktalar bulunarak görüntüler kesiştirilir ve görüntülerin ortak kısımları bulunmuş olur [17].

Şekil 12'de alınan (a) ve (b) görüntüleri için anahtar noktalar kullanılarak görüntü birleştirme işlemi yapılmıştır. Her iki görüntüde de anahtar noktalar SIFT kullanılarak bulunmuştur. Şekil 12(a)'daki görüntü için toplam 104 adet, Şekil 12(b)'deki görüntü için de toplam 161 adet anahtar nokta bulunmuştur. Daha sonra bu anahtar noktalar birbirleri ile karşılaştırılarak birbirlerine benzerlik olarak en yakın olanlar alınmıştır. Bu şekilde eşleşen toplam 26 adet anahtar nokta bulunmaktadır (Şekil 12(c)). Bu noktalar kullanılarak iki görüntünün birleştirilmesi için RANSAC algoritması kullanılarak eşyazımlılık (homography) matrisi bulunmuş ve bu matrise göre ikinci görüntünün izdüşümü düzenlenerek görüntüler mozaiklenmiştir (Şekil 12(d)).

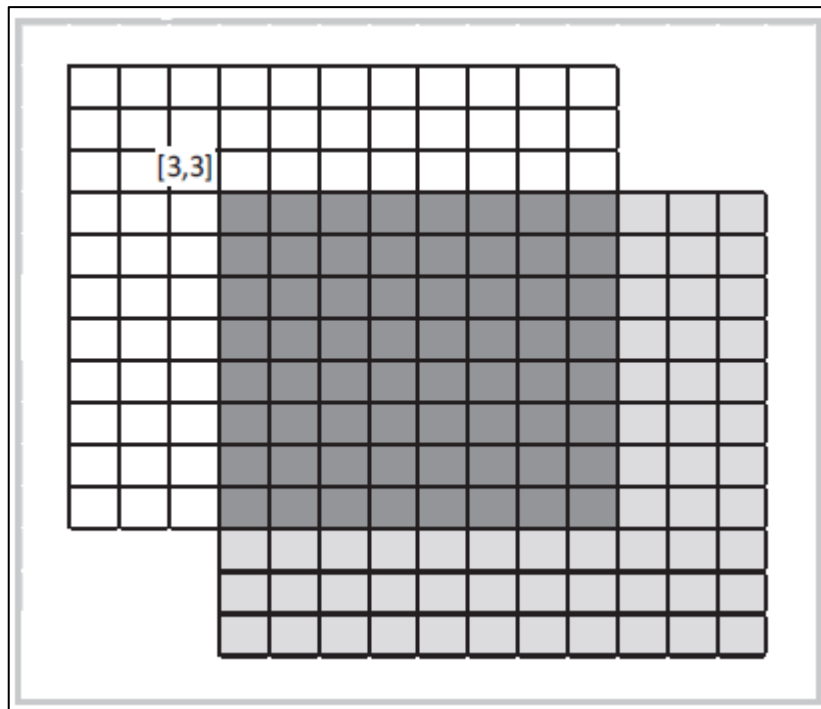
Sonuç olarak anahtar noktalar kullanılarak Şekil 12'de gösterildiği şekilde görüntüler başarılı bir şekilde birleştirilmiştir. Fakat algoritmanın çok fazla aşamadan oluşmasından ve görüntüler üzerinde yapılan işlemlerin uzun sürmesinden dolayı yapılan çalışmada kullanılması tercih edilmemiştir.



Şekil 12. Anahtar nokta tabanlı görüntü birleştirme yönteminin uygulaması; (a) ilk görüntü, (b) ikinci görüntü, (c) iki görüntüdeki ortak anahtar noktaların eşleştirilmesi, (d) bulunan eş anahtar noktalara göre görüntülerin birleştirilmesi.

### 3.2. Faz Korelasyonu

Görüntü işlemede, faz korelasyonu bir görüntü kayıt yöntemidir. Bu yöntemin arkasındaki fikir oldukça basittir ve temel olarak Fourier kaydırma özelliğini kullanmaktadır. İşlemler daha hızlı yapıldığı için Hızlı frekans uzayı (Fast Frequency-Domain) yaklaşımını kullanan bu yöntem iki benzer görüntü arasındaki göreceli öteleme farkını hesaplamaktadır (Şekil 13). İki görüntünün uzaysal alanda kayması sonucu frekans alanında doğrusal faz farkı oluşmaktadır [15] [19] [20].



Şekil 13. [3,3] birimlik kaymış iki görüntünün faz korelasyonu sonucu [3,3] noktasında tepe noktası oluşacaktır

$g_1(x, y)$  ve  $g_2(x, y)$  2 boyutlu görüntüleri birbirlerinin yatayda  $\alpha$ , dikeyde  $\beta$  kadar kaymış durumları olsun. Buradan  $g_1(x, y)$  ve  $g_2(x, y)$  arasında;

$$g_2(x, y) = g_1((x - \alpha) \bmod M, (y - \beta) \bmod N) \quad (5)$$

şeklinde bir bağıntı bulunmaktadır ve bu bağıntıdaki M ve N değerleri görüntülerin boyutlarıdır.

İlk olarak yukarıda belirtilen iki görüntüye de ayrık Fourier dönüşümü (Discrete Fourier Transform - DFT) uygulanmaktadır. Bunun için;

$$X(k) = \sum_{j=1}^N x(j)w_N^{(j-1)(k-1)} \quad (6)$$

formülü kullanılmaktadır. Burada  $w_N$  değeri;

$$w_N = e^{(-2\pi i)/N} \quad (i = \sqrt{-1}) \quad (7)$$

olarak tanımlanmıştır.

Bu formüle göre iki boyutlu olan  $g_1(x, y)$  ve  $g_2(x, y)$  görüntülerinin ayrık Fourier dönüşümleri alınır ve sonucunda;

$$\begin{aligned} G_1(u, v) &= \mathcal{F}\{g_1(x, y)\} \\ G_2(u, v) &= \mathcal{F}\{g_2(x, y)\} \end{aligned} \quad (8)$$

elde edilmiş olunur. Frekans uzayında bulunan bu iki görüntü birbirlerinin fazda kaymış durumları olduğundan aralarında;

$$G_2(u, v) = G_1(u, v)e^{-2\pi i(\frac{u\alpha}{M} + \frac{v\beta}{N})} \quad (9)$$

şeklinde bağıntı bulunmaktadır.

Fourier dönüşümleri alınmış bu iki görüntüden ikincisinin karmaşık eşleniğini alarak iki Fourier görüntüyü piksel piksel çarpıp daha sonra normalize ederek görüntülerin çapraz enerji görüngeleri hesaplanır.

$$\begin{aligned} R(u, v) &= \frac{G_1 G_2^*}{|G_1 G_2^*|} \\ &= \frac{G_1 G_1^* e^{2\pi i(\frac{u\alpha}{M} + \frac{v\beta}{N})}}{|G_1 G_1^* e^{2\pi i(\frac{u\alpha}{M} + \frac{v\beta}{N})}|} \\ &= \frac{G_1 G_1^* e^{2\pi i(\frac{u\alpha}{M} + \frac{v\beta}{N})}}{|G_1 G_1^*|} \\ &= e^{2\pi i(\frac{u\alpha}{M} + \frac{v\beta}{N})} \end{aligned} \quad (10)$$

$$R(u, v) = e^{2\pi i(\frac{u\alpha}{M} + \frac{v\beta}{N})} \quad (11)$$

Bu hesaplamada, bir karmaşık veya normal sayının karmaşık eşleniği ile çarpımının normalize edilmesinin sonucu her zaman 1 olduğundan ve yine  $G_1 G_1^*$  çarpımının fazının sıfıra eşit olmasından dolayı işlemin sonucu eşitlik (11)'de gösterilmiştir.

Bundan sonra elde edilen sonucun ters Fourier dönüşümü yapılacaktır. Bunun için;

$$x(j) = 1/N \sum_{k=1}^N X(k) w_N^{-(j-1)(k-1)} \quad (12)$$

kullanılmaktadır. Burada  $w_N$  değeri eşitlik (6)'daki değer ile aynıdır.

(11)'da elde edilen bu sonucun (12) formülüne göre ters Fourier dönüşümü alınır ve sonucunda Kronecker delta fonksiyonu elde edilir.

$$r(x, y) = \delta(x + \alpha, y + \beta) \quad (13)$$

Bu sonuca göre elde edilen  $r(x, y)$  iki boyutlu görüntüsünün  $(\alpha, \beta)$  noktasında bir adet tepe noktası oluşmaktadır [21].

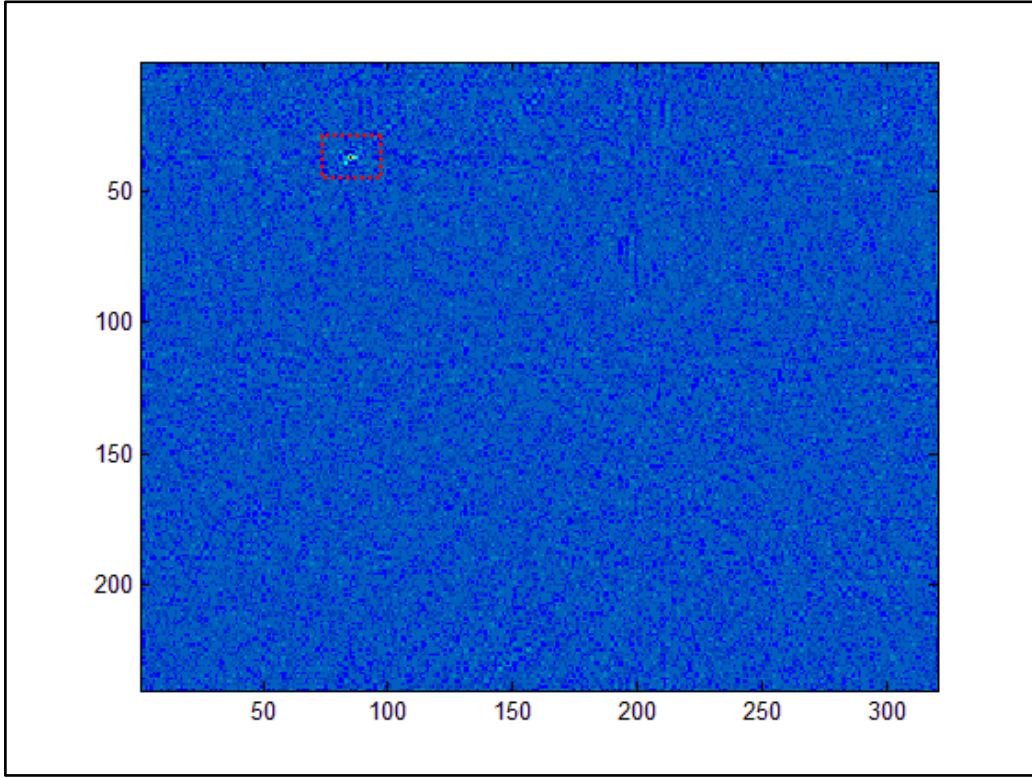


Şekil 14. Örnek videodan alınmış arka plan görüntü karesi

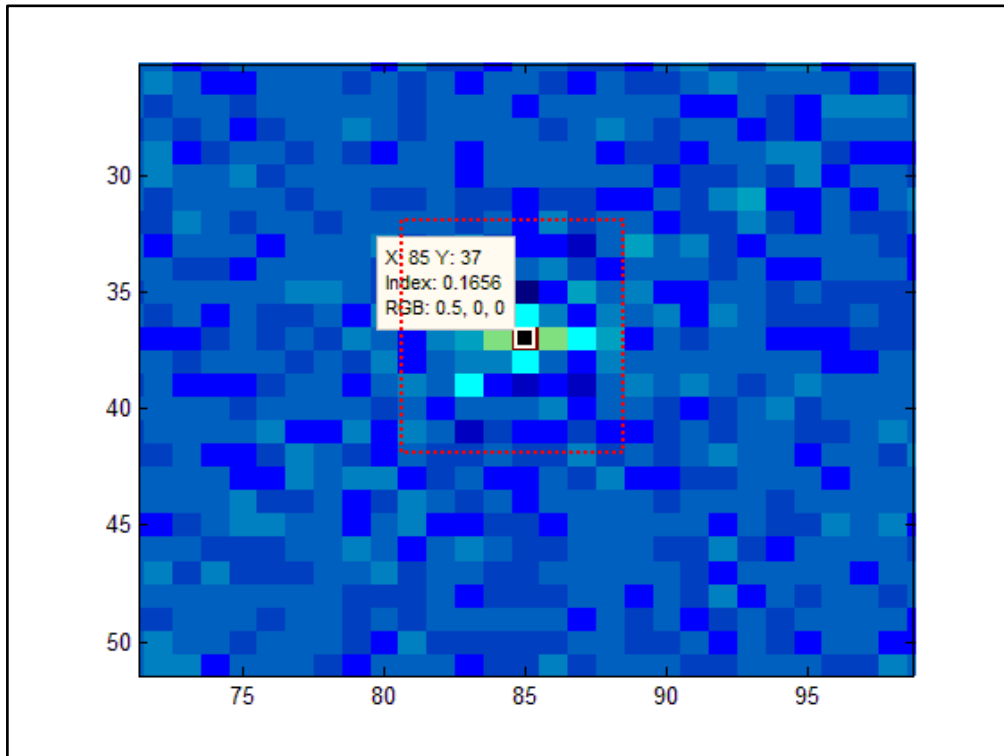
Şekil 14 ve Şekil 15'te iki adet görüntü karesi verilmiştir. Bu görüntü kareleri birbirlerine göre x ve y düzleminde bir miktar kaymış halleridir. Yukarıda açıklamış olduğumuz hesaplamalara göre MATLAB programı kullanarak bu görüntüler için faz korelasyonu hesaplanmıştır.



Şekil 15. Örnek videodan alınmış anlık görüntü karesi



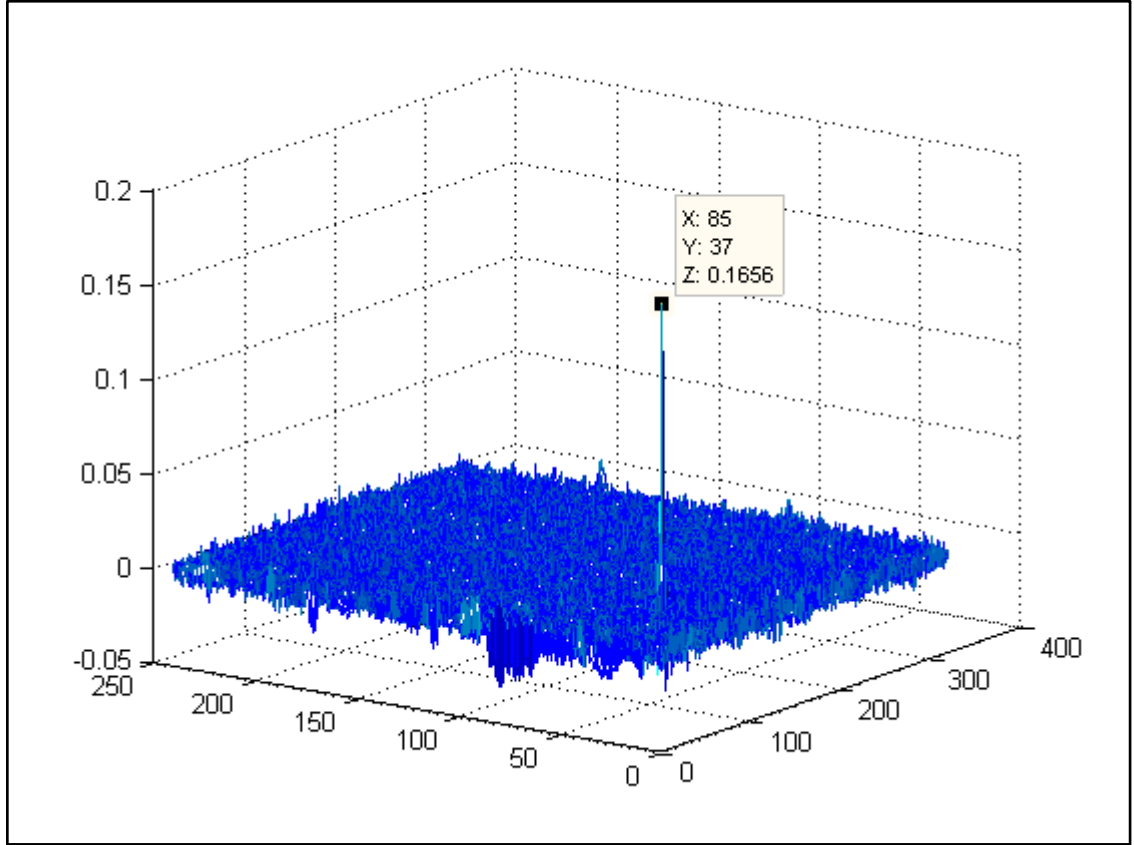
Şekil 16. Şekil 14 ve Şekil 15'teki görüntü karelerinin faz korelasyonu işlemi sonucu bulunmuş olan tepe noktasının gösterimi



Şekil 17. Şekil 12'de gösterilen tepe noktasının yakından görünümü



Şekil 16 ve Şekil 17’de faz korelasyonu ile hesaplanan tepe noktası ile ilgili görüntü çıktıları görülmektedir. Bu çıktılarına göre  $(x, y) = (85, 37)$  noktasında bir adet tepe noktası oluşmuştur. Yani Şekil 15’teki görüntü Şekil 14’te ki görüntünün  $(85, 37)$  piksel koordinatından itibaren başlamaktadır. Bu tepe noktası çıkan korelasyon sonucunun 3 boyutlu uzayda gösterimi Şekil 18’de görülmektedir. Hesaplanan tepe noktası bu şekilde daha net bir şekilde görülebilmektedir.



