

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**VIDEO GÖRÜNTÜLERİNDE RENK VE HAREKET
ÖZELLİKLERİNDEN YANGIN TESPİTİ**

Reşit DOĞAN

**FBE Bilgisayar Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. M. Elif Karslıgil

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatürdeki Yangın Uyarı Sistemleri.....	3
1.2 Tez Çalışmasında Tasarlanan Sistem.....	6
2. ORMAN YANGINI UYARI SİSTEMİNİN ANALİZİ	9
2.1 Renk Analizi	9
2.1.1 Renk ve Renk Uzayları	10
2.1.2 Renk Uzayının Seçimi	16
2.2 Hareket Analizi	26
2.2.1 Hareket Tespit Yöntemleri.....	28
2.2.2 Zamansal Fark.....	28
2.2.3 Arka Plan Çıkarma.....	28
2.2.3.1 Optik Akış.....	30
3. ORMAN YANGINI UYARI SİSTEMİNİN TASARIMI	32
3.1 Görüntü Alımı	33
3.2 Renk Bilgisinden Alev Tespiti.....	33
3.2.1 RGB'den YCbCr'ye Dönüşüm	33
3.2.2 Alev Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu	34
3.2.3 Alev Piksellerinin Tespit Edilmesi	38
3.3 Hareket Tespiti.....	40
3.3.1 Bağlı Bileşenlerin Belirlenmesi	41
3.3.2 Yer Değiştirmeyen Bileşenlerin Tespiti.....	44
3.3.3 Titreşim Tespiti.....	50
3.4 Yangın İle İlgili Ek Bilgilerin Üretilmesi	53
4. UYGULAMA VE DENEYSEL SONUÇLAR.....	55
4.1 Yangın Görüntülerinden Elde Edilen Deneysel Sonuçlar.....	58
4.2 Yangın İçermeyen Görüntülerden Elde Edilen Deneysel Sonuçlar.....	67
4.3 Sistemin Genel Performansı	75

5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	76
	KAYNAKLAR	77
	İNTERNET KAYNAKLARI	78
	ÖZGEÇMİŞ	79

SİMGE LİSTESİ

$\triangle ABC$	ABC üçgeni
$A(\triangle ABC)$	ABC üçgeninin alanı
$ AB $	AB doğru parçasının uzunluğu
$P(x, y)$	Düzlemde P noktası
$G(x_g, y_g)$	Üçgenin ağırlık merkezi
$It(x, y)$	Pikselin yoğunluğu
$Bt(x, y)$	Arka plan pikselinin yoğunluğu
μd	Ortalama
σd	Standart sapma
$\mu_{i,t}$	Ortalama vektörü
$\Sigma_{i,t}$	Kovaryans matrisi
w_i	Gaussian ağırlık değeri
τ	Eşik seviyesi değeri
Pb	Olasılık yoğunluk fonksiyonu
Pb_o	Olasılık yoğunluk fonksiyonunun ortalaması
TH_{PB}	Ortalama renk olasılık eşik değeri
br	Birim
C	Bileşen
S	Bileşenin alanı
CC	Bileşen sayısı
T_C	Bileşen büyüklüğü eşik seviyesi
TH_I	Bileşen kesişim oranı eşik değeri
N	Kontrol edilen ardışık görüntü sayısı
M	Aranan ardışık titreşim (değişim) sayısı

KISALTMA LİSTESİ

CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
RGB	Red Green Blue
RGBA	Red Green Blue Alpha
HSL	Hue Saturation Lightness
HSV	Hue Saturation Value
HSI	Hue Saturation Intensity
HSB	Hue Saturation Brightness
YCbCr	Luminance Blue Difference Chroma Red Difference Chroma
nm	nanometre
YST	Yüksek Sıralı Terimler
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
HMM	Hidden Markov Model

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Renk tespiti ile yangın bölgelerinin bulunması	2
Şekil 2.1 Orman yangını görüntülerinden örnekler (a) Gündüz görüntüleri (b) Gece görüntüleri	9
Şekil 2.2 Yangın veritabanında bulunan 150 farklı resimden elde edilen alev kesitleri.....	10
Şekil 2.3 İnsan gözünün 3 farklı dalgaboyuna duyarlılığı	11
Şekil 2.4 RGB renk uzayının kübik gösterimi [3]	12
Şekil 2.5 HSV ve HSL modellerinin grafiksel gösterimi (a) HSV renk modeli (b) HSL renk modeli [5]	13
Şekil 2.6 HSL ve HSV modellerinin karşılaştırılması (a) HSL renk modeli (b) HSV renk modeli [5]	13
Şekil 2.7 Renkli resmin YCbCr bileşenleri (a) RGB uzayındaki resim (b) Y bileşeni (b) Cb bileşeni (c) Cr bileşeni [6].....	16
Şekil 2.8 Alev resminin RGB bileşen dağılımları (a) RGB bileşenleri (b) RG bileşenleri (c) RB bileşenleri (d) GB bileşenleri	17
Şekil 2.9 Alev resminin HSL bileşen dağılımları (a) HSL bileşenleri (b) HS bileşenleri (c) HL bileşenleri (d) SL bileşenleri	18
Şekil 2.10 Alev resminin YCbCr bileşen dağılımları (a) YCbCr bileşenleri (b) YCb bileşenleri (c) YCr bileşenleri (d) CbCr bileşenleri.....	19
Şekil 2.11 YCbCr bileşenleri arasındaki üçgen bağıntıları (a) (Y,Cb) üçgeni (b) (Cb, Cr) üçgeni	19
Şekil 2.12 Düzlemde bir üçgen ve iki nokta	20
Şekil 2.13 Üçgenin ağırlık merkezi	22
Şekil 2.14 Yangın resimlerinin olasılıksal YCbCr renk dağılımı ile değerlendirilmesi (a) Orjinal yangın resimleri (b) Sembolik olasılık resimleri	24
Şekil 2.15 Yangın renklerine sahip benzer resimlerin olasılıksal YCbCr renk dağılımı ile değerlendirilmesi (a) Orjinal resimler (b) Sembolik olasılık resimleri	25
Şekil 2.16 Ardışık yangın video görüntüleri (yaklaşık 330 ms'deki değişim)	27
Şekil 2.17 Arka plan çıkarma algoritmalarının genel yapısı.....	28
Şekil 3.1 Sistem blok diyagramı	32
Şekil 3.2 Renk tespiti blok diyagramı.....	33
Şekil 3.3 ABC ve DEF üçgenleri.....	34
Şekil 3.4 Renk bilgisinden alev tespiti.....	38
Şekil 3.5 Örnek renk tespiti sonuçları (a) Orjinal görüntü (b) Renk tespiti sonucu oluşan	

görüntü	39
Şekil 3.6 Hareket tespiti blok diyagramı	40
Şekil 3.7 Bağlı bileşenlerin belirlenmesi [10]	42
Şekil 3.8 Ardışık video görüntülerinde bağlı bileşenlerin belirlenmesi	43
Şekil 3.9 Ardışık video görüntülerindeki alev bileşenlerinin değişimi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) t-1 anındaki görüntünün renk filtresinden geçmiş hali (c) t anındaki görüntünün renk filtresinden geçmiş hali.....	45
Şekil 3.10 İki görüntüdeki bileşenlerin eşleştirilmesi ve kesişimlerin bulunması.....	47
Şekil 3.11 Ardışık alev görüntülerinde N adım önceki bileşenler ile mevcut bileşenlerin eşleştirilmesi ve kesişim alanlarının belirlenmesi (a) t-N anındaki bileşenler (b) t anındaki bileşenler (c) t-N ve t anındaki bileşenlerin kesişimi	48
Şekil 3.12 Alev renk özelliklerine sahip nesnelerin bulunduğu ardışık görüntülerinde N adım önceki bileşenler ile mevcut bileşenlerin eşleştirilmesi ve kesişim alanlarının belirlenmesi (a) t-N anındaki bileşenler (b) t anındaki bileşenler (c) t-N ve t anındaki bileşenlerin kesişimi	49
Şekil 3.13 Bileşen ikililerinin bileşimlerinin bulunması ve titreşim tespiti.....	51
Şekil 3.14 Ardışık alev görüntülerinde N adım önceki bileşenler ile mevcut bileşenlerin bileşim bölgeleri içerisindeki titreşimin belirlenmesi (a) t-N anındaki bileşenler (b) t anındaki bileşenler (c) Bileşim bölgelerindeki titreşim.....	52
Şekil 3.15 Yangın ile ilgili bilgilerin kaydedilmesi.....	53
Şekil 3.16 Yangın ile ilgili ek bilgilerin üretilmesi	54
Şekil 4.1 Gerçek yangın içeren test videolarından örnek görüntüler.....	56
Şekil 4.2 Alev rengi içeren, yangın olmayan test videolarından örnek görüntüler.....	57
Şekil 4.3 Başarı oranı düşük olan bir test videosundan örnek ardışık görüntüler.....	61
Şekil 4.4 Başarı oranı düşük olan bir test videosunda bileşenlerin hareketi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) t-1 ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (c) t-1 anındaki bileşenler (d) t anındaki bileşenler	62
Şekil 4.5 Başarı oranı yüksek olan bir test videosundan örnek ardışık görüntüler.....	63
Şekil 4.6 Başarı oranı yüksek olan bir test videosunda bileşenlerin hareketi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) Renk filtresinin sonucu (c) t-1 ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (d) Yer değiştirmeyen bileşenlerin N adımda yaptıkları titreşim	64
Şekil 4.7 Başlangıç aşamasındaki bir yangın videosunda yangın tespiti (a) t anındaki orjinal görüntü (b) Renk filtresinin sonucu (c) t-1 ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (d) Yer değiştirmeyen bileşenlerin N adımda yaptıkları titreşim.....	66
Şekil 4.8 Yanlış kabul oranı yüksek olan test videosundan örnek ardışık görüntüler	69

Şekil 4.9 Yanlış kabul oranı yüksek olan test videosunda bileşenlerin hareketi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) Renk filtresinin sonucu (c) t-1 ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (d) Yer değiştirmeyen bileşenlerin N adımda yaptıkları titreşim	70
Şekil 4.10 Trafik ışıkları test videosundan örnek ardışık görüntüler.....	71
Şekil 4.11 Trafik ışıkları test videosunda bileşenlerin hareketi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) Renk filtresinin sonucu (c) t-1 ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (d) Yer değiştirmeyen bileşenlerin N adımda yaptıkları titreşim	72
Şekil 4.12 Seken top test videosundan örnek ardışık görüntüler.....	73
Şekil 4.13 Seken top test videosunda bileşenlerin hareketi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) Renk filtresinin sonucu (c) t-1 ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (d) Yer değiştirmeyen bileşenlerin N adımda yaptıkları titreşim	74

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Örnek RGB - HSL, HSV geçiş değerleri.....	14
Çizelge 4.1 Uygulamada kullanılan eşik seviyesi değerleri	55
Çizelge 4.2 Yangın videoları ile yapılan test sonuçları	58
Çizelge 4.3 Yangın içermeyen videolar ile yapılan test sonuçları.....	67
Çizelge 4.4 Hata matrisi.....	75

ÖNSÖZ

En değerli milli servetlerimizden biri olan ormanlarımızın her yıl binlerce hektarlık bölümünün yanarak yok olması, ve bu doğrultuda geliştirilmiş olan mevcut ulusal ve global teknolojik önlemlerin yetersizliği tez çalışmamda beni bu konuyu seçmeye teşvik etti. Uzun soluklu bir araştırma ve geliştirme sürecinden sonra yüksek başarı ile sonuç veren ve ürüne dönüştürülme maliyeti düşük olan orman yangını uyarı sistemini tamamladım.

Tezimin araştırma ve geliştirme süreçlerinde engin bilgi birikimi ve deneyiminden yararlandığım ve bana her konuda desteğini sunan değerli hocam ve tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. M. Elif Karslıgil' e, ayrıca bilgi birikimimi oluşturmamda katkısı olan Y.T.Ü Bilgisayar Mühendisliği Bölümündeki hocalarıma ve tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemi sağlayan ve hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir desteği eksik etmeyen babama, anneme, kardeşime ve tüm çalışmam süresince beni yüreklendiren ve verdiği manevi güçle tüm engelleri aşmamı sağlayan sevgili eşime sonsuz teşekkür ederim.

Reşit Doğan
Mayıs, 2009

ÖZET

Bu çalışmada, doğal ortamlardan alınan hareketli renkli görüntüler kullanılarak yangın tespiti yapan gerçek zamanlı çalışacak bir sistem tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışma iki temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada görüntüdeki alev renk özelliklerine sahip alanlar tespit edilip ikinci aşamada bu alanların alev hareket özelliklerine sahip olup olmadıkları tespit edilmiştir. Renk tespiti aşamasında değişik ortamlarda çekilmiş yangın fotoğraflarından alınan örnek parçaların farklı renk uzaylarındaki durumu değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonunda, alev renginin YCbCr uzayında Y-Cb ve Cb-Cr ikilileri arasındaki üçgen bağıntılarından otomatik olarak elde edilebileceği ortaya konmuştur. Üç renk bileşeni de ilgili bağıntıları sağlayan pikseller alev olarak işaretlenmiş ve ikinci aşamada bu piksellerden oluşan bağlı bileşenlerin hareketleri incelenmiştir. Hareket tespiti aşamasında alev bileşenlerinin yer değiştirme ve titreşim hareketlerine ait karakteristik özellikler çıkartılmıştır. Bu özellikleri sağlayan bileşenler alev bileşeni olarak kabul edilmiş ve son adımda bu bileşenlerin bütün olarak hareketleri incelenerek yangın hakkında büyüme hızını ve yönünü gösteren ek bilgiler üretilmiştir.

Geliştirilen yangın uyarı sistemi, gerçek orman yangını görüntüleri ve yangın renk özelliklerine benzer özellikte nesnelerin bulunduğu yangın içermeyen görüntülere ait farklı senaryolar içeren videolar ile test edilmiştir. Test sonucunda sistemin doğru alarm üretme başarısının %95.8 ve yanlış alarm üretme oranının %1.9 olduğu belirlenmiştir.

Sistemin çalışma hızı değerlendirildiğinde, yangın alarmı verme hızının gerçek zamanlı çalışması için yeterli olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Yangın uyarı sistemi, Alev hareketi tespiti, Video görüntü işleme

ABSTRACT

In this project a real time fire detection system was designed and implemented using moving, colored images taken from natural environment.

There are two main steps in the implemented fire detection system. In the first step, areas that have flame colour properties were detected and in the second step, the detected areas were assessed for the motion properties of flames. Flame samples taken from various fire images were analysed with different color spaces. The result of this analysis showed that fire colors can be automatically detected using triangle correlations between Y-Cb and Cb-Cr binaries in YCbCr color space. Areas with all three components supply the related correlations were marked as flame areas and then motion properties of connected components consist of these areas were analysed. During the motion detection, characteristic displacement and vibration features of flame motion were defined. Components having all these properties were accepted as flame components and the whole motion properties of the image were analysed and additional information was produced as growing rate and direction of the fire.