Şekil 18. Faz korelasyonu ile hesaplanan tepe noktasının 3 boyutlu uzayda gösterimi

Şekil 19 ve Şekil 20’de, Şekil 14 ve Şekil 15’teki görüntülerin faz korelasyonu sonucu bulunan  $(85, 37)$  piksel değerine göre görüntülerin üst üste oturtulmuş şekilleri görülmektedir. Böylece iki farklı görüntü karesinin kesişim alanları bulunmakta ve bu bulunan alan sayesinde hareketsiz olarak kabul edebileceğimiz bir arka plan görüntüsü elde edilmektedir.



Şekil 19. Arka plan ve anlık görüntü karelerinin hesaplanan tepe noktasına göre kesişiminin gösterimi (Arka plan görüntü karesi arkada)

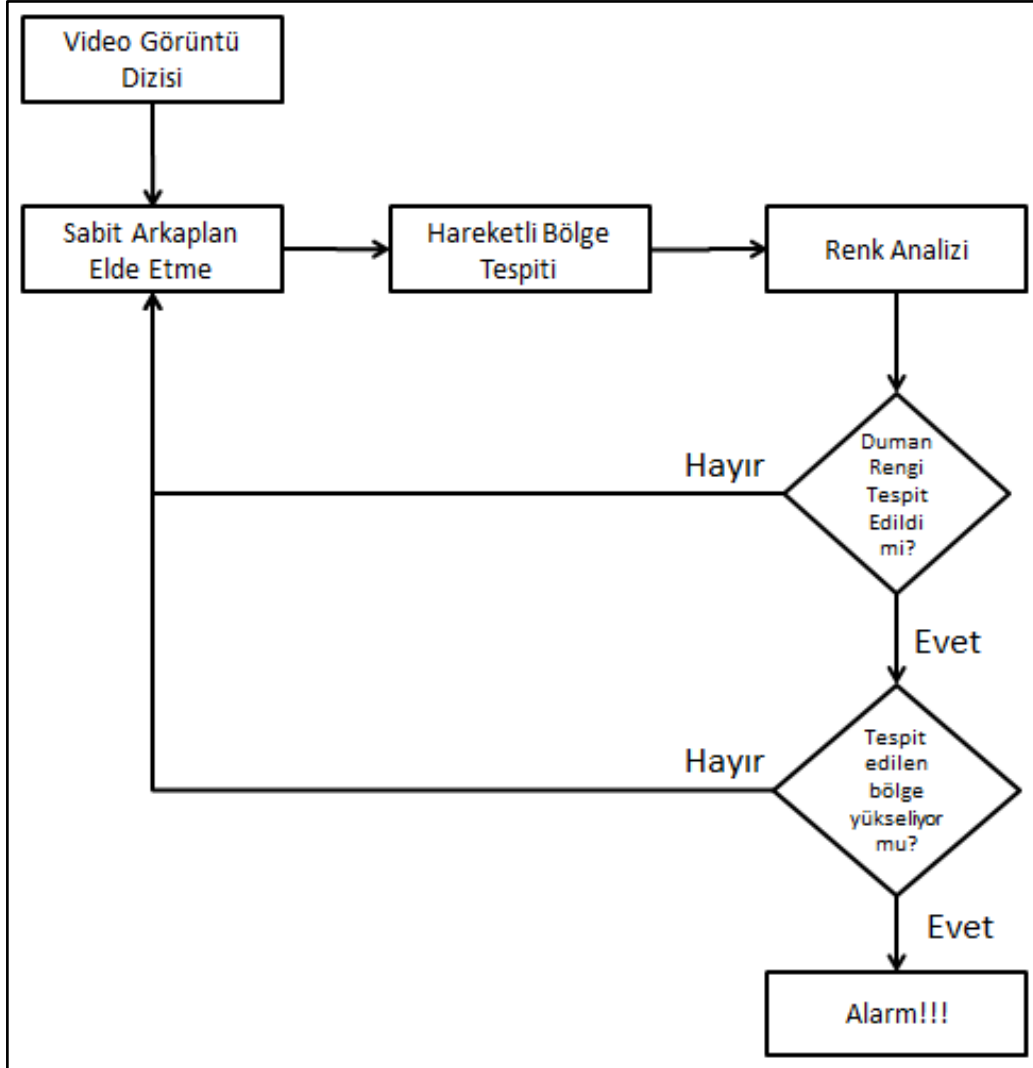
Burada kullanılan görüntü karelerinin kesişimleri tam olarak birbirlerinin aynısı olmasa da faz korelasyonu işlemi genel görüntü üzerinden hesaplandığı için ve görüntülerin büyük çoğunluğunun örtüşmesinden dolayı küçük farklılıkların hesaplamalara etkisi yok sayılabilmektedir.



Şekil 20. Arka plan ve anlık görüntü karelerinin hesaplanan tepe noktasına göre kesişiminin gösterimi (Arka plan görüntü karesi önde)

#### 4. ÇALIŞMADA KULLANILAN DİĞER ALGORİTMALAR

Faz korelasyonu yöntemi ile iki görüntü karesi arasında kayma miktarı hesaplandıktan ve hesaplama sonucuna göre görüntülerin sabit olan kısımları çıkartıldıktan sonra sabit bir arka plan görüntüsü elde edilmiştir. Bu elde edilen sabit arka plan üzerinde çıkartma işlemi yapılarak görüntüdeki hareketli kısımlar tespit edilmiştir. Daha sonra hareketli olan kısımlarda renk analizi yapılarak hareketli kısmın renginin duman rengine yakın olup olmadığı kontrol edilmiştir. Son olarak da renk analizinden de geçmesi durumunda elde edilen kısmın yukarı doğru hareket edip etmediği kontrol edilmiştir (Şekil 21). Aşağıdaki kısımlarda kullanılan yöntemler hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.



Şekil 21. Genel olarak algoritmanın çalışma diyagramı (Flow Chart)

#### 4.1. Hareketli Bölge Tespiti

Görüntülerde bulunan hareketli bölgelerin tespiti için arka plan modellemesi yapılmalıdır. Arka plan modelleme için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Görüntü karesi farkı, ortalama filtre kullanılarak modelleme, Gauss karışım modeli bu yöntemlerden en fazla tercih edilenleridir. Kameranın hareketli olmasından dolayı görüntü karelerinin farklı olması ve faz korelasyonu yöntemiyle hesaplanan görüntü kesişimlerinin sürekli farklı olmasından dolayı görüntü karesi farkı yöntemi bu çalışmada tercih edilmiştir.

##### 4.1.1. Ortalama Filtre ile Arka Plan Modelleme

Bu yöntem kullanılarak bir arka plan görüntüsü elde edebilmek için  $t$  anına kadar olan bütün görüntü kareleri toplanarak ortalaması hesaplanır. Toplama işlemi piksel piksel olacak şekilde yapılmaktadır. (14) eşitliği kullanılarak sayısı, video hızına (bir saniyede alınan görüntü karesi sayısı) ve görüntüdeki hareket miktarına bağlı olarak belirlenen toplamda  $N$  adet görüntü karesinin toplanarak ortalaması alınmış ve sonucunda  $B(x, y)$  arka plan görüntüsü elde edilmiştir [28].

$$B(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N G(x, y, t - i) \quad (14)$$

Arka plan görüntüsü elde edildikten sonra hareketi tespit edebilmek için herhangi bir  $t$  anında gelen görüntü karesinden arka plan görüntüsü çıkartılır ve çıkan sonuç görüntü içeriğine bağlı olarak güncellenebilen bir eşik değeri ile kontrol edildikten sonra görüntüdeki hareketli kısımlar tespit edilir [28].

$$|G(x, y, t) - B(x, y)| > Eşik Değeri \quad (15)$$

#### 4.1.2. Gauss Karışım Modeli ile Arka Plan Modelleme

Gauss karışım modelinde görüntüde bulunan bütün piksellerin bu modele uygun olarak davrandıkları kabul edilmiştir. Her bir piksel,  $K$  tane Gauss dağılımı kullanılarak modellenir. İlk olarak arka plana ait olan pikseller belirlenir. Belirleme işlemi öğrenmeye dayalı bir sistem ile gerçekleştirilir. Arka plan haricinde kalan pikseller ise hareket pikselleridir [29]. Herhangi bir andaki bir piksel değerinin geçmişi;

$$X_1, \dots, X_t = \{ G(x_0, y_0, i) : 1 \leq i \leq t \} \quad (16)$$

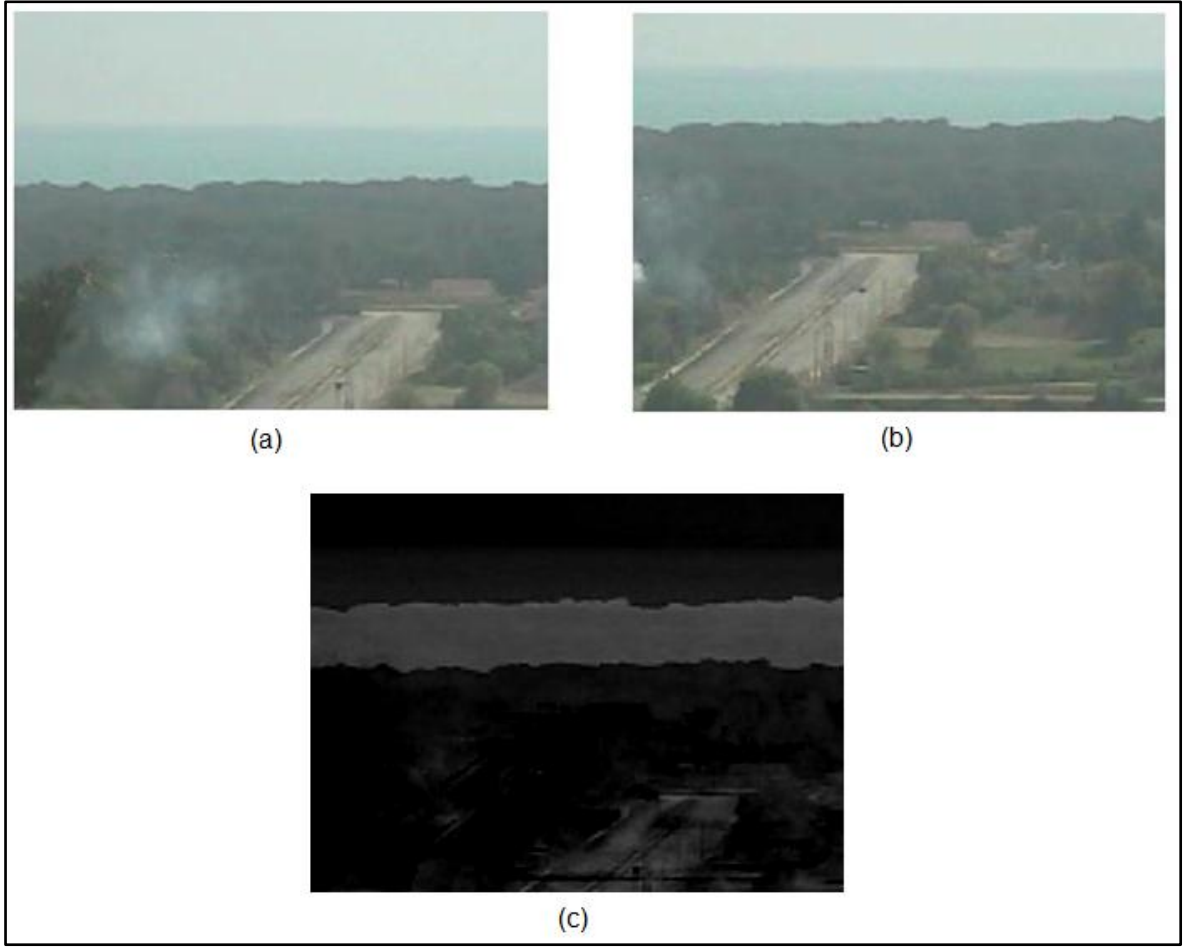
şeklinde belirlenir. Bu belirlenen değerlerin olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$P(X_t) = \sum_{i=1}^K \omega_{i,t} * N(X_t | \mu_{i,t}, E_{i,t}) \quad (17)$$

şeklinde modellenir [29]. Buradaki  $K$  değerini veren bir bağıntı bulunmadığı için bu değer deneysel olarak belirlenmektedir.

#### 4.1.3. Görüntü Karesi Farkı Arka Plan Modelleme

Görüntü karesi farkı ile hareketli bölge tespiti için iki farklı görüntü karesi üzerinde çalışılmaktadır. Elde edilen görüntüler hareketli kameradan alındığından dolayı arka plan sürekli olarak değişebilmektedir. Bu yüzden arka plan çıkartma işlemi elde edilen görüntüler üzerinde gerçekleştirdiğimizde elde edilen sonuç hatalı olacaktır. Örneğin Şekil 22(a) ve Şekil 22(b)'deki görüntü kareleri üzerinde gerçekleştirdiğimiz arka plan çıkartma işlemi sonucu Şekil 22(c)'de görülmektedir.



Şekil 22. (a) ve (b) görüntü karelerinin farkının sonucu (c)

Görüntülerin birbirleri ile ortak olmayan bölgeleri olduğundan dolayı sonuç bu şekilde hatalı çıkmaktadır. Bu sorunu çözebilmek için Bölüm 3.2 de anlatılan faz korelasyonu algoritmasından faydalandık. Şekil 22(a) ve Şekil 22(b) için daha önceden hesapladığımız faz korelasyonu işlemi sonucu kesişimlerinin  $(x,y)=(85,37)$  noktasından başladığını bulmuştuk. Bulunan bu noktaya göre iki görüntü de sadece kesişimleri alınacak şekilde güncellenmektedir. Görüntülerin güncellenme işlemleri Çizelge 3'te belirtilen sözde kod ile yapılmaktadır.

Çizelge 3. Faz korelasyonu ile hesaplanan kesişim noktasına göre görüntü güncelleme algoritması

**Görüntü güncelleme algoritması(currentImage,backGroundImage)**

$[size_x \ size_y] = getSize(currentImage)$

$[peak_x \ peak_y] = phase\_correlation(backGroundImage, currentImage)$

$[midPoint_x \ midPoint_y] = findMidPointOfImage(currentImage)$

**if**  $peak_x > midPoint_x$  **and**  $peak_y > midPoint_y$  **then**

$update_x = size_x - peak_x$

$update_y = size_y - peak_y$

$newCurrentImage = cropCurrentImage(currentImage, update_x, update_y)$

$newBackGroundImage$

$= cropBackGroundImage(backGroundImage, update_x, update_y)$

**else if**  $peak_x > midPoint_x$  **and**  $peak_y < midPoint_y$  **then**

$update_x = size_x - peak_x$

$update_y = peak_y$

$newCurrentImage = cropCurrentImage(currentImage, update_x, update_y)$

$newBackGroundImage$

$= cropBackGroundImage(backGroundImage, update_x, update_y)$

**else if**  $peak_x < midPoint_x$  **and**  $peak_y > midPoint_y$  **then**

$update_x = peak_x$

$update_y = size_y - peak_y$

$newCurrentImage = cropCurrentImage(currentImage, update_x, update_y)$

$newBackGroundImage$

$= cropBackGroundImage(backGroundImage, update_x, update_y)$

**else if**  $peak_x < midPoint_x$  **and**  $peak_y < midPoint_y$  **then**

$update_x = peak_x$

$update_y = peak_y$

$newCurrentImage = cropCurrentImage(currentImage, update_x, update_y)$

```
newBackGroundImage
= cropBackGroundImage(backGroundImage, updatex, updatey)

else

  updatex = 0

  updatey = 0

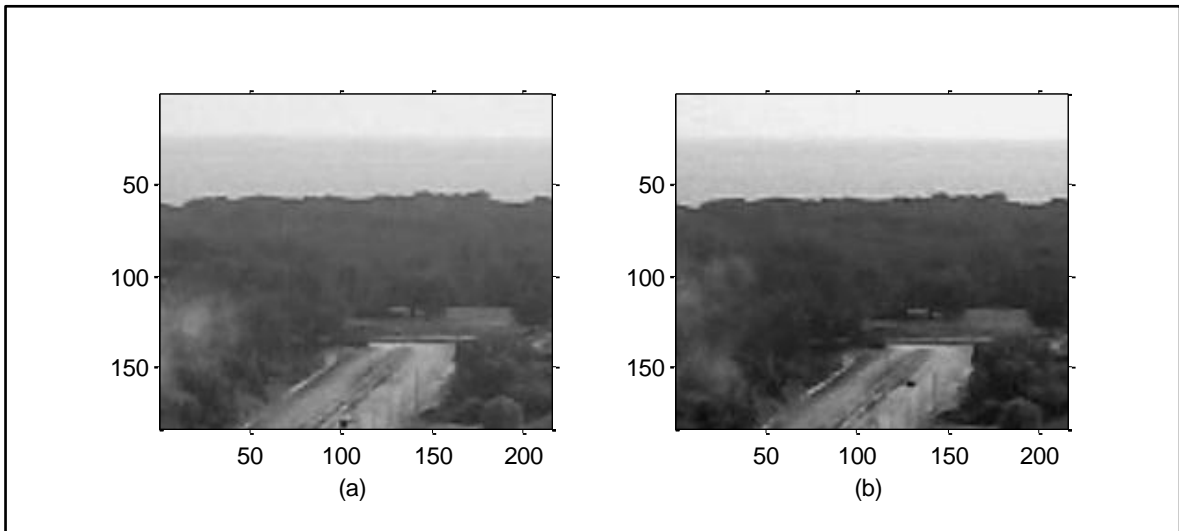
  newCurrentImage = currentImage

  newBackGroundImage = backGroundImage

end if
```

Çizelge 3'teki sözde kodu incelediğimizde ilk olarak görüntülerin boyutları alınmakta ve bunlardan görüntünün orta noktası hesaplanmaktadır. Daha sonra faz korelasyonundan hesaplanmış olan kesişim noktalarının görüntünün hangi bölümüne düştüğü hesaplanmaktadır. Eğer kesişim görüntünün sol üst parçasında ise iki görüntünün kesişmeyen kısımları bir görüntü için sol üst ve sol kısmında, diğer görüntü için sağ alt ve sağ kısmındadır. İki görüntünün bu kesişmeyen kısımları kesilerek çıkartılmıştır. Aynı şekilde güncellemeler görüntünün diğer kısımlarına düşmesi durumunda da yapılmıştır.