Developed fire detection system was tested with real forest fire videos and non fire videos including objects that have the same colour properties as fire. General system performance was calculated according to the test results. True alarm producing ratio is 95.81% and false alarm producing ratio is 1.9%.

Performance tests show that producing fire alarm speed is enough for real time computing.

Keywords: Fire detection system, Flame motion detection, Video image processing

1. GİRİŞ

İnsanlar doğuştan sahip oldukları ve doğumdan sonraki öğrenme süreciyle kazandıkları görsel birikim ve yetenekleri sayesinde karmaşık bir görme sistemine sahiptirler. Uzun bir süredir insanlardaki görme sistemleri fizyolojik ve psikolojik açılarından incelenmekte ve insanlardakine benzer görme sistemlerinin elektronik ortamlarda geliştirilmesi için yazılım ve donanım alanlarında çalışmalar yürütülmektedir.

Görüntü İşleme ve Bilgisayarla Görme, önceleri Yapay Zeka çalışma sahasının bir alt dalı olarak ele alınırken, teknolojinin hızla ilerlemesi ve yapay görüş sistemlerinin öneminin artması ile günlük hayata kadar girmesi Görüntü İşleme'yi başlı başına bir bilim dalı haline getirmiştir.

Görüntü İşleme ve Bilgisayarla Görme çalışmaları, bilgisayar ortamına aktarılmış çeşitli özelliklere sahip görüntülerin değerlendirilerek 2 veya 3 boyutlu olarak anlamlandırılması için yapılan çalışmalardır. Görüntü İşleme uygulamaları çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Tıbbi sistemler (hastaya tanı koymak, tümörlerin tespit edilmesi v.b.); endüstriyel sistemler (hedef ürünün hatalara karşı kontrolünün yapılması v.b.); savunma sistemleri (düşman askerlerinin veya araçlarının yerini algılayan güdümlü füzeler vb.); otonom uyarı sistemleri (belli bir bölgede yangın çıkıp çıkmadığını araştıran araçlar vb.) bu alanda yapılan uygulamalardan bazılarıdır.

Yangın tesbit ve uyarı sistemleri, teknolojinin gelişmesi ile yaygınlaşan ve kullanım alanları genişleyen otonom kontrol ve uyarı sistemleri arasındadır. Yangının erken tespiti, yangın nedeni ile yaşanan maddi kayıpların azaltılması ve önüne geçilmesi için çok önemlidir. Bu konuda farklı yöntemler kullanılarak yapılmış bir çok araştırma ve geliştirilmiş uyarı sistemi bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar temel olarak iki kategoride toplanmıştır. Bu kategorilerden ilki algılayıcı tabanlı, kısa mesafeli sistemler üzerine yoğunlaşırken ikinci kategori ise hareketli veya hareketsiz görüntülerin işlenmesi yöntemine dayanan ve ilkine göre daha geniş alanları kontrol edebilen uyarı sistemlerini ele alır.

Algılayıcı tabanlı yangın uyarı sistemleri genellikle kapalı ve dar alanlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda genellikle farklı tipteki algılayıcı birimler ile havadaki duman yoğunluğu, ortam sıcaklığı, ortamın kızılötesi renk dağılımı gibi değerler ölçülür. Bu tip sistemlerin orman gibi geniş alanlarda kullanılması için algılayıcı düğümlerden oluşan geniş bir ağ kurulmalıdır. Bu da sistemin maliyetini arttırmakla beraber uygulanmasını da zorlaştıran bir etkidir. Aynı zamanda bu tip sistemlerde olası bir yangının varlığının yanı sıra yangının

lokalizasyonu, büyüklüğü, büyüme hızı gibi yangının durumu ve karakteristiği ile ilgili ek bilgiler üretmek oldukça zordur (Chen T., Wu P., Chiou Y., 2004).

İkinci kategoride ele alınan görüntü tabanlı metodlara dayalı yangın uyarı sistemlerinin en önemli avantajları geniş alanların ucuz maliyetlerle kontrolü için uygun olması ve yangınla ilgili bir çok ek bilginin elde edilmesine olanak sağlamasıdır.

Bu çalışmada, orman alanlarından elde edilen hareketli ve renkli görüntülerin değerlendirilmesi ile yangın tesbiti yapan bir erken yangın uyarı sistemi tasarlanmıştır. Genel olarak ele alınırsa bu çalışma, renk tespiti ve hareket tespiti olmak üzere iki temel karar verme aşamasından oluşmaktadır. Gece ve gündüz oluşmuş bir çok farklı yangının farklı aşamalarından elde edilmiş görüntüler üzerinde çalışılarak yangın için genelleştirilmiş bir renk kuralı belirlenmiş ve renk tespiti aşamasında bu kural kullanılmıştır. Yangın ile aynı renk değerlerine sahip olabilecek güneş, yapay ışık kaynağı, yangın renklerinde bir araba gibi hareketli veya hareketsiz nesnelerin yanlış alarm üretmemesi ve sistemin güvenilir bir başarı oranına sahip olabilmesi için renk tespitinin yanında hareket tespitin de karar vermek için kullanılması zorunludur. Hareketli yangın görüntülerinin incelenmesi ile yangının ayırt edici karakteristik hareket özellikleri belirlenmiş ve bu özellikler hareket tespiti aşamasında karar vermek için kullanılmıştır.



Şekil 1.1 Renk tespiti ile yangın bölgelerinin bulunması

1.1 Literatürdeki Yangın Uyarı Sistemleri

Uzun yıllardır çeşitli yöntemler kullanılarak yapılan yangın uyarı sistemleri konusundaki araştırma ve çalışmalar günümüzde de yoğun bir şekilde sürdürülmektedir.

Bugüne kadar yangın uyarı sistemleri üzerine yapılan çalışmalar 2 ana kategori altında toplanabilir. İlk kategoride kapalı ve dar alanların kontrol edilmesindeki başarısı ve kolaylığı sebebiyle tercih edilen algılayıcı tabanlı çalışmalar yer almaktadır. Ancak algılayıcı tabanlı sistemler, geniş ve açık alanlarda yangın tespit etme ve yangın hakkında bilgi üretme konusunda doğru, güvenilir ve yeterli bir çözüm üretememektedir. Genellikle bu sistemler yakın çevreden algıladıkları duman yoğunluğu, sıcaklık gibi ortam değişkenlerinin değerlendirilmesi ile sadece yakın çevrelerinde yangının varlığını tespit ederler. Orman gibi geniş alanlarda kullanılmak üzere geliştirilen algılayıcı tabanlı sistemler, bir çok düğümün bir araya getirilmesi ile oluşturulan ve düğümlerin birbirleri ile haberleşebildiği kablosuz algılayıcı ağlar üzerinde tasarlanmaktadır. Bu sistemlerin en büyük dezavantajı, uzun vadede devamlılıklarının olmamasıdır. Günümüz teknolojisinde düğümleri çalıştırmak için kullanılan piller, hem verilerin değerlendirilmesi hem de düğümler arası radyo frekansı ile haberleşmenin sağlanabilmesi için uzun süreli enerji sağlayamamaktadır (Akyildiz I.F., Su W., Sankarasubramaniam Y., Cayirci E., 2002).

İkinci kategoride yapılan çalışmalar ise yangını tespit etmek ve yangın hakkında bilgi üretmek için görsel bilgiden yararlanmaktadır. Görsel tabanlı sistemler de hareketsiz görüntü kullanan ve hareketli görüntü kullanan sistemler olmak üzere kendi içerisinde 2 alt kategoriye ayrılabilir. Hareketin değerlendirilmediği sistemler, salt renk ve doku özelliği bilgisinden yararlanarak sonuca varırlar. Bu tarz sistemlerde yangının tespiti için üretilen doğru alarm sonuçları ne kadar başarılı olursa olsun, bu sistemlerin yangın benzeri renk ve dokuya sahip nesneler için yanlış alarm üretme yüzdeleri oldukça yüksektir. Renk bilgisi ile birlikte hareketin de değerlendirildiği sistemlerde ise hem doğru alarm üretme başarısı hem de yanlış alarm üretmeme başarısı oldukça yüksektir. Bu sistemlerin en büyük dezavantajı, karmaşık işlem ve karar yapılarına sahip olmalarıdır. Bu karmaşıklık, geliştirilen uygulamaların çalışması için gerekli olan donanımların maliyetini arttırmakta ve bunun sonucu olarak da hareketli görüntü tabanlı yangın uyarı sistemlerinin sahada uygulanmasını zorlaştırmaktadır.

Görüntü tabanlı yangın uyarı sistemlerinin, alev ve duman olmak üzere temelde yoğunlaştığı iki belirleyici nesne vardır. Çalışmalarda bu iki nesnenin renk, doku ve hareket özelliklerinden yararlanılır. Bazı çalışmalarda sadece alev veya duman tespit edilmeye çalışılırken bazı çalışmalarda ikisi birlikte ele alınmıştır.

Okayama Y.'nin (1992) yaptığı erken yangın uyarı sistemi çalışmasında değişik ebatlarda iki adet koku algılayıcısı kullanılmıştır. Algılayıcılardan elde edilen değerler bir yapay sinir ağı üzerinde işlenerek sonuç elde edilmiştir. Sistem yanan maddelerden ortaya çıkan koku ile diğer maddelerin kokusunu ayırt edebilmektedir.

Daniel T. Gottuk, Michelle J. Peatross ve diğerlerinin (2002) yer aldığı grup yaptıkları çalışmada algılayıcı tabanlı yangın uyarı sistemlerinde yanlış uyarı oranını düşürebilmek için ortamdaki duman yoğunluğunun değerlendirilmesinin yanında karbonmonoksit (CO) oranının da ölçülüp değerlendirildiği bir sistem tasarlamışlardır.

Ren C. Luo, Kuo L. Su, ve diğerlerinin (2002) oluşturduğu grup yaptıkları çalışmada algılayıcı tabanlı bina içi yangın tespit problemine çözüm aramışlardır. Geliştirdekleri yapıda, bir çift iyonizasyon duman algılayıcısı, bir çift ultraviyole alev algılayıcısı ve bir çift sıcaklık algılayıcısı olmak üzere 6 adet algılayıcı kullanmışlardır. Aynı çalışma içerisinde yangın tespitinin yanında sistemin hata toleransını arttırmak için uyarlanabilir füzyon yöntemi ile arıza meydana gelen algılayıcı birimin belirlenmesi ve çiftteki aynı tipteki diğer algılayıcının devreye alınması üzerine çalışmışlar ve büyük ölçüde başarı sağlamışlardır.

Susan L. Rose-Pehrsson, Sean J. Hart ve diğerlerinden (2003) oluşan grup çalışmalarında iyonizasyon duman algılayıcısı, fotoelektrik duman algılayıcısı, bağıl nem, karbonmonoksit (CO) ve karbondioksit (CO₂) algılayıcılarından oluşan düğümlerden bir ağ oluşturmuşlar ve bu ağ üzerinde olasılıksal yapay sinir ağları yöntemini kullanarak yangın tespiti, ve dar alanlarda yangının lokalizasyon bilgisinin üretilmesi konusunda büyük ölçüde başarı sağlamışlardır.

Liyang Yu, Neng Wang ve diğerlerinden (2005) oluşan çalışma grubunun gerçekleştirdiği sistemde, kablosuz algılayıcı ağ üzerinde olasılıksal yapay sinir ağları kullanılarak gerçek zamanlı yangın tespitine çözüm aranmıştır. Düğümlerin çevreden algıladıkları değişkenler, bağıl nem oranı, sıcaklık, duman yoğunluğu ve rüzgarın hızıdır.

Takei Y., Tashiro T. (2005) ve diğerlerinin oluşturduğu grubunun yaptıkları çalışmada koku algılayıcılarından yararlanarak bir erken yangın uyarı sisteminin gerçekleştirilmesi üzerinde durulmuştur. Tasarlanan sistemde 5 adet yarı geçirgen metal-oksit gaz algılayıcısından oluşan bir dizi ve elde edilen değerlerin değerlendirilmesi için bir adet bilgisayardan yararlanılmıştır. Gerçekleştirilen sistem bir robot üzerinde çalıştırılmaktadır.

Jerome Vicente ve Philippe Guillemant (2002) ikilisin çalışmasında duman tespiti üzerinde durulmuş ve gri seviyesinde hareketli görüntü kullanılmıştır. Çalışmada sadece dumanın

hareket karakteristiğinden yararlanılmış, renk bilgisi kullanılmamıştır.

Walter Phillips III, Mubarak Shah ve diğerlerinden (2002) oluşan grubun yaptığı çalışmada yangının tespiti hareketli renkli görüntüler üzerinde alevin tespit edilmesi ile yapılmaya çalışılmıştır. Grup önce renk filtresinden geçirdikleri görüntü içerisindeki alev renklerine sahip noktaların sayısının belirli bir eşik seviyesinden büyük olup olmadığını kontrol etmiş, eğer büyük ise bu noktaların bulunduğu bölgedeki hareket tespit edilmeye çalışılmıştır. Eğer hareket eden ve aleve ait noktaların sayısı yine belirli bir eşik seviyesinin üzerinde ise alarm verilmiştir.

Thou-Ho (Chao-Ho) Chen, Cheng-Liang Kao ve diğerlerinden (2003) oluşan grubun yaptığı çalışmada yangın tespiti renk ve hareket bilgisi değerlendirilerek yapılmıştır. Renk bilgisinin değerlendirilmesi çalışmanın ağırlıklı kısmını oluştururken hareket bilgisi sadece renk filtresinden geçirilen görüntüdeki yangın renklerine sahip noktaların artımını belirlemek için kullanılmıştır. Artım, belirli sayıda ardışık video görüntüsünde devam eder ve toplam yangın nokta sayısı belirli bir eşik seviyesinin üzerine çıkarsa alarm üretilmektedir.

Thou-Ho (Chao-Ho) Chen, Ping-Hsueh Wu ve diğerlerinin (2004) oluşturduğu grup hareketli renkli görüntü kullanarak yaptıkları çalışmada hem renk hem de hareket bilgisinden yararlanırken alev ve duman tespitini birarada uygulamışlardır. Yangının tespiti için görüntü içerisindeki alevi oluşturan noktalar ile dumanı oluşturan noktalar ayrı ayrı tespit edildikten sonra ardışık görüntülerden elde edilen hareket bilgisinin düzensizliğinden yararlanılmıştır.

Che-Bin Liu ve Narendra Ahuja ikilisi (2004) alev tespiti için hareketli renkli görüntüler üzerinde çalışmışlardır. Olasılıksal renk modellemesinin yanında ardışık görüntüler arasındaki şekil değişimlerini frekans domeninde incelemişlerdir. Alev bölgesinin çevresinin şekli Fourier katsayıları ile ifade edilmiş, bu katsayılardaki geçici değişimler karar aşamasında belirleyici kriter olarak kullanılmıştır.