Bu şekilde güncelleme işlemi yapıldıktan sonra elde edilen yeni görüntüler Şekil 23'te gösterilmektedir.



Şekil 23. Çizelge 3'te belirtilen sözde koda göre görüntü karelerinin kesişmeyen bölgelerinin çıkartılmış halleri



Görüntüler için ortak alanlar bulunduktan sonra arka plan çıkartma işlemini yapabilmek için ilk olarak görüntülerden birini arka plan görüntüsü  $B_s(x, y, t)$  olarak belirlenmektedir. Burada arka plan görüntüsü Şekil 23(a) olarak belirlenmiştir. Çünkü bu görüntü karesi Şekil 23(b)'deki görüntü karesinden daha önce gelmektedir. Arka plan görüntüsü belirli aralıklarla güncellenmektedir. Çıkartma yapılacak olan ikinci görüntü  $B_f(x, y, t)$  ise her görüntü karesi için güncellenmektedir. Bu şekilde görüntüler belirlendikten ve ortak alanları hesaplandıktan sonra (18) formülüne göre hareketli bölgeler tespit edilir ve tespit edilen hareketli bölgeler hareket matrisine,  $D_M(x, y, t)$  kaydedilir[14];

$$D_M(x, y, t) = \begin{cases} 0, & \text{eğer } |B_f(x, y, t) - B_s(x, y, t)| \leq T_l \\ K, & \text{eğer } T_l \leq |B_f(x, y, t) - B_s(x, y, t)| \leq T_h \\ 1, & \text{eğer } T_h \leq |B_f(x, y, t) - B_s(x, y, t)| \end{cases} \quad (18)$$

(17) formülünde belirtilen  $0 < T_l < T_h$  değerleri sabit eşik değerleridir. Hesaplanan hareket matrisi değerleri, eşik değerleri ile karşılaştırılarak belirli değerlerin altında ise ilgili piksel hareketsiz, üstünde ise piksel hareketli kabul edilerek  $D_M(x, y, t)$  hareket matrisine kaydedilmektedir. Ayrıca (19) formülünde hesaplanan değerler genel bir  $T_M$  eşik değeri ile de karşılaştırılmakta ve eğer bu değerden düşük ise sonuç sifıra eşitlenerek gürültüden kaynaklanabilecek olası hatalarında önüne geçilmeye çalışılmıştır.

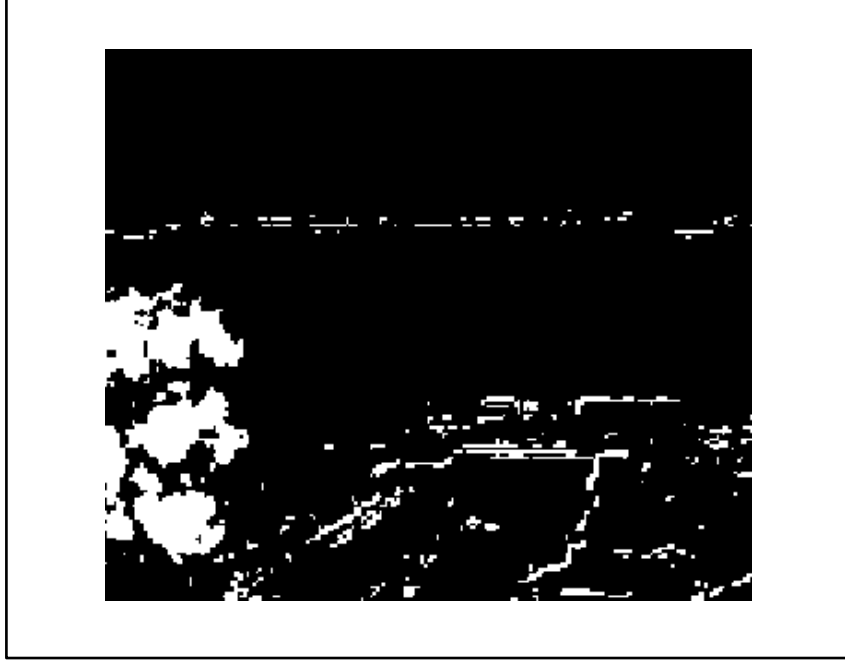
$$K = \frac{(|B_f(x, y, t) - B_s(x, y, t)| - T_l)}{T_h - T_l} \quad (19)$$

Şekil 24'te elde edilen görüntü, daha önce ortak noktaları hesaplanan ve buna göre güncellenen Şekil 23'te belirtilen görüntülerin birbirinden çıkartılması sonucu elde edilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere iki görüntü arasında birçok fark

bulunabilmektedir. Fakat bu işlem ile elde edilen hareketli bölgelerin tamamı aslında hareketli değildir. Oluşan bu yanlış alarmları elemek için görüntünün piksellerine (18) formülü uygulanmaktadır. Böylece görüntü üzerinde hareketli bölge olması ihtimali düşük olan pikseller  $D_M$  hareket matrisine hareketsiz olarak kaydedilmektedir.



Şekil 24. Şekil 23(a) ve Şekil 23(b) görüntü karelerinin herhangi bir işlem yapmadan birbirlerinden çıkartılması sonucu hesaplanmış hareket matrisi



Şekil 25. Şekil 23(a) ve Şekil 23(b) görüntü karelerine (17) formülü ve eşik değerleri uygulanması sonucu hesaplanmış olan hareket matrisi

Şekil 24'e (18) formülü uygulandıktan sonra elde edilen sonuç Şekil 25'te görülmektedir. İki görüntünün hiçbir işlem uygulanmadan çıkartılmış haline göre daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. Fakat elde edilen sonuçta yine de hatalı noktalar bulunmaktadır. Bu hataların oluşmasındaki en önemli etkenlerden biri yapmış olduğumuz faz korelasyonu işlemi sonucu bulunan noktaya göre elde edilen sabit bölgelerin tam olarak örtüşmemesidir. Küçük kaymalardan dolayı belirgin kenar noktaları sanki hareketli bölgeymiş gibi tespit edilmiştir. Ayrıca iki görüntü arasındaki aynı noktalarda parlaklık farkları da olabilmektedir. Bundan dolayı da hareketli bölge tespitinde hatalı sonuçlar olabilmektedir. Bu oluşan hatalar diğer koşullar ile birleştirildiğinde tespit edilebilmekte ve yanlış bulunan piksel değerleri güncellenerek düzeltilmektedir.

## 4.2. Duman Renk Analizi

Duman renk analizi için o andaki görüntü karesi üzerinde çalışılmaktadır. Kameradan elde edilen görüntü ilk olarak Y'UV renk uzayı formatına çevrilmektedir [22] [23].

Y'UV (Y'CbCr) renk uzayında renk bilgisi, parlaklık (luma) bilgisi birbirinden ayrılmaktadır [25]. Burada parlaklık (Y) bilgisi görüntünün siyah/beyaz tonlama değerini temsil etmektedir. Bu değer hesaplanırken renk kanallarının, yani R, G ve B değerlerinin belirli katsayılar ile çarpılarak ağırlıklı toplanması sonucu elde edilir. Renk kanallarının farklı ağırlıklarla alınmasının sebebi insan gözünün farklı renklere karşı farklı hassasiyette olmasındandır. U (Cb – Mavi renk) değeri ise RGB görüntünün B (Mavi) kanalındaki bilginin Y ile olan farkıdır ( $U = B - Y'$ ). V (Cr – Kırmızı renk) değeri ise RGB görüntünün R (Kırmızı) kanalındaki bilginin Y ile olan farkıdır ( $V = R - Y'$ ).

ITU-R BT.601 [24] görüntü dönüşüm standardına göre RGB formatı ile Y'UV formatı arasındaki dönüşüm (20) formülüne göre yapılmaktadır [22].

$$\begin{aligned} Y' &= W_R R + W_G G + W_B B \\ U &= U_{MAX} \frac{B - Y'}{1 - W_B} \\ V &= V_{MAX} \frac{R - Y'}{1 - W_R} \end{aligned} \tag{20}$$
$$R = Y' + V \frac{1 - W_R}{V_{MAX}}$$
$$G = Y' - U \frac{W_B(1 - W_B)}{U_{MAX}W_G} - V \frac{W_R(1 - W_R)}{V_{MAX}W_G}$$
$$B = Y' + U \frac{1 - W_B}{U_{MAX}}$$

(20)'da kullanılan sabit değerler belirtilen standarta göre (21)'deki şekildedir.

$$\begin{aligned}
W_R &= 0,299 \\
W_G &= 1 - W_B - W_R = 0,587 \\
W_B &= 0,114 \\
U_{MAX} &= 0,436 \\
V_{MAX} &= 0,615
\end{aligned} \tag{21}$$

Sabit değerler yerlerine koyulduęunda (22) eřitlikleri elde edilmiştir.

$$\begin{bmatrix} Y' \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,14713 & -0,28886 & 0,436 \\ 0,615 & -0,51499 & -0,10001 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \tag{22}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1,13983 \\ 1 & -0,39465 & -0,58060 \\ 1 & 2,03211 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y' \\ U \\ V \end{bmatrix}$$

Kameradan elde edilen goruntünün (16)'deki şekilde Y'UV renk uzayına donüşümü yapıldıktan sonra elde goruntünün her bir piksel değeri için duman renk analizi işlemi yapılır. Bu hesaplama için (17) eşitliği kullanılmaktadır.

$$\begin{aligned}
C_1(x, y, t) &= Y'(x, y, t) - U(x, y, t) \\
C_2(x, y, t) &= Y'(x, y, t) - V(x, y, t) \\
C_3(x, y, t) &= U(x, y, t) - V(x, y, t) \\
S(x, y, t) &= \frac{|U(x, y, t) - 128| + |V(x, y, t) - 128|}{128}
\end{aligned} \tag{23}$$

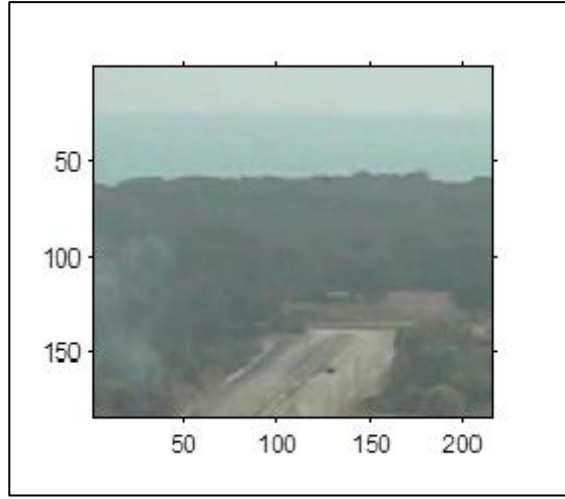
$$D_C(x, y, t) = \begin{cases} S, & \begin{aligned} & \text{eğer } C_1(x, y, t) > T_1 \\ & \text{ve } C_2(x, y, t) > T_2 \\ & \text{ve } C_3(x, y, t) < T_3 \\ & \text{ve } T_4 < Y'(x, y, t) < T_5 \end{aligned} \\ 0, & \text{diğer durumlar} \end{cases}$$

(23) eşitliğinde kullanılan  $T_1, T_2, T_3, T_4$  ve  $T_5$  değerleri sabit eşik değerleridir. Y'UV renk uzayındaki görüntünün renk kanalları ayrı ayrı kullanılarak  $C_1, C_2$  ve  $C_3$  değerleri hesaplanmış. Daha sonra hesaplanan bu değerler eşik değerleri ile karşılaştırılarak ilgili pikselin duman renginde olup olmadığına karar verilmiştir. Karar aşamasına bu üç değer haricinde bir de  $Y'(x, y, t)$  görüntü kanalında ayrı iki eşik değeri ile kontrol edilerek karar vermenin daha doğru bir şekilde yapılması sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar  $D_C(x, y, t)$  matrisine kaydedilmiştir [14].

Son olarak (24)'deki formüle göre hesaplanan değerler belirli bir  $T_C$  eşik değeri ile tekrardan karşılaştırılmış ve bu değerden düşük olan değerlerin duman olma olasılığının düşük olduğu kabul edilerek  $D_C(x, y, t)$  matrisinde karşılık gelen değerler sıfıra eşitlenmiştir.

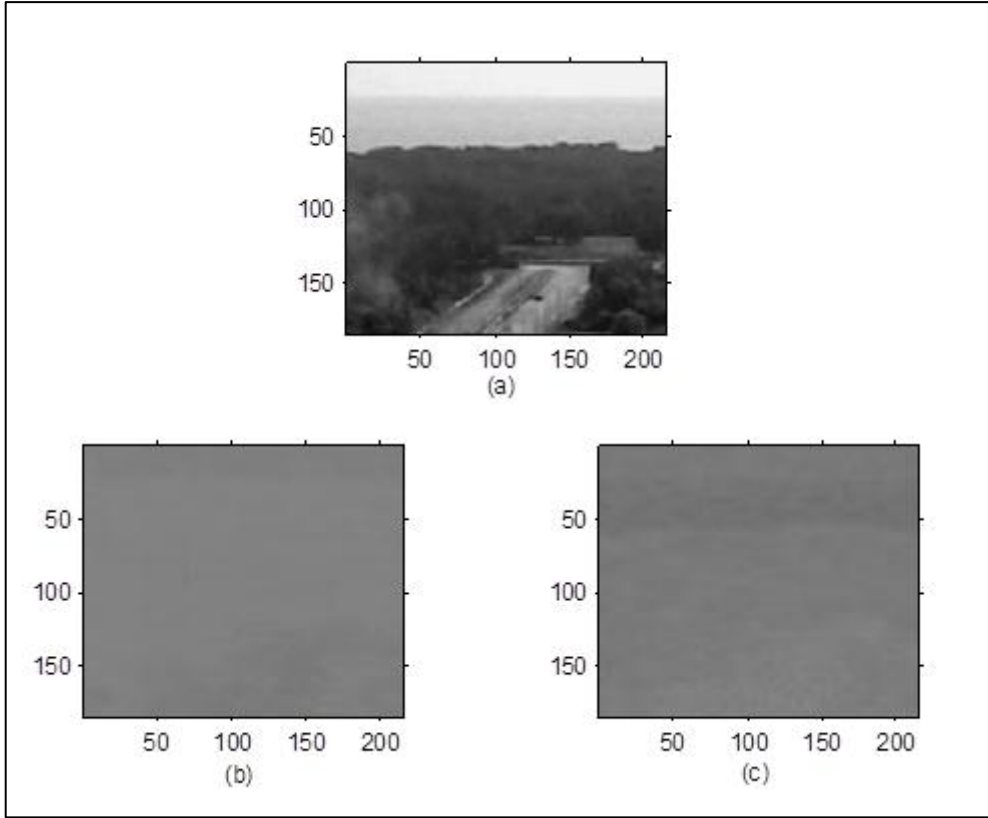
$$S(x, y, t) = \frac{|U(x, y, t) - 128| + |V(x, y, t) - 128|}{128} \quad (24)$$

Şekil 26'da, kameradan RGB formatında alınan görüntü üzerine (22)'de bulunan dönüşüm uygulanarak Y'UV formatında görüntü elde edilmiştir. Bu dönüşüm işlemi yapıldıktan sonra Y'UV formatındaki görüntünün her bir kanalı ayrı ayrı kullanılarak görüntüdeki duman renginde olan alanlar tespit edilmiştir. Y'UV formatındaki görüntünün her bir kanalı Şekil 27'de ayrı ayrı görülebilmektedir. Şekil 27(a)'da Y'UV formatındaki görüntünün Y' kanalındaki yani, siyah/beyaz tonlamadaki parlaklık görüntüsü, Şekil 27(b)'de U kanalındaki ve Şekil 27(c)'de ise V kanalındaki görüntüler görülmektedir.

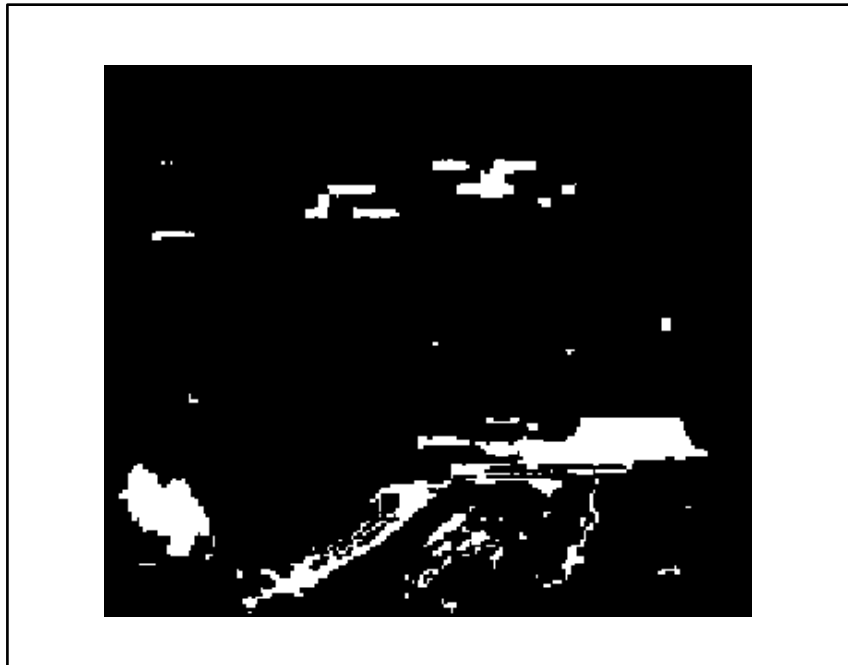


Şekil 26. Videodan alınan RGB formatında görüntü

(23)'de belirtilen işlemler Şekil 27'deki görüntülere uygulandığında Şekil 28'deki sonuç elde edilmektedir. Görüntü içinde duman rengine yakın olan bölgeler bulunduğundan dolayı yanlış sonuçlar elde edilebilmektedir. Örneğin görüntüde yol olan bölgeler veya gökyüzüne ait olan bölgelerde de yanlış pozitif şeklinde duman tespit edilmiştir. Tespit edilen bu hatalı bölgeler hareketli bölge tespiti ve yükselen bölge tespiti yöntemlerinin de yardımıyla elenmeye çalışılarak sadece dumanlı bölgelerin tespiti sağlanmıştır.



Şekil 27. Y'UV formatındaki görüntü karesinin; (a) Y' kanalı, (b) U kanalı, (c) V kanalı



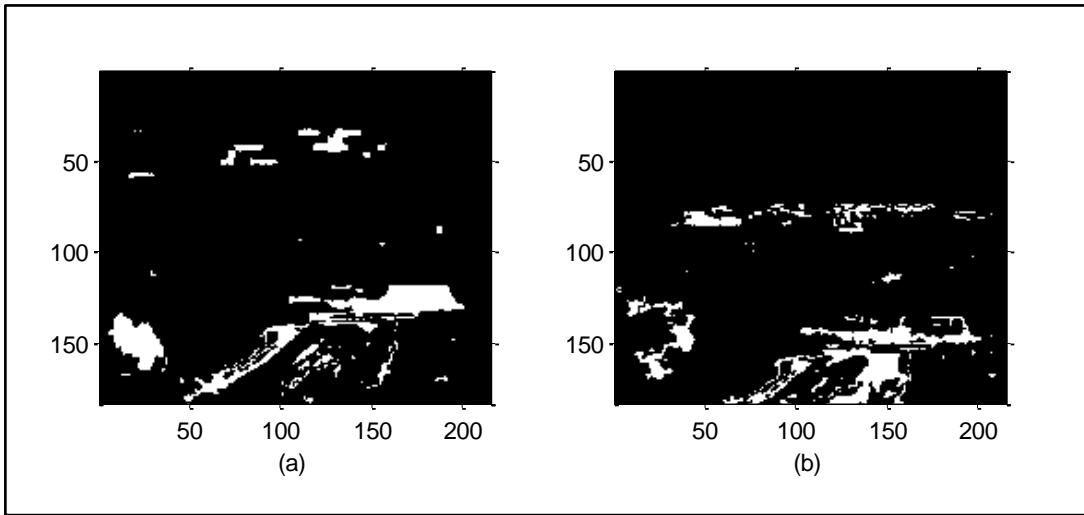
Şekil 28. Şekil 27'deki görüntü karesinin her bir kanalı ve (17) eşitliği kullanılarak elde edilmiş duman rengindeki bölgeler.



### 4.3. Yükselen Bölge Tespiti

Yükselen bölge tespiti için arka plan görüntüsü ile o anki görüntü kareleri üzerinde çalışılmaktadır. Bu iki görüntü karesinin ilk olarak ortak olan alanları Bölüm 3.2'deki gibi çıkartılmış ve Bölüm 4.1.3'te anlatıldığı şekilde de hareket eden bölgeleri tespit edilmiştir. Şekil 23'te belirtilen iki görüntü karesi için hareketli bölge tespiti daha önce yapılmış ve sonucu Şekil 25'te gösterilmiştir.

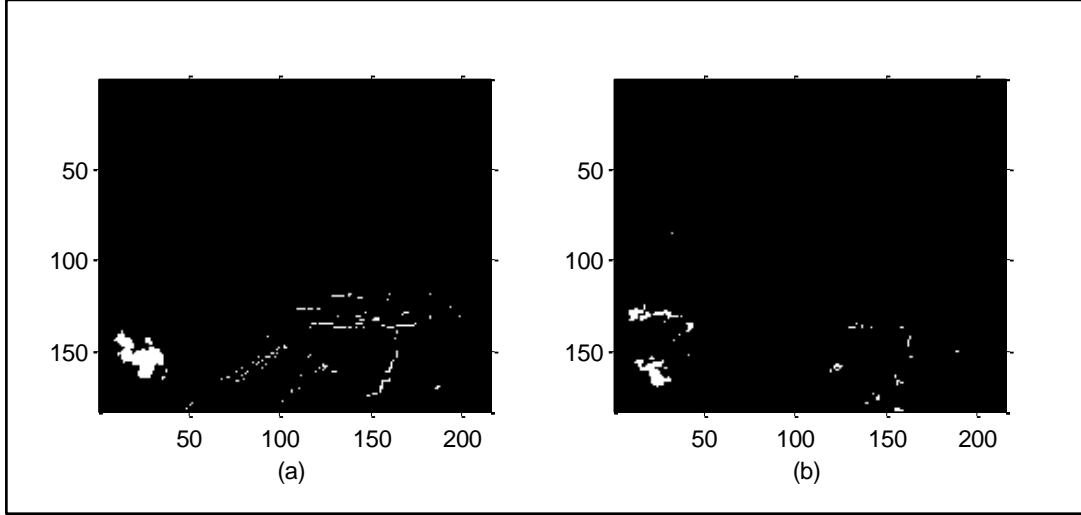
Bu işlemlerden sonra Bölüm 4.2'de anlatıldığı şekilde iki görüntü karesi içinde duman renginde olan bölgeler tespit edilmiştir. Bu işlemin sonuçları Şekil 29'da görülmektedir. Şekil 29(b)'de arka plan görüntüsü için duman renk tespit sonucu, Şekil 29(a)'da ise o anki görüntü karesi için olan duman renk tespit sonucudur.



Şekil 29. (a) Anlık görüntü karesi ve (b) arka plan görüntü karesinde bulunmuş duman rengindeki bölgeler

Hareket sonuçları ile duman renk sonuçları her iki görüntü karesi için birleştirilmiş ve sonucunda hareketli bölgelerin duman renginde olan kısımları hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların sonuçları da Şekil 30'da görülmektedir. Şekilde görüldüğü üzere çeşitli bölgelerde yine duman rengine yakın ve hareketli olan hatalı noktalar da tespit edilmiştir. Hatalı noktaların hesaplamalara dahil olmaması için bulunan bölgelerin toplam piksel büyüklüklerine göre bir filtreleme işlemi yapılmaktadır.

Filtreleme işleminde belirli bir büyüklükten daha küçük olan alanların yanlış alarm olarak tespit edilme ihtimali yüksek olduğundan eleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu sayede duman olma ihtimali küçük olan bu noktalar da temizlenmektedir.



Şekil 30. (a) Görüntü karelerinde tespit edilen hareketli bölgeler ile duman renginde olan bölgelerin kesişimlerinin anlık ve (b) arka plan görüntüleri için sonuçları

Bu işlemlerden sonra yükselen bölgenin tespiti için hesaplamalar yapılmaktadır. Bu hesaplamalar için  $t - n$  ve  $t$  anındaki duman renginde olan hareketli piksellerin  $y$  koordinatlarının en düşük  $y$  değerleri arasındaki fark ile hesaplanır. Her görüntü karesi için hareketli olan piksellerden en düşük  $y$  değerine sahip olanın lokasyonu (25) eşitliğindeki şekilde hesaplanır [14].

$$D_{Mo}(x, y, t) = D_M(x, y, t) > 0, \quad (25)$$

$$H(t) = \min_y [D_{Mo}(x, y, t)],$$

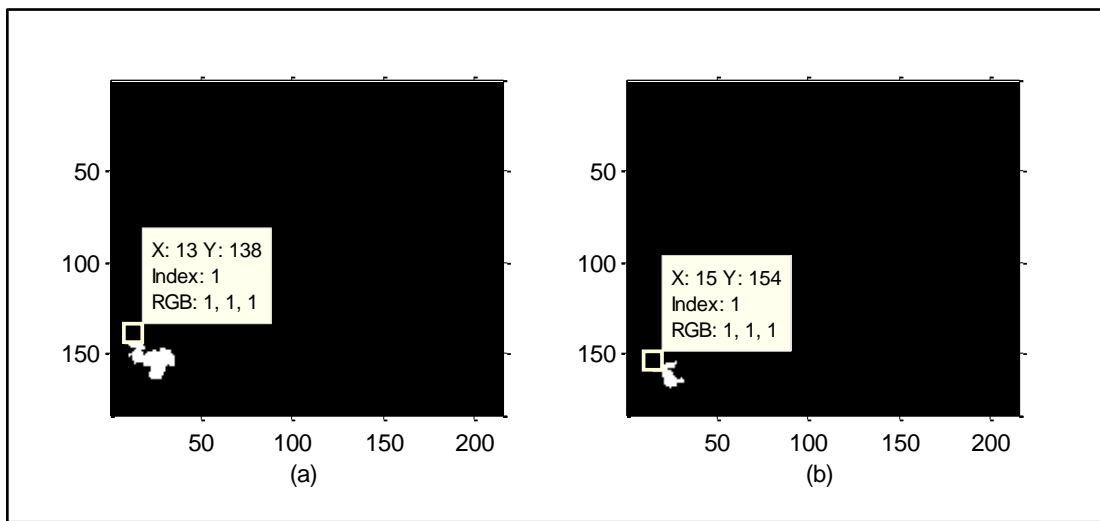
Farklı görüntü kareleri için hesaplanan  $H(t)$  değerlerinden yükselen bölge değerleri,  $D_R(t)$ ;

$$D_R(t) = H(t) - H(t - n) \quad (26)$$

şeklinde hesaplanır.

Burada hesaplanan  $D_R(t)$  değeri,  $T_{RL}$  ve  $T_{RH}$  eşik değerleri arasında normalize edilerek daha önce hesaplanan alanlar ile ilgili daha doğru eşleşme yapabilmemizi sağlar.

Yukarıda yapılan işlemler sonucunda Şekil 31'de yükselen bölge ile ilgili sonuç gösterilmektedir. Arka plan görüntüsünde (Şekil 31(b)) hesaplanan en düşük  $y$  değeri ile anlık görüntüde (Şekil 31(a)) hesaplanan  $y$  değeri arasında fark bulunmaktadır. Yani burada yükselen bir alan bulunmakta ve bu alanda duman olarak tespit edilmektedir.



Şekil 31. (b) Arka plan görüntüsünde bulunan dumanlı bölge ile (a) anlık görüntüde bulunan dumanlı bölgenin yükseklik farkı

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bölüm 3 ve Bölüm 4'te önerilen orman yangın dumanı tespit yöntemi test görüntüleri ile test edilmiştir. Hareketli kameradan elde edilmiş duman içeren test görüntüleri bulunmadığı için hareketsiz kameradan elde edilmiş duman içeren 720x576 boyutlarındaki test videosundan kaydedilmiş hareketli videolar oluşturulmuş ve önerilen yöntem bu videolar üzerinde test edilmiştir. Duman içermeyen görüntüler için ise hareketli kameradan elde edilmiş görüntüler kullanılmaktadır. Kullanılan görüntülerin boyutları 320x240'tır.

Algoritmalarda belirtilen eşik değerlerinin belirlenmesi sırasında daha önce yapılmış çalışmalardan faydalanılmıştır [14]. Fakat bu çalışmalarda kullanılan değerler ile elde edilen sonuçlarda hatalı alarmlar fazla olduğu için değerler deneme yaparak önceki değerlere yakın olacak şekilde değiştirilmiştir. Çalışmada kullanılan değerler Çizelge 4'te belirtilmiştir.

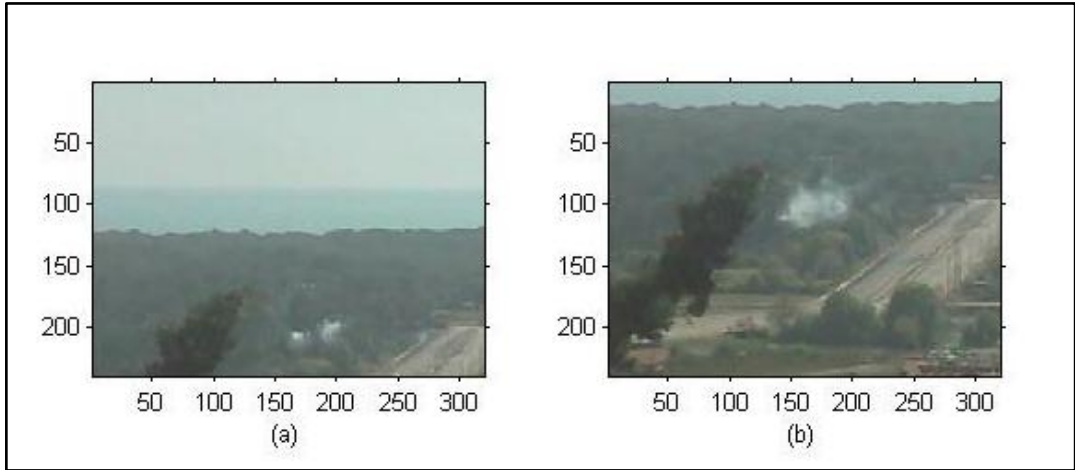
Çizelge 4. Çalışmada Kullanılan Eşik Değerleri

Kullanan Algoritma	Eşik Değeri Adı	Eşik Değeri
Hareketli Bölge Tespiti	$T_l$	50
Hareketli Bölge Tespiti	$T_h$	110
Hareketli Bölge Tespiti	$T_M$	0,2
Duman Renk Analizi	$T_1$	30
Duman Renk Analizi	$T_2$	30
Duman Renk Analizi	$T_3$	120
Duman Renk Analizi	$T_4$	220
Duman Renk Analizi	$T_5$	20
Duman Renk Analizi	$T_C$	0,1

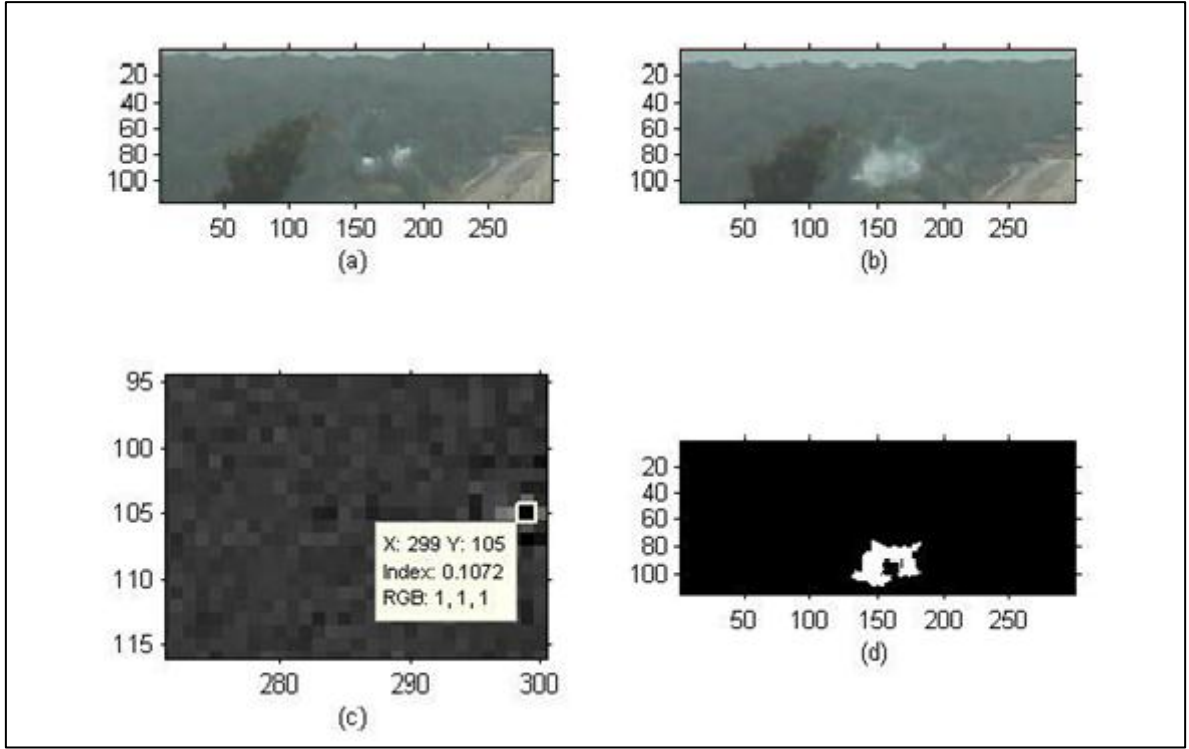
Duman Renk Analizi	$T_{RL}$	5
Duman Renk Analizi	$T_{RH}$	30

Aşağıdaki örnek görüntülerde kullanılan yöntemin basamakları sonucunda tespit edilen dumanlı bölge gösterilmiştir.