B. Uğur Töreyin, Yiğithan Dedeoğlu ve diğerlerinden (2005) oluşan grubun çalışmasında hareketli renkli görüntü kullanılarak alev tespiti yapılmaya çalışılmıştır. Renk ve hareket tespitinin yanı sıra hareket eden alev renklerindeki noktaların gerçekten aleve ait olup olmadığının doğrulanması adımı alev titreşimine benzer bir titreşim olup olmadığının tespiti için Saklı Markov Modeli kullanılmıştır.

Wen-Bing Horng ve Jian-Wen Peng'den (2006) oluşan ikilinin yaptığı çalışmada hareketli renkli görüntüler kullanılarak alev tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada renk filtresi, yapay sinir ağları yöntemi ile tasarlanmıştır. Görüntüye renk filtresi uygulandıktan sonra kalan

bölgelerin ardışık görüntülerdeki değişimi izlenmiş ve tamamıyla sabit kalan bölgeler elenmiştir. Tüm elemeler sonucunda kalan bölgelerin iki ardışık görüntü için çevrelerindeki değişim izlenmiş ve çevre bölgesinde düzensizlik tespit edilmeye çalışılmıştır. Çevre bölgelerindeki değişimin büyüklüğü nesnenin alev olması olasılığını doğru orantılı olarak etkilemektedir.

Jennie Shipley ve Jessica Ebert (2007) ikilisi yangın tespiti için hareketli renkli görüntülerin işlenmesine dayalı bir sistem tasarlamışlardır. Görüntünün renk ve hareket bilgisinden yararlanılarak sadece alev tespiti yapan bu çalışmanın temel adımları sırasıyla görüntü içerisindeki hareketli noktaların hibrit arkaplan tahmini yöntemi ile bulunması, hareket eden noktalar içerisinde yangın rengine sahip noktaların bulunması, dalgacık analizi ile alev benzeri titreşim yapan alanların tespit edilmesi ve yine dalgacık analizi ile yangın dokusuna benzeyen alanların tespit edilmesidir. Çalışmanın doğru yangın alarmı üretme başarısı oldukça yüksek iken, yanlış alarm üretmeme başarısı aynı ölçüde olamamıştır.

Turgay Çelik , Hasan Demirel ve diğerlerinden oluşan (2006) grubun yaptığı çalışmada görüntünün renk ve hareket bilgisi kullanılmıştır. İlk adımda uyarlanabilir arkaplan çıkartma yöntemi ile hareket eden noktalar ile sabit olanlar birbirinden ayrılmış ve oluşturdukları istatistiksel renk modeli ile hareket eden noktalar içerisinde yangının renklerine sahip renkte bir bölge olup olmadığı irdelenmiştir. Duman için bir kontrol yapılmamış, sadece görüntüdeki alev bilgisi değerlendirilmiştir.

Turgay Çelik, Hüseyin Özkaramanlı ve diğerlerinden (2007) oluşan grup yaptıkları çalışmada yangın tespitini görüntünün sadece renk bilgisini kullanmakla birlikte alev ve duman renk bilgisini bir arada değerlendirerek gerçekleştirmişlerdir. İstatistiksel renk analizi sonucunda alev ve duman için iki ayrı karar fonksiyonu oluşturmuşlar ve karar aşamasını bulanık mantık ile tasarlamışlardır.

1.2 Tez Çalışmasında Tasarlanan Sistem

Bu çalışmada, sabit kameradan alınan hareketli renkli görüntüler değerlendirilerek alev tespiti yapılmasıyla orman yangınlarını henüz başlangıç aşamasında belirlemeyi hedefleyen bir erken yangın uyarı sistemi geliştirilmiştir.

Geliştirilen sistem temel olarak iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada elde edilen görüntülere olasılıksal bir renk filtresi uygulanır. Yangın benzeri renklere sahip olan nesneleri ayırt edebilmek için uygulanan ikinci aşamada ise alev renklerine sahip bölgelerin hareketleri

analiz edilmiştir.

Birinci aşamadaki renk filtresini oluşturmak için gece ve gündüz oluşmuş bir çok yangın görüntüsünden örnek yangın kesitleri alınmış, bu kesitlerin birleştirilmesi ile oluşturulan örnek resimdeki renklerin dağılımı incelenmiş, alev renklerinin bulunduğu aralık belirlenerek bir filtre elde edilmiştir.. Video görüntülerine bu filtre uygulanarak alev olmaya aday pikseller 1, diğerleri 0 ile işaretlenmiştir. Eğer bu aşamada elde edilen olasılıksal sonuç yangının varlığına işaret ediyorsa ikinci aşamaya geçilir.

Alevin ardışık video görüntülerindeki hareketi incelendiğinde alevi diğer hareketli nesnelerden ayırt edici olarak öne çıkan bazı özellikler olduğu görülmüştür. Bunlar ani ve düzensiz şekil değişiklikleri, kapladığı alanın yüzölçümünün az da olsa artması veya azalması ve alev öbeklerinin bir bütün olarak yer değiştirmemesidir. Bu üç temel özellik birleştirildiğinde görüntü içerisinde, alev renk dağılımına dahil nesnelerin bir bütün olarak yer değiştirmemesi fakat çevrelerinde titreşime bağlı olarak ani bir hareketliliğin olması beklenmektedir.

İkinci aşamada uygulanan hareket tespiti için öncelikle renk filtresinden geçen bağlı bileşenler bulunur ve her bir bileşenin hareketi birbirinden bağımsız olarak incelenir. Aynı görüntü içerisinde hem gerçek alev hem de alev benzeri, aynı renklere sahip başka nesnelerin bulunması olasılığı nedeniyle her bir bileşenin hareketi diğerlerinden bağımsız olarak ele alınır. Ardışık iki görüntüdeki tüm bileşenler birbirleri ile eşleştirilir ve birinci görüntüdeki bileşenlerin ikinci görüntüdeki denk olduğu bileşenler bulunur ve her bir bileşenin hareketi incelenerek karar verilir.

Renk filtresinin uygulanması sonrasında ortaya çıkan gerçek alev bileşenlerinin şekilleri ani değişimlere uğramaktadır ve büyüklükleri düzensiz bir şekilde değişmektedir. Bir önceki görüntüde var olan bir bileşen bir sonraki görüntüde yok olurken, yeni bir bileşen de oluşabilir. Bunlara ek olarak bir bütün teşkil eden bir bileşen bir sonraki görüntüde alt parçalara ayrılabilceği gibi birbirine yakın olan birden fazla bileşen de birleşerek tek bir bileşen haline gelebilir. Tüm bu faktörler bileşenlerin incelenmesi sırasında oluşabilecek problemlerdir. Yapılan çalışmada bu problemler göz önünde bulundurulmuş ve bunlara çözüm getirilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde sistem tasarımından önce yapılan ön araştırmaların yer aldığı sistem analizinden ve üçüncü bölümde tasarlanan sistemden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde sistemin değişik senaryolarla test edilmiş başarısı sunulmuş ve sonuç bölümünde

elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

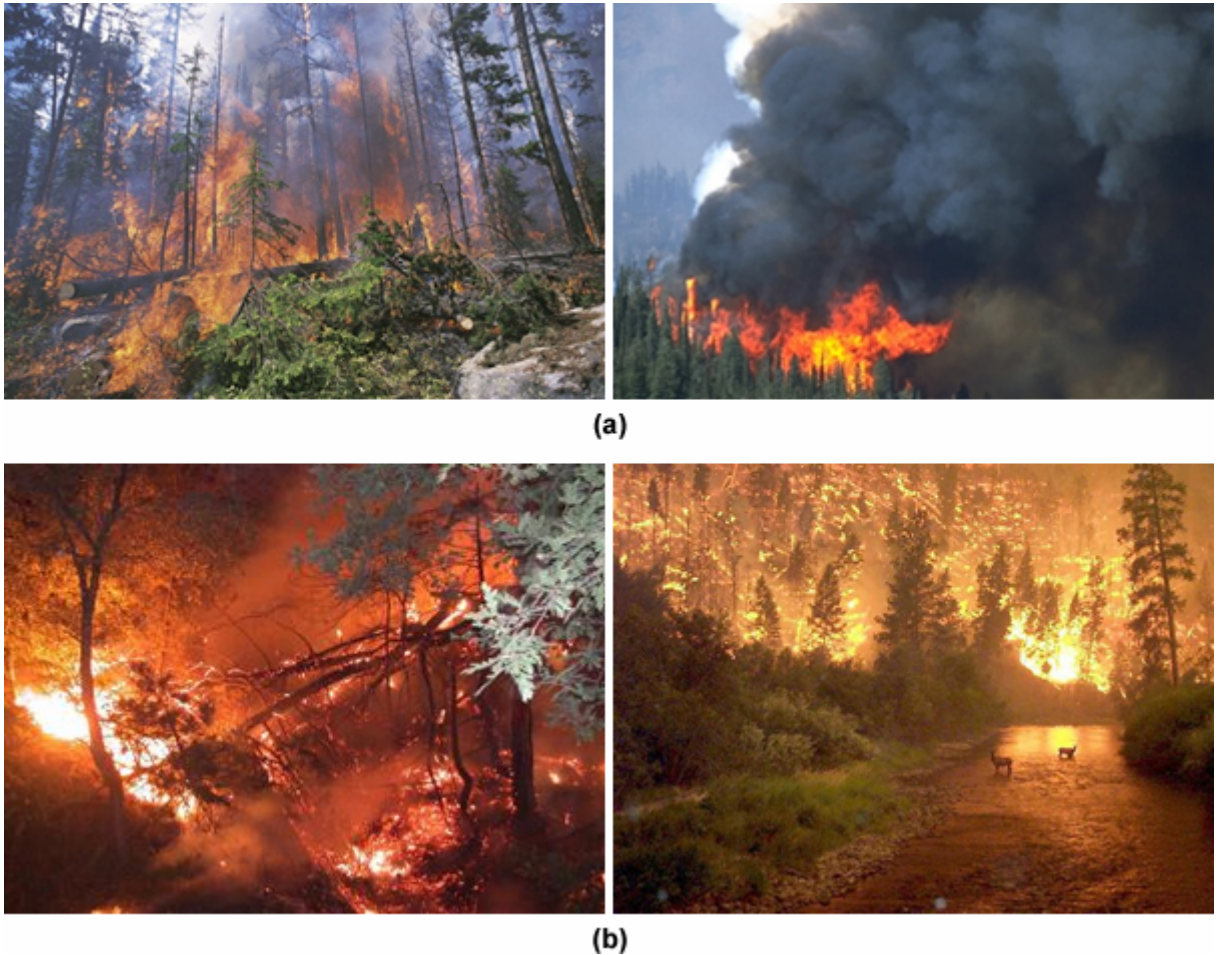
Literatürdeki görüntü tabanlı yangın uyarı sistemleri, tez çalışmasında tasarlanan sisteme benzer olarak çoğunlukla renk ve hareket tespiti olmak üzere iki temel aşamadan oluşmaktadır. Bu çalışma, her iki aşamada da kullanılan yöntemler bakımından literatürdeki çalışmalardan farklılık göstermektedir. Görüntüdeki yangın bölgesinin renk tespiti aşamasında kullanılan YCbCr uzayındaki bileşenler arasındaki bağıntılar ve hareket tespiti aşamasında kullanılan alev bileşenlerinin yer değiştirmeme ve titreşim yapma özellikleri bu çalışmayı özgün kılmaktadır. Ayrıca yangının yönü, büyüklüğünün değişimi gibi ek bilgilerin üretilmesi ve sistemin gerçek zamanlı olması sebebi ile sonuçların hızlı elde edilmesi, bu çalışmada geliştirilen sistemin bir çok yangın uyarı sisteminden kapsamlı ve başarılı olmasını sağlamıştır.

2. ORMAN YANGINI UYARI SİSTEMİNİN ANALİZİ

Sistem analizi sürecinde görüntüdeki alevin, dolayısıyla da yangının belirlenmesi amacı ile alev görüntülerinin ayırt edici karakteristik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla farklı özelliklere sahip çok sayıda yangın videosu incelenmiştir. Hareketli ve hareketsiz yangın görüntüleri incelendiğinde alevin gözle görülebilir bazı karakteristik özellikleri ön plana çıkmaktadır. Bu özellikler renk özellikleri ve hareket özellikleri olmak üzere temel olarak iki kategoride toplanır. Renk analizi ve hareket analizi bölümünde, yapılan araştırma ve çalışmalar sonucu bu özellikler net olarak ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2.1 Renk Analizi

Renk analizi bölümünde, öncelikle gündüz ve gece oluşmuş orman yangınlarına ait yüksek çözünürlüklü bir çok resim incelenmiştir. (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Orman yangını görüntülerinden örnekler (a) Gündüz görüntüleri (b) Gece görüntüleri

Değişik yangın görüntülerindeki alev renklerinin farklı renk uzaylarındaki dağılımını görebilmek amacıyla bu çalışma için oluşturulan yangın görüntülerine ait veritabanında bulunan 150 farklı yangın resmi içerisinde salt alev olan bölgelerden 15x15 boyutlarında alınan toplam 196 kesit birleştirilerek 210x210 boyutlarında bir karma alev kesit resmi oluşturulmuştur (Şekil 2.2).

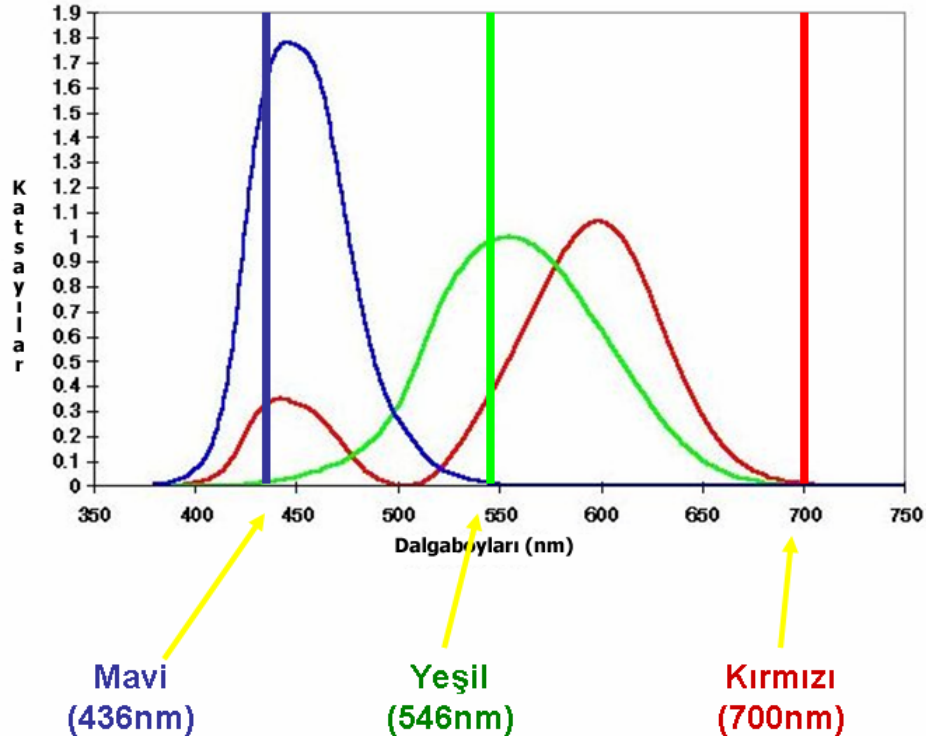


Şekil 2.2 Yangın veritabanında bulunan 150 farklı resimden elde edilen alev kesitleri

Oluşturulan alev kesit resminin RGB, HSL, HSV ve YCbCr olmak üzere 4 farklı renk uzayında bileşen dağılımları incelenmiştir.