İlk olarak test için kullanılan videodan arka plan ve anlık görüntüler alınır. Bu görüntülerin arasında kamera hareketinden kaynaklı bir kayma bulunmaktadır (Şekil 32). Bu kaymadan dolayı oluşacak ve arka plan çıkartma işlemini etkileyecek olan görüntü farkını ortadan kaldırmak için Bölüm 3.2’de anlatılan yöntem uygulanmıştır. Yöntemin uygulanmasından sonra iki görüntünün kesişen noktaları tespit edilmiş ve görüntüler buna göre kırılmıştır. Kırılan arka plan ve anlık görüntüler Şekil 33(a) ve Şekil 33(b)’de görülmektedir. İki görüntü arasındaki kayma miktarı ise görsel olarak Şekil 33(c)’de görülebilmektedir. Bu işlemden sonra görüntüler üzerinde Bölüm 4.1, 4.2 ve 4.3’te anlatılan işlemler gerçekleştirilmiş ve bu işlemler sonucunda tespit edilen dumanlı bölge de Şekil 33(d)’de gösterilmiştir.

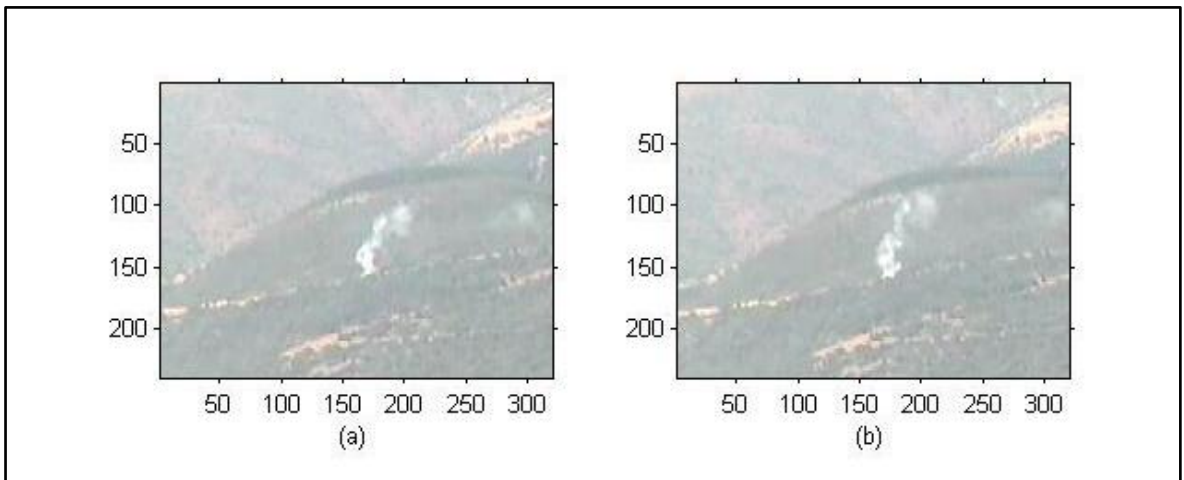


Şekil 32. Videodan alınan (a) arka plan ve (b) anlık görüntü kareleri



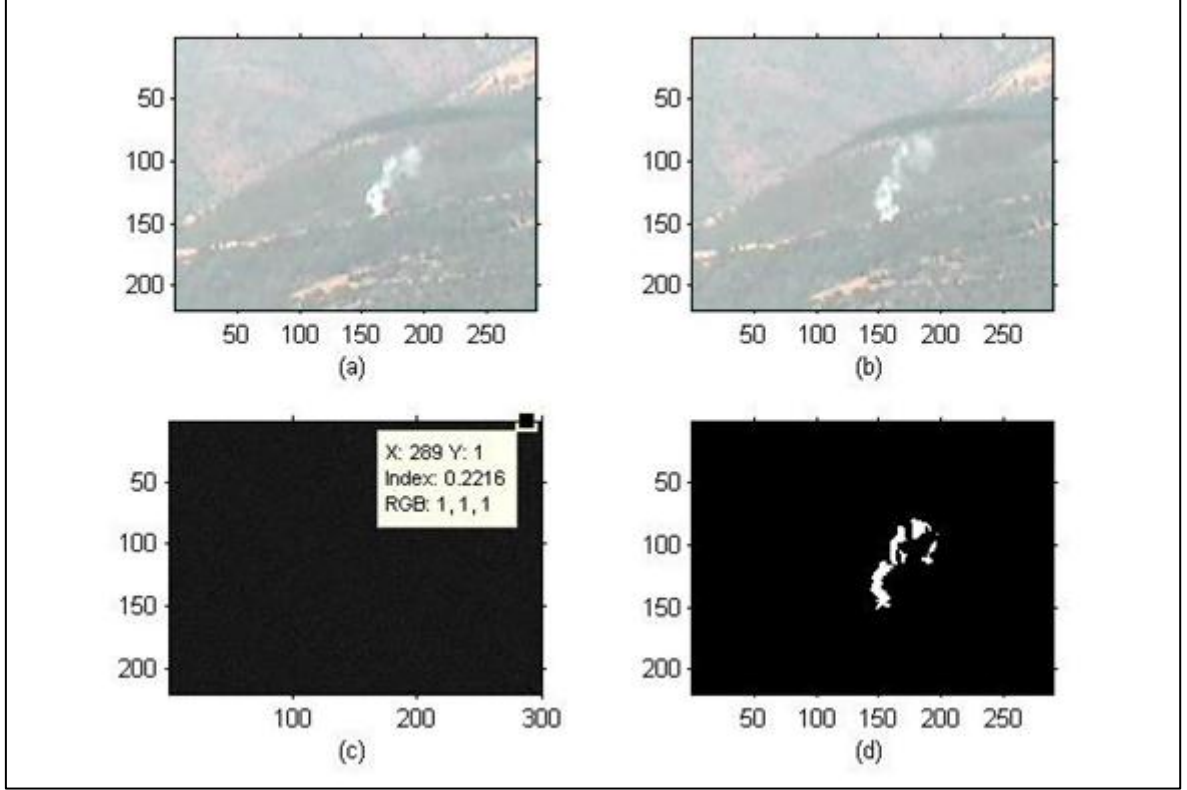
Şekil 33. Şekil 32'deki görüntülerin kesişimlerinin ve tespit edilen dumanlı bölgenin gösterimi. (a) Arka plan görüntüsü, (b) anlık görüntü, (c) faz korelasyonu sonucu bulunan kesişim noktası, (d) algoritmaların sonucu hesaplanan dumanlı bölge

Bir başka test videosu için yine aynı işlemler uygulanmıştır. Videodan alınan arka plan ve anlık görüntüler Şekil 34'te görülmektedir.



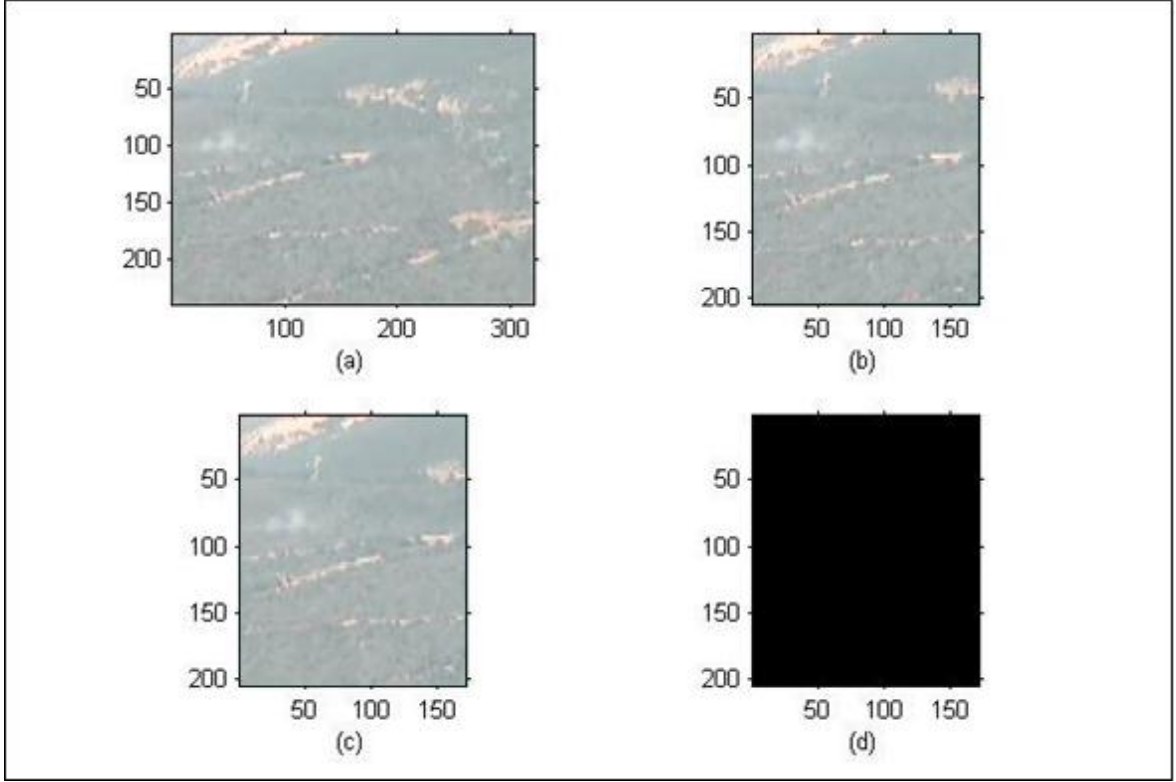
Şekil 34. Videodan alınan (a) arka plan ve (b) anlık görüntü kareleri

Bu iki görüntünün kırılmış halleri Şekil 35(a) ve Şekil 35(b)'de görülmektedir. Faz korelasyonu işlemi sonucu hesaplanmış kayma miktarı Şekil 35(c)'de ve bu hesaplamalardan sonra uygulanan algoritmalar ile hesaplanmış olan dumanlı bölge sonucu da Şekil 35(d)'de görülmektedir.



Şekil 35. Şekil 34'teki görüntülerin kesişimlerinin ve tespit edilen dumanlı bölgenin gösterimi. (a) Arka plan görüntüsü, (b) anlık görüntü, (c) faz korelasyonu sonucu bulunan kesişim noktası, (d) algoritmaların sonucu hesaplanan dumanlı bölge

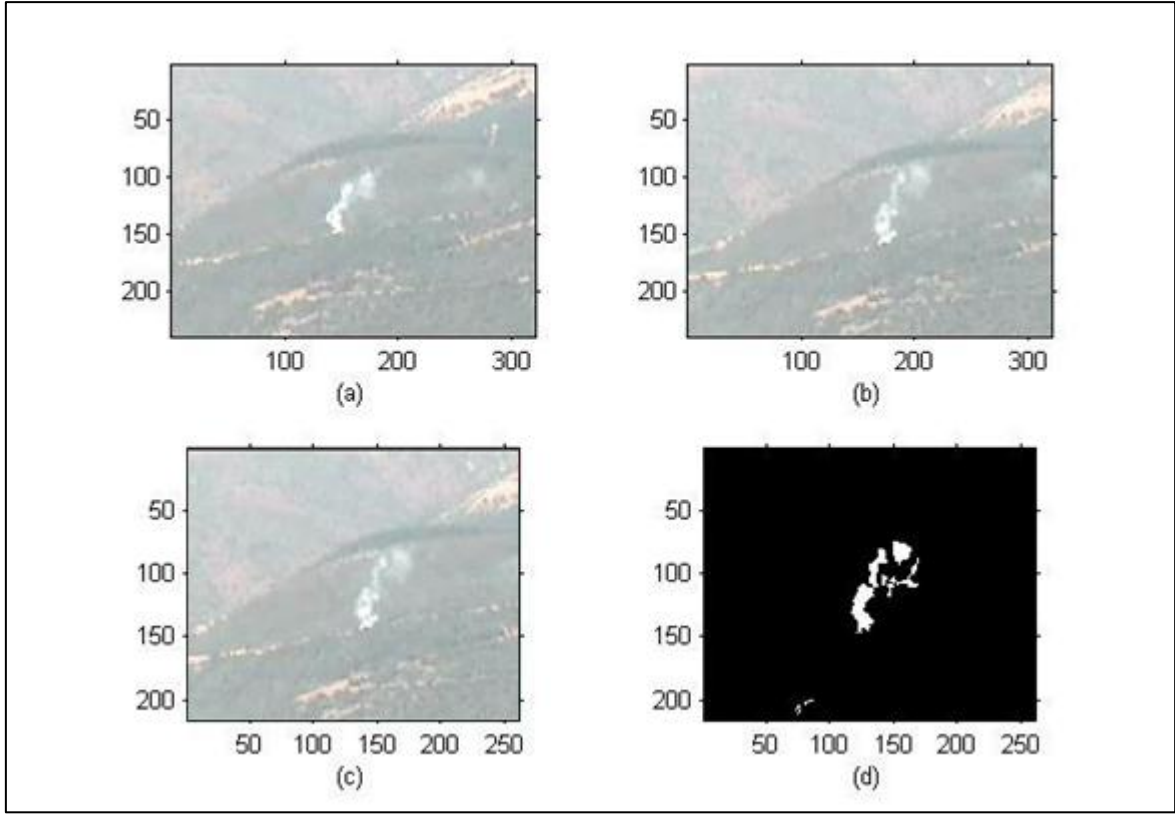
Şekil 36'da gösterilen şekilde ise duman olmayan görüntü karesi için herhangi bir sonuç bulunmadığının örneği bulunmaktadır.



Şekil 36. Videodan alınan (a) arka plan görüntüsü, (b) arka plan görüntüsü ile (c)anlık görüntünün kesişimleri, (d) hesaplanan dumanlı bölge

Kameradan alınan görüntülerde duman rengine yakın renklerde bulunmaktadır. Duman olmayan renkleri elemek için tespit edilen rengin hareketli olmasına ve yükselip yükselmediğine bakıyoruz. Bazı durumlarda duman rengi ile yakın olan renkler bu koşulları da sağlayarak yanlış alarmlar oluşturabilmektedir. Örneğin Şekil 37'de görüntüde bulunan dumanlı bölge tespit edilmiş fakat aynı zamanda duman olmayan bir alanda da duman olduğuna dair alarm oluşturulmuştur. Bunu nedeni yanlış olarak tespit edilen bölgenin duman rengine yakın bir renge sahip olmasından ve eşleme sırasında oluşan küçük kaymadan dolayı ilgili bölgenin hareketliymiş gibi tespit edilmesinden kaynaklanmaktadır. Daha iyi bir kaliteye sahip görüntüler ile eşleme işlemi yapılarak oluşan küçük kaymalar elenebilir ve böylece yanlış tespit edilen hareketli bölgeler elenebilir. Bu da oluşan yanlış alarmların sayısını en aza indirecektir.



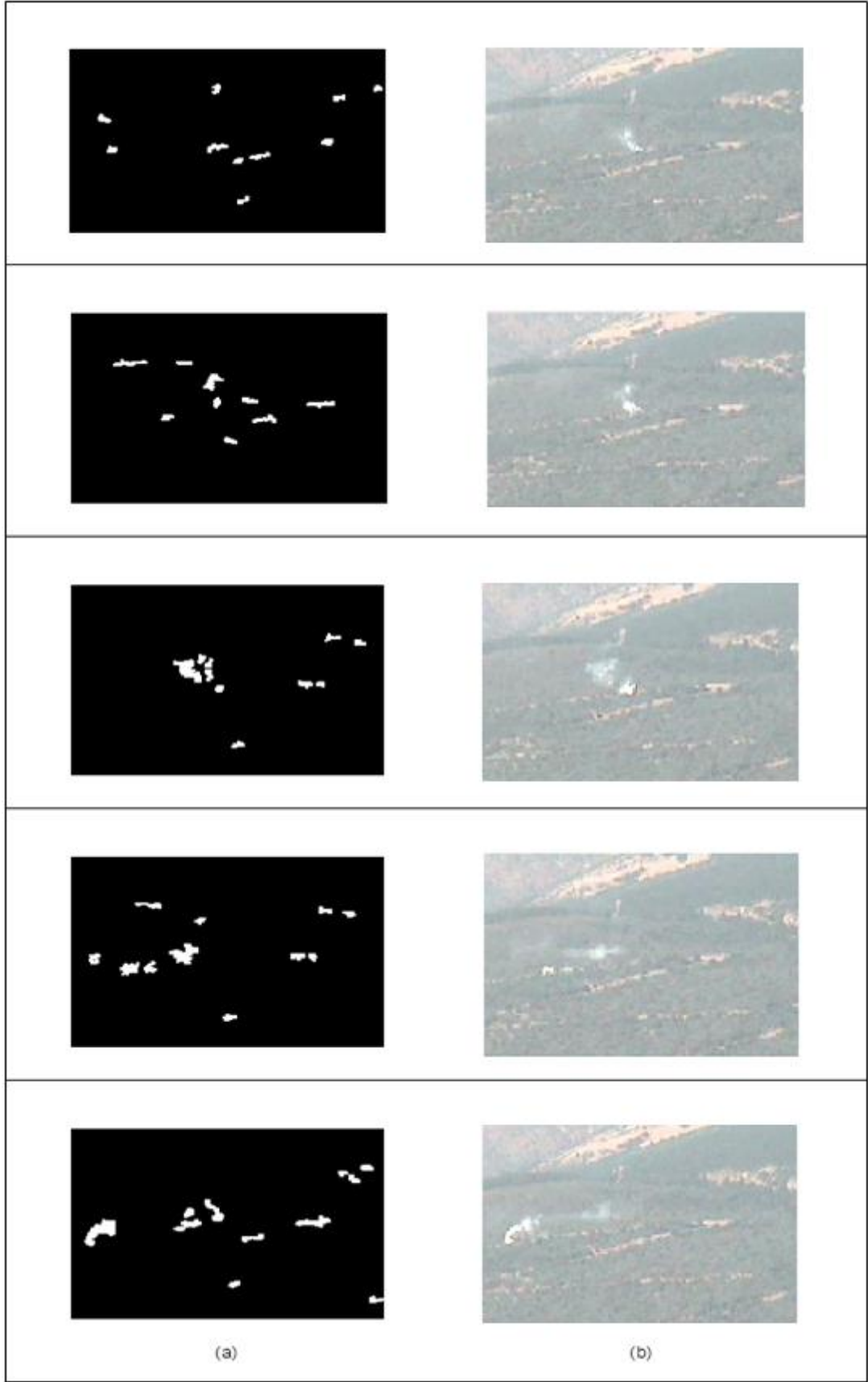


Şekil 37. (a) Arka plan ve (b) anlık görüntü kareleri, (c) görüntü karelerinin keşimlerinin sonucu, (d) hesaplanan dumanlı bölge

Yapılan başka bir denemede ise görüntüyü kaydeden kameranın rüzgâr gibi bir sebepten dolayı titremesinden kaynaklı olarak hareket eden görüntüdeki dumanlı bölge tespit edilmiştir (Şekil 38). Aynı videoda faz korelasyonu algoritmasının arka plan çıkartma işlemindeki katkısını daha iyi görebilmek için faz korelasyonu algoritması kullanılmadan da duman tespiti yapılmış ve birçok yanlış alarmlar tespit edilmiştir (Şekil 39). Şekil 38(b) ve Şekil 39(b)'de gösterilen görüntü kareleri videonun aynı görüntü kareleridir. Şekil 38(a) ve Şekil 39(a)'da ise görüntü karelerinden elde edilen dumanlı bölge sonuçları görülmektedir. Şekil 39(a)'da görülen hatalı bölgelerin sebebi arka plan çıkartma işleminin sonucunda hatalı olarak elde edilen hareketli bölgelerdir. Hatalı olarak elde edilen hareketli bölgeler, duman rengine yakın olan bölgeler ve kameranın hareket etmesinden dolayı yükselen bölge olarak tespit edilen alanlar hatalı alarmlar oluşturmuştur.



Şekil 38. Algoritmanın, titreyen kameradan elde edilen videonun beş farklı görüntü karesi için sonuçları



Şekil 39. Algoritmanın faz korelasyonu yöntemi kullanılmadan, titreyen kameradan elde edilen videonun beş farklı görüntü karesi için sonuçları

Yukarıda yapılan deneyler MATLAB ortamında geliştirilmiş yazılım üzerinde denenmiştir. Bu yazılım Intel Core 2 Duo 2.4GHz işlemcili 32-Bit bilgisayarda saniyede ortalama 4.7 görüntü karesi işleme hızında çalışmıştır. Bu deneyler ile ilgili sonuçlar Çizelge 5 ve Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelge 5'te verilen tablodaki değerler uzak mesafeden çekilmiş olan hareketli videodaki duman içeren görüntü karelerinin sayısını, bu görüntü karelerinden doğru olarak sınıflandırılan dumanlı görüntü karesi sayısını, FAR (Yanlış Alarm Oranı) ve FRR'ı (Yanlış Reddetme Oranı) göstermektedir. Çizelge 5'te kullanılan videolardan video1-video6 duman içeren görüntülerdir. Kalan videolar ise duman içermeyen görüntülerdir. Duman içeren görüntülerde tespit edilen hatalı görüntülerin nedeni görüntü eşleme sırasında oluşan kaymalardan dolayı yanlış olarak tespit edilmiş hareketli bölgeler ile duman renginde olan alanların kesişmesinden kaynaklıdır. Duman içermeyen görüntülerde ise oluşan bir kaç hata yine aynı nedenden dolayı gökyüzü ile ormanın birleştiği kenar bölgelerde olmaktadır. Aynı şekilde Çizelge 6'da ise yakın mesafeden çekilmiş olan ve duman içeren videolar için doğru ve hatalı olarak sınıflandırılmış görüntü kare sayıları ile FAR ve FRR değerleri bulunmaktadır.

Tablodalar da bulunan FAR ve FRR bölümleri yanlış alarm ve yanlış reddetme oranlarını belirtmektedir ve aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır;

$$FAR = \frac{\text{Duman içermeyen görüntü karelerinden yanlış sınıflandırılanların sayısı}}{\text{Duman içermeyen görüntü karesi sayısı}} \times 100 \quad (27)$$

$$FRR = \frac{\text{Duman içeren görüntü karelerinden yanlış sınıflandırılanların sayısı}}{\text{Duman içeren görüntü karesi sayısı}} \times 100 \quad (28)$$

Çizelge 5. Hareketli ve uzaktan çekilmiş görüntüde yapılan çalışma sonuçları

Video Dizisi	Toplam Görüntü Karesi Sayısı	Duman içeren Görüntü Karesi Sayısı	Doğru Sınıflandırılmış Görüntü Karesi Sayısı	Yanlış sınıflandırılmış görüntü karesi sayısı	FAR	FRR
Video1	856	826	742	114	%6	%13
Video2	1573	1363	1359	214	%9	%14
Video3	1024	758	917	107	%6	%11
Video4	1000	723	924	76	%3	%9
Video5	1297	1065	1124	173	%8	%13
Video6	968	843	904	64	%3	%7
Video7	460	0	460	0	%0	%0
Video8	431	0	424	7	%1	%0
Video9	603	0	603	0	%0	%0
Video10	691	0	688	3	%1	%0

Çizelge 6. Hareketsiz ve yakından çekilmiş görüntüde yapılan çalışma sonuçları

Video Dizisi	Toplam Görüntü Karesi Sayısı	Duman içeren Görüntü Karesi Sayısı	Doğru Sınıflandırılmış Görüntü Karesi Sayısı	Yanlış sınıflandırılmış görüntü karesi sayısı	FAR	FRR
Video5	630	562	523	107	%10	%17
Video6	1400	1400	1264	136	%0	%10

## 6. SONUÇLAR

Burada yapılan çalışmada hareketli bir kameradan alınan görüntüden orman yangın dumanı tespiti üzerine yöntem geliştirilmiştir. Gözetleme kulelerinde kullanılan kameralar geniş bir alanı gözlemlediğinden, herhangi bir yangın durumunda alevlerden önce ilk olarak duman görünür olmaktadır. Yangını erken tespit edebilmek içinde o anki görüntü karesinde duman varlığı incelenmiştir.

Kullanılan yöntem temelinde arka plan çıkartma bulunmaktadır. Bunun için kameradan alınmış iki adet görüntü karesinin birbirinden farkını bularak o anki görüntü karesinde herhangi bir değişim olup olmadığı incelenmeye çalışılmıştır. Fakat burada kullanılan kamera hareketli olduğu için birbirine yakın ve farklı zamanlarda alınan iki adet görüntü karesi arasında çok fazla fark bulunabilmekte, bu da işlemin hatalı sonuç üretmesine neden olmaktadır. İlk olarak bu sorunun önüne geçebilmek için faz korelasyonu yönteminden faydalanılmıştır. Faz korelasyonu yöntemi birbirine yakın iki görüntü karesi arasındaki kayma miktarını hesaplamaktadır. Bu hesaplamayı yaparken görüntü kareleri arasındaki küçük farklardan da etkilenmemektedir. İşlem sonucunda iki görüntü arasındaki kaymanın  $(x, y)$  şeklinde değeri hesaplanmaktadır. Kayma miktarı bulunduktan sonra görüntülerin kesişen bölgeleri bulunmuş ve buna göre de görüntüler kırılarak daha sonraki hesaplamalar yeni görüntüler üzerinden devam etmiştir.

Yeni görüntülerin kareleri kullanılarak Bölüm 4.1'de anlatıldığı şekilde görüntü karesindeki hareketli nesnelere tespit edilmiştir. Bu da iki görüntünün birbirinden farkı alınarak bir önceki görüntü karesine göre değişen noktalar bulunmuş ve hareket matrisi çıkartılmıştır. Hareketli nesnelere duman mı yoksa farklı nesnelere mi olduğuna ise daha sonra Bölüm 4.2'de anlatıldığı şekilde görüntü karesindeki duman rengine yakın olan pikseller incelenerek karar verilmiştir. Son olarak da tespit edilen bu bölgenin yükselip yükselmediğine bakılmış ve yangın olup olmadığına karar verilmiştir.

Yapılan çalışma ile ilgili deneysel sonuçlar ise Bölüm 5'te verilmiştir. Birçok yöntemden farklı olarak hareketli kameralardan elde edilen görüntüler üzerinde gerçekleştirilen bu yöntem ile duman içeren hareketli görüntülerde %88,5 doğruluk oranında, duman içermeyen hareketli görüntülerde ise %99,6 oranında doğruluk

ile sonuçlar elde edilmiştir. Hareketsiz kameradan elde edilen duman içeren görüntülerde ise %88,1 oranında doğruluk ile sonuçlar elde edilmiştir. Tüm işlemlere rağmen bazı durumlarda yöntem yanlış alarmlar da üretebilmektedir. Yanlış alarm üretilmesinin nedeni görüntü eşleme sırasında oluşan küçük kaymalardan dolayı yanlış hareketli bölge tespiti yapılması ve bu hareketli bölgenin de duman rengine yakın olmasından kaynaklanmaktadır. İki görüntü karesindeki kaymadan kaynaklanan anlık hatanın önüne geçebilmek için kullanılan görüntülerin kalitesi artırılarak görüntü eşleme işlemi sonucunu daha doğru elde edebiliriz. Böylece hatalı olarak elde edilen hareketli bölgelerde en aza indirilmiş olur.

Geliştirilen bu sistem kameradan alınan görüntüyü bilgisayar yardımı ile incelemektedir ve yangın olup olmadığına karar vermektedir. Daha sonrası için, bu çalışmayı bilgisayardan bağımsız bir gömülü sistem üzerine aktararak uygulanması planlanmaktadır. Böylece bilgisayar maliyeti ve gerekli enerji miktarı azaltılabilecek, hatta sadece güneş enerjisi ile çalışan sistemler dahi kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Anonim, Orman Genel Müdürlüğü, *Faaliyet Raporu 2013*, <http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/FaaliyetRaporu> (Erişim Tarihi: Nisan, 2014).
- [2] Toreyin, B. U., Cetin, A. E., "Wildfire detection using LMS based active learning", *Acoustics, Speech and Signal Processing, 2009, ICASSP*, IEEE International Conference on, 1461-1464, 19 - 24 Nisan, Taipei, 2009.
- [3] Anonim, Orman Genel Müdürlüğü, <http://www.ogm.gov.tr/SitePages/OGM/OGMDefault.aspx> (Erişim Tarihi: Nisan, 2014).
- [4] Habiboglu, Y. H., Gunay, O., Cetin, A. E., "Real-time wildfire detection using correlation descriptors", *19th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2011), Special Session on Signal Processing for Disaster Management and Prevention*, 894-898, Ağustos 29 - Eylül 2, Barcelona, İspanya, 2011.
- [5] Toreyin, B. U., Dedeoglu, Y., Cetin, A. E., "Wavelet based real-time smoke detection in video", *European Signal Processing Conference*, 4-8, 4-8 Eylül, Antalya, Türkiye, 2005.
- [6] Brovko, N., Bogush, R., Ablameyko, S., "Smoke detection in video based on motion and contrast", *Journal of Computer Science and Cybernetics*, 28(3), 195-205, 2012.
- [7] Toreyin, B.U., "Fire Detection Algorithms Using Multimodal Signal and Image Analysis", *Doktora Tezi*, Bilkent Üniversitesi, Ankara, 2009.
- [8] Gunay, O., "Dynamic Texture Analysis In Video With Application to Flama, Smoke and Volatile Organic Compound Vapor Detection", *Yüksek Lisans Tezi*, Bilkent Üniversitesi, Ankara, 2009.
- [9] Anonim, Tübitak, <http://www.tubitak.gov.tr/tr/haber/tubitak-destegiyle-orman-yangin-uyari-sistemi-gelistirildi> (Erişim Tarihi: Mayıs, 2014).



- [10] Anonim, Orman Yangını Erken Uyarı Sistemi, <http://signal.ee.bilkent.edu.tr/> (Erişim Tarihi: Nisan, 2014).
- [11] Toreyin, B. U., Dedeoglu, Y., Cetin, A. E., "Contour based smoke detection in video using wavelets", *European Signal Processing Conference*, 4 - 8 Eylül, Florence, İtalya, 123-128, 2006.
- [12] Park, J., Ko, B., Nam, J. Y., Kwak, S., "Wildfire smoke detection using spatiotemporal bag-of-features of smoke", *Applications of Computer Vision (WACV)*, 2013 IEEE Workshop, 15 - 17 Ocak, Tampa, FL, 200-205, 2013.
- [13] Gomez-Rodriguez, F., Arrue, B. C., Ollero, A., "Smoke monitoring and measurement using image processing: application to forest fires", *AeroSense 2003, International Society for Optics and Photonics*, 404-411, 2003.
- [14] Labati, R. D., Genovese, A., Piuri, V., Scotti, F., "Wildfire smoke detection using computational intelligence techniques enhanced with synthetic smoke plume generation", *Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, IEEE Transactions on, 43(4), 1003-1012, 2013.
- [15] Lowe, D. G., "Object recognition from local scale-invariant features", *In Computer Vision The proceedings of the seventh IEEE international conference on*, 2, 1150-1157, 1999.
- [16] Lowe, D. G., "Distinctive image features from scale-invariant keypoints". *International journal of computer vision*, 60(2), 91-110, 2004.
- [17] Kocadere, G., Video Görüntülerinin Sabitlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2010.
- [18] Foroosh, H., Zerubia, J. B., Berthod, M., "Extension of phase correlation to subpixel registration", *Image Processing*, IEEE Transactions, 11(3), 188-200, 2002.
- [19] Reed, R.A., "Comparison of Subpixel Phase Correlation Methods for Image Registration", *Final Report Aerospace Testing Alliance*, Arnold Air Force Base, TN 37389, ABD, 2009.