2.1.1 Renk ve Renk Uzayları

Renk, ışığın değişik dalgaboylarının gözün retinasına ulaşması ile ortaya çıkan bir algılamadır. Bu algılama, ışığın maddeler üzerine çarpması ve kısmen soğurulup kısmen yansması nedeniyle çeşitlilik gösterir ki bunlar renk tonu veya renk olarak adlandırılır. Tüm dalga boyları aynı anda göze ulaşırsa beyaz, hiç ışık ulaşmazsa siyah olarak algılanır. İnsan gözü 380nm ile 780nm arasındaki dalgaboylarını algılayabilir. Bu yüzden elektromanyetik spektrumun bu bölümüne görünen ışık denir. Renkler için genelde kulağımızla duyduğumuz ince ve kalın ses analogisi yapılsa da, ses algısının aksine aynı anda gelen ışık frekansları değişik kanallardan algılanamaz (başka bir deyişle göz frekans analizi yapamaz), dolayısıyla aynı anda ince ve kalın sesleri birbirine karıştırmadan duymamıza karşın gözümüz için bu 'çok seslilik' söz konusu olmadığından değişik ışık frekanslarının sadece kombinasyonlarını algılayabiliriz. Bu prensibi açıklamak veya pratik uygulamalarda kullanmak için çeşitli renk modelleri geliştirilmiştir [1].



Şekil 2.3 İnsan gözünün 3 farklı dalgaboyuna duyarlılığı

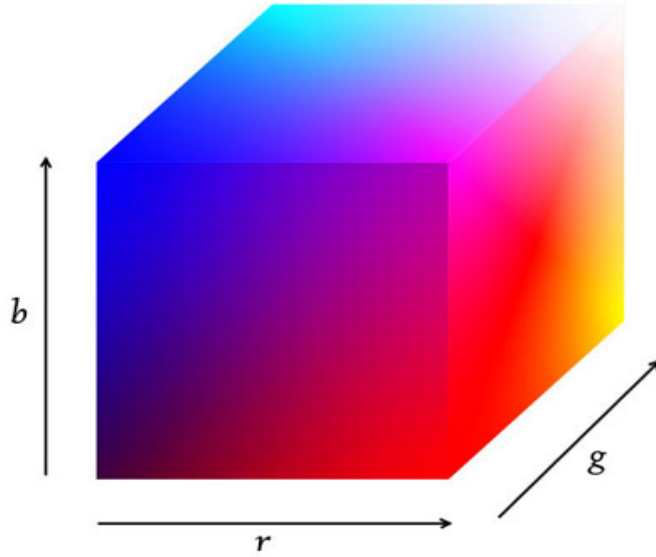
RGB Renk Uzayı ve Modeli:

RGB renk uzayı, İngilizce'deki 'Red' 'Green' 'Blue' ('Kırmızı' 'Yeşil' 'Mavi') kelimelerinin baş harflerinden ismini alan bir renk uzayıdır. En sık kullanılan renk uzaylarından biridir. Işığı temel alarak, doğadaki tüm renklerin kodları bu üç temel renge referansla belirtilir. Her renk %100 oranında karıştırıldığında beyaz ve aksi durumda ise siyah elde edilir. 1953'de ilk fotoğraf makinesi Polaroid'de ve ondan sonra da televizyonlarda standart renk uzayı olarak kabul edilmiştir. Günümüzde de tüplü ekranlarda, tarayıcılarda, televizyon ve mekanik fotoğraf makinelerinde standart olarak kullanılır (Şekil 2.4) [2].

Günümüzde kullanılan standart RGB renk modelinde kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere üç bileşenin her biri 8 bit ile ifade edilmek üzere (her bileşen $[0, 255]$ arasında 256 farklı tamsayı değeri alır), her renk 3×8 yani 24 bit ile ifade edilir. Bu da bu modelde 2^{24} (16777216) adet farklı renk tanımlamaya olanak sağlar. Fakat insan gözü bu renklerin çoğunun arasındaki farkı algılayamaz.

Fazla renk hassasiyeti gerektirmeyen görüntü işleme uygulamalarında hesap karmaşıklığını azaltmak için çeşitli renk indirgeme yöntemleri ile RGB renk modelindeki renk sayısı dolayısıyla kullanılan bit sayısı azaltılabilir (Orchard M. T., Bouman C. A., 1991). Aynı zamanda yüksek renk hassasiyeti gerektiren uygulamalarda kullanılmak amacı ile daha fazla

bit sayısı ile ifade edilen RGB standartları ortaya konmuştur. 32-bit RGBA ve 48-bit RGB standartları bunlara örnektir [3] [4].



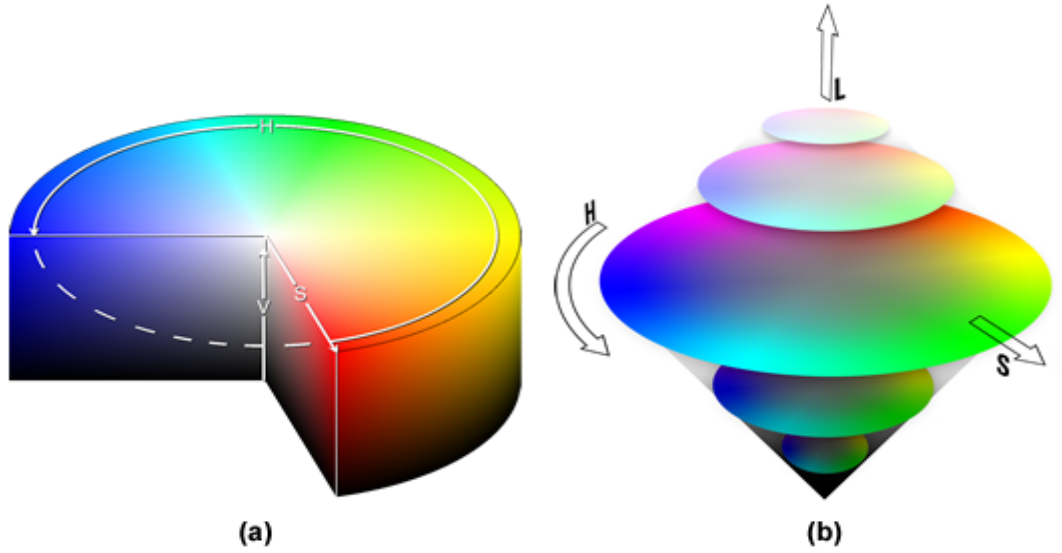
Şekil 2.4 RGB renk uzayının kübik gösterimi [3]