- [20] Yan, H., Liu, J. G., “Robust Phase Correlation based feature matching for image co-registration and DEM generation”, *Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, 37, 1751-1756, 2008.
- [21] Cesmecici, D., Gullu, M. K., Erturk, S., “Segmentation of hyperspectral images using phase correlation based on adaptive thresholding”, *Signal Processing, Communication and Applications Conference, 2008*, SIU, IEEE 16th, 20 - 22 Nisan, Aydin, Türkiye, 1-4, 2008.
- [22] Stanescu, D., Stratulat, M., Groza, V., Ghergulescu, I., Borca, D., “Steganography in YUV color space”, *Robotic and Sensors Environments, ROSE 2007. International Workshop*, 12 – 13 Ekim, Ottawa, Kanada, 1-4, 2007.
- [23] Qu, Z., Wang, J., “A color YUV image edge detection method based on histogram equalization transformation”, *Natural Computation (ICNC), Sixth International Conference*, 10 – 12 Ağustos, Yantai, Shandong, 7, 3546 – 3549, 2010.
- [24] Anonim, Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide-screen 16:9 aspect ratios, <http://www.itu.int/rec/R-REC-BT.601> (Erişim Tarihi: Temmuz, 2014).
- [25] Joe Maller, RGB and YUV Color Spaces, [http://joemaller.com/fcp/fxscript\\_yuv\\_color.shtml](http://joemaller.com/fcp/fxscript_yuv_color.shtml) (Erişim Tarihi: Mart, 2014).
- [26] Sen-Ching, S. C., Kamath, C., “Robust techniques for background subtraction in urban traffic video”, *Electronic Imaging, International Society for Optics and Photonics*, 18 Ocak, San Jose, Kaliforniya, 5308, 881-892, 2004.
- [27] Javed, O., Shafique, K., Shah, M., “A hierarchical approach to robust background subtraction using color and gradient information”. *Motion and Video Computing*, Proceedings Workshop on, 5 – 6 Aralık, 22 - 27, 2002.

- [28] Benezeth, Y., Emile, B., Laurent, H., Rosenberger, C. , Jodoin, P.M, "Review and evaluation of commonly-implemented background subtraction algorithms", *19th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, 1–4, 8-11 Aralık, 2008
- [29] Stauffer, C., Grimson, W.E.L., "Adaptive background mixture models for real-time tracking", *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2, 252, 1999.
- [30] Fischler, M. A., Bolles, R. C., "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography", *Communications of the ACM*, 24(6), 381-395, 1981.

## EKLER

### EK-1

#### Terimler Sözlüğü

Ağırlık	Weight
Akış	Flow
Aktif	Active
Alan	Field
Alan	domain
Amaçlı	Oriented
Anahtar Görüntü Karesi	key-frame
Analiz	analysis
Arayüz	Interface
Arka plan	Background
Ayarlanabilir	adjustable
Ayrıştırma	decomposition
Bant genişliği	Bandwidth
Başlatma	Initialization
Baz	Base
Biçim	Format
Blok	Block
Bölütleme	: Segmentation
Çıkartma	extraction
Çizelge	codebook

Çoğunluk	Majority
Çözünürlük	Resolution
Dalgacık	wavelet
Dizi	sequence
Dönüşüm	Transform
Duman	smoke
Eğim	Gradient
En az	Least
En yakın	nearest
Eşyazımlılık	Homography
Eşik	threshold
Faz	Phase
Filtre	Filter
Frekans	Frequency
Gauss Karışım Modeli	Gauss Mixture Model
Geçiş	Pass
Gizli	Hidden
Görüntü	image
Görüntü karesi	Frame
Görüntü karesi farkı	Frame differencing
Hesaplama	computation
Histogram	Histogram
İletişim	communication
Karar	Decision
Kare	Square
Kesikli	Discreate

Kestirici	: Estimator
Korelasyon	Correlation
Oluşturma	generation
Optik	Optical
Orman	Forest
Ortalama filtre	Mean filter
Özellik	Feature
Parametre	parameter
Parlaklık	Luminance
Piksel	Pixel
Rastgele	Random
Renk parlaklığı	Chroma
Satır	Line
Sayısal	Digital
Senkronizasyon	Synchronization
Sınıf	class
Sınıflandırıcı	Classifier
Simülasyon	Simulation
Veri	Data

**EK-2**

**SIU 2014 Bildirisi**

## HAREKETLİ KAMERADA GERÇEK ZAMANLI ORMAN YANGIN DUMANI TESPİTİ REAL-TIME WILDFIRE SMOKE DETECTION ON MOVING CAMERA

İsmail Arslan<sup>1</sup>, Ali Ziya Alkar<sup>2</sup>

1. Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü  
HACETTEPE Üniversitesi  
arslan\_i@msn.com

2. Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü  
HACETTEPE Üniversitesi  
alkar@hacettepe.edu.tr

### ÖZETÇE

*Orman yangınlarının erken tespiti, ormanların korunması açısından çok büyük önem taşımaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda sabit kamera ve bilgisayar yardımı ile yangın tespit edilmiştir. Kamera sadece belirli bir bölgeyi izlemekte bunun dışında kalan alanlar ise ya farklı bir kamera ile izlenmekte ya da izlenememektedir. Bu çalışmanın amacı geniş bir alanı 360° izleyen hareketli bir kamera ile olası bir yangının erken tespitini dumanın varlığını gözlemleyerek göz-sağlamaktır. Çalışmada kameradan alınan görüntülerden kameranın hareket bilgisi çıkartılmış ve bu bilgi kullanılarak belirli aralıklar ile güncellenen sabit bir arka plan elde edilmiştir. Elde edilen bu arka plan ile anlık görüntüler incelenmiş ve videoda bulunan duman tespiti ile ilgili sonuçlar sunulmuştur.*

### ABSTRACT

*Early detection of forest fires has a huge importance in terms of the forest protection. In previous studies, wildfires detected with the help of fixed camera and computer. The camera used only monitors a specific region, for the rest of this region either an another camera is used or it just cannot be monitored. In this paper, we propose an approach that can monitor the whole 360° field using only a single camera for the early detection of a potential wildfire by detecting presence of smoke. In this work, motion information of the camera is calculated from the frames that are received from the camera. By using this movement information, a fixed background image is obtained and updated at certain time periods. Using this background image, the current images are examined and possible occurrences of smoke in the video is detected and presented in this paper.*

### 1. GİRİŞ

Ormanlar ile kaplı geniş alanların bulunduğu sıcak iklim bölgelerinde orman yangınları önemli sorun teşkil etmektedir. Her yıl, dünya üzerindeki ormanların alanlarının çoğu orman yangınlarından dolayı yok olmaktadır. Bu yüzden orman yangınlarının erken tespiti, yangın sonucunda oluşacak olan zararın en aza indirilmesi açısından çok önemlidir. Bunun için ormanların çeşitli noktalarında yangın gözetleme kuleleri bulunmaktadır. Bu kulelerden insan gücü ile gözetleme yapmak hem çok zor hem de maliyetlidir. Bunun yerine kulelere ve önemli noktalara gözetleme kameraları yerleştirilebilir. Fakat böyle bir durumda da binlerce kameranın takibi, bu da fazla insan gücü ve dikkati gerektirmektedir.

Yerleştirilen bu kameralardan elde edilen görüntüler görüntü işleme yardımı ile incelenip olası orman yangını

durumları tespit edilebilir. Literatürde bu konu ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır.

Orman yangınlarını önlemek için çalışmalarda duman tespit metodu uygulanmıştır. Optik akış (optical flow) ve dalgacık ayrıştırma (wavelet decomposition) tekniğinin kullanıldığı çalışmada dumanın bazı karakteristik özellikleri (duman rengi, yükseliş hızı, dağılımı) hesaplanarak duman tespit edilmeye çalışılmış ve böylece orman yangınları ile mücadelede stratejilerinde gelişme sağlanmıştır. Yöntemde kullanılan optik akış, hareketli bölgenin tespitinde, dalgacık ayrıştırma ise hareketin çeşitli çözünürlüklerde de tespitinin yapılabilmesinde kullanılmıştır. Bu iki tekniğin birleşiminin sonucunda duman gibi yavaş hareket eden bölgelerin tespiti sağlanmıştır[1].

Geliştirilen bir diğer yöntemde ise sabit bir kameradan alınan görüntü üzerinde çalışılmıştır[2]. Yangının başlangıç aşamasında oluşan dumanın şeffaf olmasından dolayı görüntü karesinde bulunan keskin kenarlar keskinliğini kaybetmekte, bu da görüntüdeki yüksek frekanslı bölgelerin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca dumandan dolayı görüntü gittikçe daha gri olmakta ve bu da renk piksel değerlerinin azalmasına neden olmaktadır. Bunlar ile birlikte hareketli bölge tespiti, titreşim analizi ve nesne çevresinin dalgacık alan analizi sonuçları bir araya getirilerek duman olup olmadığına dair son karar verilmiştir.

Başka bir makalede kameradan uzak bir mesafedeki (>100m) orman yangını tespit etme üzerine çalışılmıştır[3]. Kullanılan yöntemde temel alınan nokta yakın bir noktadaki dumanın özellikleri ile uzak bir noktadaki dumanın özellikleri arasındaki farklılıklardır. Bu farklılıklardan yola çıkılarak dört farklı alt algoritma geliştirilmiş ve daha sonra bu alt algoritmaların sonuçları Least Mean Square(LMS) yöntemi ve uzman bir kişi kullanılarak değerlendirilmiştir. Kullanılan alt algoritmalar, arkaplan çıkartma yöntemi ile yavaş hareket eden nesne tespiti, gri bölge tespiti, yükselen video nesne tespiti ve gölge tespiti ve etkisini ortadan kaldırma işlemlerini yapmaktadır. Bu işlemlerin sonuçları ağırlıklı çoğunluk algoritması (Weighted Majority Algorithm) kullanılarak birleştirilmiştir. İşlemin sonucunda oluşacak olan hatalı alarmları önlemek için sistem son olarak uzman bir kişiden onay almaktadır.

[4]'de öne sürülen yaklaşımda ise düşük enerji harcayan ve düşük maliyetli donanım kullanılarak gerçek zamanlı çalışan bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulamada, görüntü ışık altında düşük çözünürlüklü kameradan alınan görüntü karesi dizilerinden karakteristik özellikler görüntü işleme algoritmaları kullanılarak çıkartılmış ve sonra bu özelliklerden duman bulutları tespit edilmiştir. Duman tespitinde kullanılan hesaplama yöntemleri dinamik olarak çevreye uyum sağlamış ve bu sayede geleneksel yöntemlere göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.



Daha önce yapılmış olan bu çalışmalarda kullanılan kameraların tümü sabit bir bölgeyi izlemekte ve aynı bölgede 360° izleme yapılabilmesi için birden fazla kamera kullanılması gerekmektedir. Bu da hem gerekli kamera sayısının fazla olmasından dolayı maliyeti ve ihtiyaç duyulan enerji miktarını, hem de bilgisayarın işlem yükünü arttıracaktır.

Bu çalışmada, kendi etrafında dönmüş yapan tek bir kameradan alınan görüntülerden, görüntü işleme yöntemi kullanılarak orman yangını tespiti anlatılmaktadır.

Orman yangınlarında uzak kameradan alınan görüntülerde görüntü ışık altında ateşten önce duman görünmektedir. Bu yüzden geliştirilen yöntemde görüntü ışık altında hareketli kameradan alınan görüntülerden, yangından dolayı oluşan dumanı tespit etme üzerine çalışılmıştır. Algoritma temel olarak arkaplan çıkartma yöntemini kullanmaktadır. Bunun için alınan görüntülerden belirli aralıklar ile güncellenen bir arkaplan belirlenmektedir. Bu arkaplan baz alınarak yeni gelen görüntü kareleri arasında çıkartma işlemi yaparak hareketli bölgeleri tespit etmektedir. Fakat kamera hareketli olduğu için çıkartma işlemi sağlıklı olarak çalışmamakta, arkaplan görüntüsü ile güncel görüntü arasında çok fark olmakta, bu yüzden de sistem yanlış alarm üretmektedir. Bunu önlemek için arkaplan ile güncel görüntü arasındaki kayma miktarı hesaplanmıştır. Bu hesaplama için faz korelasyonu (phase correlation) yöntemi kullanılmıştır. Hesaplanan kayma miktarına göre görüntünün sabit yerleri kullanılmış, kayan kesimler görüntüden çıkartılmıştır. Bu şekilde ilgili bölge çıkartıldıktan sonra arkaplan çıkartma işlemi yapılmış ve hareketli bölgeler tespit edilmiştir. Algoritmanın daha sonraki aşamalarında duman renk analizi ve yükselen bölge tespiti yöntemleri kullanılarak her bir metod için muhtemel duman bölgeleri çıkartılmıştır. Son olarak bulunan sonuçlar bir araya getirilerek orman yangını olup olmadığına dair karar verilmiştir.

Makalenin 2. bölümünde kullanılan yöntemler ile ilgili detaylı bilgi, 3. bölümde de bu yöntemden elde edilen sonuçlar yer almaktadır. 4. bölümde sonuçlar ve değerlendirmelerimiz bulunmaktadır.

## 2. KULLANILAN YÖNTEMLER

### 2.1. Faz Korelasyonu

Faz korelasyonu ayrık Fourier dönüşümünün temel özelliklerinden faydalanan ve eşit boyutlu iki işaret veya imgenin benzerliğini belirlemede kullanılan bir yöntemdir.  $g_1[x,y]$  ve  $g_2[x,y]$  iki boyutlu imgeleri birbirlerinin yatayda  $\alpha$ , dikeyde  $\beta$  kadar kaymış şekilleri, ve  $G_1[\mu,\nu]$  ile  $G_2[\mu,\nu]$  bu imgelerin Fourier dönüşümlerini temsil etsin. Burada faz korelasyonu,  $G_1$  ve  $G_2$  arasındaki normalize çapraz enerji spektrumunun (normalized cross power spectrum) ters Fourier dönüşümü olarak [5],[6] gibi tanımlanır ve sonucunda;

$$Q[x,y] = F^{-1} \left[ \frac{G_1[\mu,\nu]G_2^*[\mu,\nu]}{|G_1[\mu,\nu]G_2[\mu,\nu]|} \right] \quad (1)$$

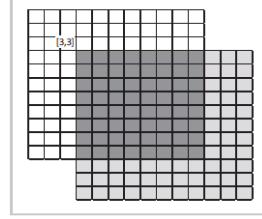
elde edilir.

Bu eşitlikte eğer  $g_1[x,y] = g_2[x,y]$  ise, faz korelasyonun sonucu;

$$Q[x,y] = F^{-1} \left[ \frac{G_1[\mu,\nu]G_2^*[\mu,\nu]}{|G_1[\mu,\nu]G_2[\mu,\nu]|} \right] = F^{-1} \left[ \frac{G_1[\mu,\nu]G_1^*[\mu,\nu]}{|G_1[\mu,\nu]G_1[\mu,\nu]|} \right] \quad (2)$$

$$= F^{-1} \left[ \frac{|G_1[\mu,\nu]|^2}{|G_1[\mu,\nu]|^2} \right] = F^{-1}[1] = \delta[x,y]$$

olarak bulunmaktadır. Buna göre  $Q[x,y]$  matrisinde bir adet birim genlikte bir tepe noktası elde edilir. Yani iki kare birbirine eşit ise ortaya çıkan matris [0,0] noktasında, farklı ise iki görüntünün ortak alanlarının başlangıç noktasında tepe noktası verecektir. Bu da bize iki görüntü arasındaki kaymanın miktarını verir. Fakat bu faz korelasyonu işleminin gürtüliye olan hassasiyetinden dolayı elde edilen arka plan görüntüsünde küçük boyutlu gürtülüler oluşmaktadır. Duman tespit işlemi sonucu bulunan dumanlı bölgelerin alanları belirli bir eşik değerinin altında ise gürtüliye olabileceği için gözardı edilmektedir. Böylece faz korelasyonu sonucu oluşan gürtülülerden elenmiş olmaktadır.



Şekil 1: [3,3] birimlik kaymış iki görüntünün faz korelasyonu sonucu [3,3]'de tepe noktası oluşacaktır.

### 2.2. Hareketli Bölge Tespiti

Hareketli bölge tespiti için iki adet farklı zamanlarda alınmış görüntüler üzerinde çalışılmaktadır. İlk olarak alınan arkaplan görüntüsünü  $B_1(x,y,t)$  her kare için güncellenmektedir. İkinci görüntü  $B_2(x,y,t)$  ise, belirli bir periyot ile güncellenmektedir. Kamera hareket halinde olduğundan dolayı iki görüntü arasındaki zaman farkında, görüntülerde kayma olacaktır. Bunun etkisini ortadan kaldırmak amacıyla bölüm 2.1'de anlatılmış olan faz korelasyonu yöntemi kullanılmıştır. Örneğin görüntünün [15,2] koordinatlarında faz korelasyonu işlemi sonucunda bir tepe noktası elde edilmiş olsun ( $\delta[15,2]$ ). Buna göre kamera 15 piksel sola ve 2 piksel de yukarıya kaymıştır.  $B_2(x,y,t)$  görüntüsüne yeni giren bu kısımlar görüntüden çıkartılır, ve aynı şekilde  $B_1(x,y,t)$  görüntüsünde de fazla olan kısımlar görüntünün sağından ve altından silinir. Arkaplan çıkartma işlemi yeni elde edilen bu iki görüntüye göre yapılır[4].

Buna göre her piksel  $(x,y,t)$  için elde edilen hareket matrisi  $D_M(x,y,t)$  [4]'deki gibi aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$K(x,y,t) = |B_1(x,y,t) - B_2(x,y,t)| \quad (3)$$

$$D_M(x,y,t) = \begin{cases} 0 & , K(x,y,t) \leq T_1 \\ \frac{K(x,y,t) - T_1}{T_2 - T_1} & , T_1 \leq K(x,y,t) \leq T_2 \\ 1 & , T_2 \leq K(x,y,t) \end{cases} \quad (4)$$

Burada  $0 < T_1 < T_2$  değerleri sabit eşik değerlerdir. Ayrıca belirli bir  $T_M$  eşik değerinden düşük olan  $D_M(x,y,t)$  değerleri de gürtülden dolayı oluşabilecek hatalı sonuçları elemek için 0'a eşitlenmektedir.

### 2.3. Duman Renk Analizi

İlk olarak her görüntüyü RGB formatından YUV formatına çevrilir. Daha sonra duman renk özelliklerini tutan bir  $D_c(x,y,t)$  matrisi [4] ve [7]'deki gibi her piksel için aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$\begin{aligned} C_1(x, y, t) &= Y(x, y, t) - U(x, y, t) , \\ C_2(x, y, t) &= Y(x, y, t) - V(x, y, t) \\ C_3(x, y, t) &= U(x, y, t) - V(x, y, t) \end{aligned} \quad (5)$$

$$S(x, y, t) = 1 - \frac{|U(x, y, t) - 128| + |V(x, y, t) - 128|}{128}$$

$$D_C(x, y, t) = \begin{cases} S(x, y, t), & C_1(x, y, t) > T_1 \text{ ve } C_2(x, y, t) > T_2 \text{ ve} \\ 0, & C_3(x, y, t) < T_3 \text{ ve } T_4 < Y(x, y, t) < T_5 \\ & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad (6)$$

Burada,  $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5$  değerleri sabit eşik değerleridir. Ayrıca belirli bir  $T_C$  eşik değerinden düşük olan  $D_C(x, y, t)$  duman bölgelerini temsil etmediği için 0'a eşitlenmektedir.

#### 2.4. Yükselen Bölge Tespiti

[3]'de anlatılan yöntemdeki gibi yükselen piksel değerleri,  $t-n$  ve  $t$  anındaki hareket eden piksellerin  $y$  koordinatlarının en yüksek  $y$  değerleri arasındaki fark ile hesaplanır. Her kare için en yüksek  $y$  koordinatına sahip hareketli pikselin lokasyonu;

$$\begin{aligned} D_{M0}(x, y, t) &= D_M(x, y, t) > 0, \\ H(t) &= \max_y [D_{M0}(x, y, t)] \end{aligned} \quad (7)$$

Buradan yükselen bölge,  $D_R(t)$ , değerleri;

$$D_R(t) = H(t) - H(t - n) \quad (8)$$

şeklinde hesaplanır.

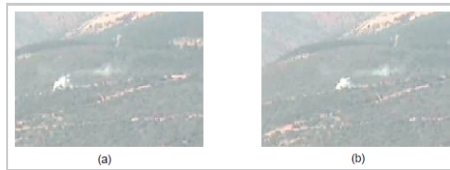
Burada hesaplanan  $D_R(t)$  değeri,  $T_{RL}$  ve  $T_{RH}$  eşik değerleri arasında normalize edilerek daha önce hesaplanan alanlar ile ilgili daha doğru eşleşme yapabilmemizi sağlar.

#### 2.5. Elde Edilen Verilerin Değerlendirmesi

Yukarıdaki yöntemler ile elde edilmiş olan  $D_M$ ,  $D_C$  ve  $D_R$  matrisleri kendi aralarında değerlendirilerek tespit edilen bölgenin duman olup olmadığına karar verilmektedir. Bunun için ilk olarak hareket eden bölge  $D_M$  matrisi ile duman rengi analizi matrisi  $D_C$  kendi aralarında incelenmiştir. Hareket eden bölgeler ile duman renk analizi sonucunda elde edilen bölgeler karşılaştırılmış ve hareketli bölgelerde duman rengine uyan kısımlar tespit edilmiştir. Daha sonra yükselen bölge matrisi  $D_R$  sonuçlarında herhangi bir yükselen bölge var ise, ki bu bölgede hareket eden alan içinde olduğundan dolayı tespit edilen alanda olası bir yangın durumu bulunmaktadır. Bu elde edilen sonuçlara göre de sistem alarm üretecektir.

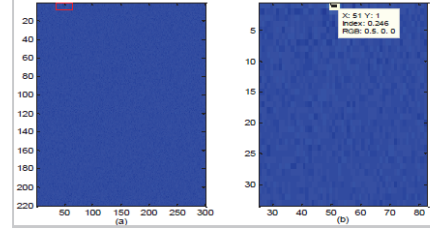
### 3. TEST SONUÇLARI

Yukarıda önerilen orman yangını tespit yöntemi hareketli görüntü üzerinde test edilmiştir. Kamera hareketli olduğu için, kameradan alınan görüntüler arasında kayma olmaktadır (Şekil 1).



Şekil 2 : Aralarında kayma olan görüntüler. (a) Anlık görüntü ve (b) arkaplan görüntüsü.

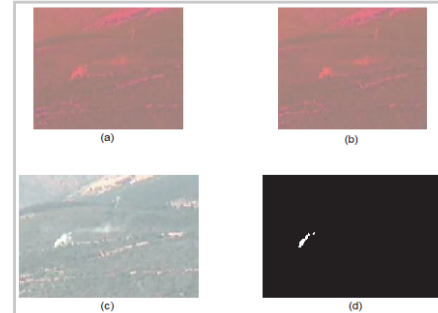
Görüntüler arasındaki bu kaymayı ortadan kaldırmak için iki görüntü arasındaki kayma miktarı faz korelasyonu yöntemi ile hesaplanır. Şekil 1'de gösterilen iki görüntü arasındaki kayma miktarı Şekil 2'den çıkarılmaktadır. Bu kayma miktarına göre görüntülerden birbiri ile kesişmeyen kısımları kırılmaktadır.



Şekil 3 : Faz korelasyonu ile hesaplanmış kayma (a), kayma miktarının yakından gösterimi (b).

Şekil 3'de (a) ve (b) görüntülerinde kesişmeyen kısımları kırılmış arkaplan ve anlık görüntüler görünmektedir. Kırma işleminden sonra iki görüntü kesştirilip hareketli bölgelerin tespiti için arkaplan çıkartma işlemi yapılmıştır. Bundan sonra anlık görüntü üzerinden duman renk analizi gerçekleştirilmiştir. Son olarakta büyüyen bölge analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirilmiş, sonucunda da şekil 3 (d)'de görünen görüntü elde edilmiştir. Buradaki beyaz bölge, orman yangını dumanını temsil etmektedir.

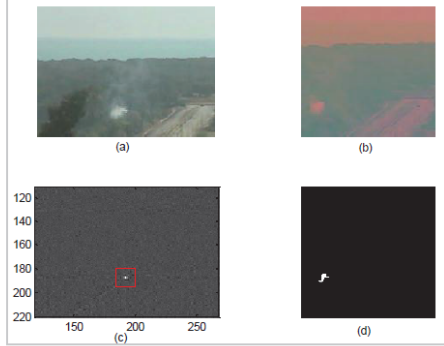
2. bölümde belirtilen algoritmanın hareketli bölge tespitinde kullanılan sabit terimleri,  $T_1=10$ ,  $T_h=30$  ve  $T_M=0.1$ , duman renk analizinde kullanılan sabit terimleri,  $T_1=30$ ,  $T_2=30$ ,  $T_3=20$ ,  $T_4=150$ ,  $T_5=255$  ve  $T_C=0.1$ , yükselen bölge tespitinde kullanılan sabit terimleri,  $T_{RL}=0$ ,  $T_{RH}=10$  olarak kullanılmıştır [4].



Şekil 4: (a) kırılmış anlık görüntü (YUV), (b) kırılmış arkaplan görüntüsü (YUV), (c) orjinal görüntü, (d) tespit edilen duman alanı.

Şekil 5'te farklı bir 240x320 boyutlarındaki video için alınmış sonuçlar görünmektedir. Burada kare (a)'da orjinal anlık görüntü bulunmakta, (b)'de ise ömекlenmiş arkaplan görüntüsünün hesaplanan kayma miktarına göre kırılmış şekli bulunmaktadır. (c)'de faz korelasyonu sonucu hesaplanan kayma miktarının görüntüsü bulunmaktadır. Buradaki hesaplanan kayma (187,192) noktasında çıkmıştır. Buna göre arkaplan çıkartma işlemi yapılacak olan görüntülerden

(53,128) piksellik kısımlar kırılmış ve sonucunda bulunan dumanlı bölge (d)'de belirtilmiştir.



Şekil 5 : (a) orjinal görüntü, (b) kırılmış arkaplan görüntüsü(YUV), (c) faz korelasyonu ile hesaplanmış kayma, (d) tespit edilen duman alanı.

#### 4. SONUÇ

Orman yangını tespiti üzerine daha önce literatürde yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmalar sabit bir kameradan alınan görüntü üzerinde yapılmış, görüntünün hareketli olması durumu daha önce incelenmemiştir. Burada yapılan çalışmada gerçek zamanlı olarak hareketli kameradan alınan orman görüntüleri incelenmiş ve duman tespiti yapılarak orman yangınları başlangıç aşamasında iken tespit edilmeye çalışılmıştır.

Önerilen yöntemde hareketli kameradan alınan görüntülerden (t-n) anındaki arkaplan görüntüsü ile t anındaki anlık görüntünün faz korelasyonu işlemi sonucu iki görüntü arasındaki kayma miktarı hesaplanmış, kayan miktarlar hesaplamadan çıkartılarak sanki sabit bir kameradan alınan görüntüden işlem yapılmış gibi duman tespiti yapılmıştır. Önerilen yöntem iki farklı orman yangını videosunda denenmiş ve tatmin edici sonuçlar alınmıştır. Bu yöntem ileride daha farklı videolarda denenerek farklı koşullara da uyumlu olması ve daha sağlıklı sonuçlar verilmesi sağlanacaktır.

#### 5. TEŞEKKÜR





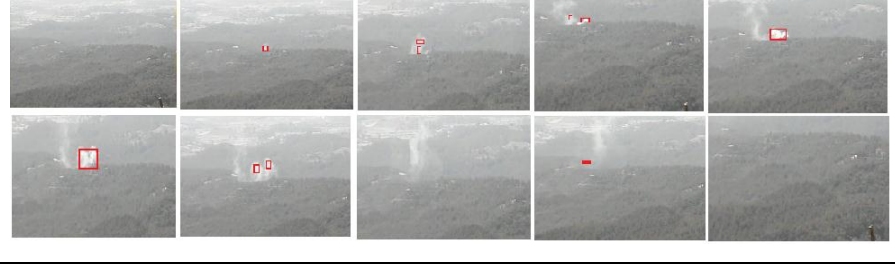
Prof. Dr. A.Enis Çetin'e verdiği değerli katkılarından dolayı teşekkür ediyoruz.

#### 6. KAYNAKÇA

- [1] F. Gomez-Rodriguez, B. C. Arrue, and A. Ollero, "Smoke Monitoring and Measurement Using Image Processing: Application to Forest Fires", *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers(SPIE)*, Vol. 5094, pp 404-411, 2003.
- [2] B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, and A. E. Cetin, "Contour Based Smoke Detection in Video Using Wavelets", *14th European Signal Processing Conference EUSIPCO 2006*, Florence, Italy.
- [3] B. U. Toreyin and A. E. Cetin, "Wildfire detection using LMS based active learning", *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, pp 1461-1463, 2009.
- [4] R. D. Labati, A. Genovese, V. Piuri, and F.Scotti, "Wildfire Smoke Detection using Computational Intelligence Techniques Enhanced with Synthetic Smoke Plume Generation", *Systems, Man, and Cybernetics: Systems, IEEE Transactions*, Vol. 43, 2013, pp. 1003-1012.
- [5] H. Yan, J. G. Liu, "Robust Phase Correlation Based Feature Matching For Image Co-Registration And Dem Generation" *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7.*, pp 1751-1756, Beijing 2008.
- [6] D. Çeşmeci, M. K. Güllü, S. Ertürk, "Hiperspektral Görüntülerin Uyarlamalı Eşik Temelli Faz Korelasyonu Kullanılarak Bölütlenmesi", *Signal Processing, Communication and Applications Conference, SIU 2008. IEEE 16th*, 2008.
- [7] B. U. Toreyin, "Fire detection algorithms using multimodal signal and image analysis", *Ph.D. dissertation, Bilkent University*, 2009.
- [8] Y. H. Habiboglu, O. Gunay, and A. E. Cetin, "Real-Time Wildfire Detection Using Correlation Descriptors", *EUSIPCO'11*, pp 894-898, September 2011.
- [9] B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, A. E. Cetin, "Wavelet Based Real-Time Smoke Detection in Video", *13th European Signal Processing Conference EUSIPCO 2005*, Antalya, Turkey.
- [10] R. A. Reed, "Comparison of Subpixel Phase Correlation Methods for Image Registration", *Air Force Materiel Command*, April 2010.
- [11] H. Foroosh, J. B. Zerubia, and M. Berthod, "Extension of Phase Correlation to Subpixel Registration", *IEEE Transactions On Image Processing*, Vol. 11, No.3, pp 188-200, March 2002.
- [12] A. E. Cetin, K. Dimitropoulos, B. Gouverneur, N. Grammalidis, O. Gunay, Y. H. Habiboglu, B. U. Toreyin, and S. Verstockt., "Video fire detection - review" *Digital Signal Processing*, 2013.
- [13] O. Gunay, K. Kose, A. E. Cetin, "Entropy Functional Based Online Adaptive Decision Fusion Framework with Application to Wildfire Detection in Video", *IEEE Transactions On Image Processing*, Vol. 21, No. 5, pp 2853-2865, May 2012.
- [14] B. U. Toreyin and A. E. Çetin, "Computer Vision Based Forest Detection", *SIU-2008*, 2008.

### EK-3

#### Örnek Görüntü Kareler

Video1	 A 2x5 grid of 10 frames from Video1. The top row shows a landscape with smoke rising from a point, with a red bounding box around the smoke. The bottom row shows the same scene from a slightly different angle, with red bounding boxes around the smoke and the ground.
Video2	 A 2x5 grid of 10 frames from Video2. The top row shows a landscape with smoke rising from a point, with a red bounding box around the smoke. The bottom row shows the same scene from a slightly different angle, with red bounding boxes around the smoke and the ground.
Video3	 A 2x5 grid of 10 frames from Video3. The top row shows a landscape with smoke rising from a point, with a red bounding box around the smoke. The bottom row shows the same scene from a slightly different angle, with red bounding boxes around the smoke and the ground.
Video4	 A 2x5 grid of 10 frames from Video4. The top row shows a landscape with smoke rising from a point, with a red bounding box around the smoke. The bottom row shows the same scene from a slightly different angle, with red bounding boxes around the smoke and the ground.
Video5	 A 2x5 grid of 10 frames from Video5. The top row shows a landscape with smoke rising from a point, with a red bounding box around the smoke. The bottom row shows the same scene from a slightly different angle, with red bounding boxes around the smoke and the ground.



Video6	
Video7	
Video8	
Video9	
Video10	

# ÖZGEÇMİŞ

## Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : İsmail ARSLAN  
Doğum Yeri : ANKARA  
Medeni Hali : Evli  
E-posta : arslan\_i@msn.com  
Adresi : Eryaman Mah. 261. Sk. 13/8 Etimesgut/ANKARA

## Eğitim

Lise : Kumluca Anadolu Lisesi (ANTALYA)  
Lisans : Hacettepe Üniversitesi

## Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce : Çok iyi düzeyde

## İş Deneyimi

Havelsan A.Ş Yazılım Mühendisi(2014)  
Türkcell Superonline A.Ş Network Mühendisi (2012 - 2014)

## **Deneyim Alanları**

Uzaktan algılama, görüntü işleme, gömülü sistemler, gömülü yazılım

## **Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi**

-

## **Tezden Üretilmiş Yayınlar**

- Arslan, I.; Alkar, A.Z., "Real-time wildfire smoke detection on moving camera," Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2014 22nd , vol., no., pp.1203,1206, 23-25 April 2014

## **Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar**

- Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2014 Trabzon