HSL ve HSV Renk Modelleri:

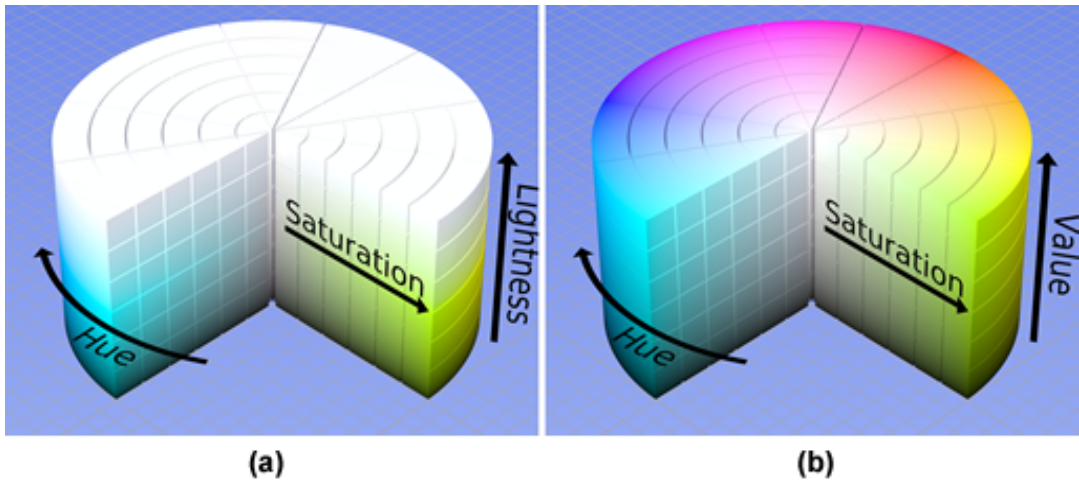
HSL ve HSV modelleri, RGB renk modelinin farklı bir şekilde ifade edilmesiyle oluşturulmuştur. Bu renk modelleri kavramsal olarak renk ilişkilerini daha doğru bir şekilde ortaya koyar. HSL modeli sırasıyla renk tonu (H: hue), doygunluk (S: saturation) ve parlaklık (L: lightness) bileşenlerinden oluşurken HSV modelinin üçüncü bileşeni HSL'den farklı olarak değer (V: value) bileşenidir. Aynı zamanda HSV modelinde doygunluk HSL'den farklı bir şekilde tanımlanmıştır (Ford A., Roberts A., 1998).

HSI ve HSB modelleri alternatif olarak tanımlanan standartlardır. Bu modeller üçüncü bileşenlerinde HSI için yoğunluk (I: intensity) ve HSB için parlaklık (B: Brightness) bilgisine sahiptirler .

HSL ve HSV modelleri matematiksel olarak silindir şeklinde ifade edilmelerine rağmen, HSV kavramsal olarak ters bir renk konisi (en altta siyah bir nokta ve en üstteki kesit dairenin çevresinde tam doygun renkler), HSL ise çift koni (en üstte beyaz, en altta siyah ve dikey eksenini tam ortadan kesen dairenin çevresinde tam doygun renkler) olarak düşünülebilir (Şekil 2.5). Aynı zamanda H bileşeni iki modelde de aynı şeyi ifade ederken, iki modelde S (doygunluk) bileşeninin ifade edilişi farklıdır.



Şekil 2.5 HSV ve HSL modellerinin grafiksel gösterimi (a) HSV renk modeli (b) HSL renk modeli [5]



Şekil 2.6 HSL ve HSV modellerinin karşılaştırılması (a) HSL renk modeli (b) HSV renk modeli [5]

HSL ve HSV modellerindeki her bileşen RGB modelindeki R, G ve B bileşenleri ile ilişkilidir. RGB uzayındaki her farklı rengin farklı bir HSL ve HSI karşılığı vardır. Sırasıyla $r, g, b \in [0, 1]$ değişkenleri RGB'nin bileşenlerini, max değişkeni r, g ve b değişkenlerinin en büyük olanını, min en küçük olanını, HSL ve HSV için $h \in [0, 360]$ değişkeni H bileşenini, ifade etmek üzere RGB modelinden HSL ve modellerine geçiş Eşitlik 2.1 ve 2.2'de formülize edilmiştir [5].

RGB'den HSL'ye geçiş:

$$h = \begin{cases} 0, & \text{if } \max = \min \\ \left(60^\circ \times \frac{g - b}{\max - \min} + 360^\circ \right) \bmod 360^\circ, & \text{if } \max = r \\ 60^\circ \times \frac{b - r}{\max - \min} + 120^\circ, & \text{if } \max = g \\ 60^\circ \times \frac{r - g}{\max - \min} + 240^\circ, & \text{if } \max = b \end{cases}$$

$$s = \begin{cases} 0, & \text{if } \max = \min \\ \frac{\max - \min}{\max + \min} = \frac{\max - \min}{2l}, & \text{if } l \leq \frac{1}{2} \\ \frac{\max - \min}{2 - (\max + \min)} = \frac{\max - \min}{2 - 2l}, & \text{if } l > \frac{1}{2} \end{cases}$$

$$l = \frac{1}{2}(\max + \min) \quad (2.1)$$

RGB'den HSV'ye geiş:

$$s = \begin{cases} 0, & \text{if } \max = 0 \\ \frac{\max - \min}{\max} = 1 - \frac{\min}{\max}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$v = \max \quad (2.2)$$

izelge 2.1'de 3 rnek geiş gsterilmiřtir [5].

izelge 2.1 rnek RGB - HSL, HSV geiş değerleri

RGB	HSL	HSV	SONUÇ
(1, 0, 0)	(0°, 1, 0.5)	(0°, 1, 1)	
(0.5, 1, 0.5)	(120°, 1, 0.75)	(120°, 0.5, 1)	
(0, 0, 0.5)	(240°, 1, 0.25)	(240°, 1, 0.5)	

YC_bC_r Renk Modeli:

YC_bC_r tam olarak bir renk uzayı değil, RGB uzayı için bir kodlama modelidir. Görüntüdeki renk esas olarak RGB bileşenlerine bağlıdır. Bir çok güncel video kodlama tekniği YC_bC_r

modelini kullanmaktadır. Y bileşeni parlaklığı, C_b mavi renk işareti ve C_r kırmızı renk işareti değerlerini ifade eder. Yeşil parlaklığı bu 3 bileşene bağlı olarak hesaplanır. 3 bileşen ayrı ayrı 8 bitle ifade edilirken Y bileşeni [16, 235], C_b ve C_r bileşenleri ise [16, 240] arasında değerler alır. Aynı zamanda 4:4:4, 4:2:2, 4:1:1 ve 4:2:0 gibi çeşitli farklı YC_bC_r örnekleme modelleri de mevcuttur [6] [7].

YC_bC_r renk modeli lineer bir geçiş işlemi ile elde edildiğinden işlem hızı oldukça yüksektir. YC_bC_r 'nin RGB'den en temel farkı, parlaklık ve renk bilgisi sinyallerini ayrı ayrı belirttiğinden bileşenlerin ayrı ayrı bakıldığında net bir renk bilgisi ortaya koymasındır. Bu da renk özellikleri fazla değişken olmayan belirli nesnelerin tespit edilmesi için kolaylık sağlar (Dios J. J., Garcia N., 2003).

RGB uzayından YC_bC_r uzayına geçiş bağıntıları Eşitlik 2.3 ve 2.4'de verilmiştir [6].

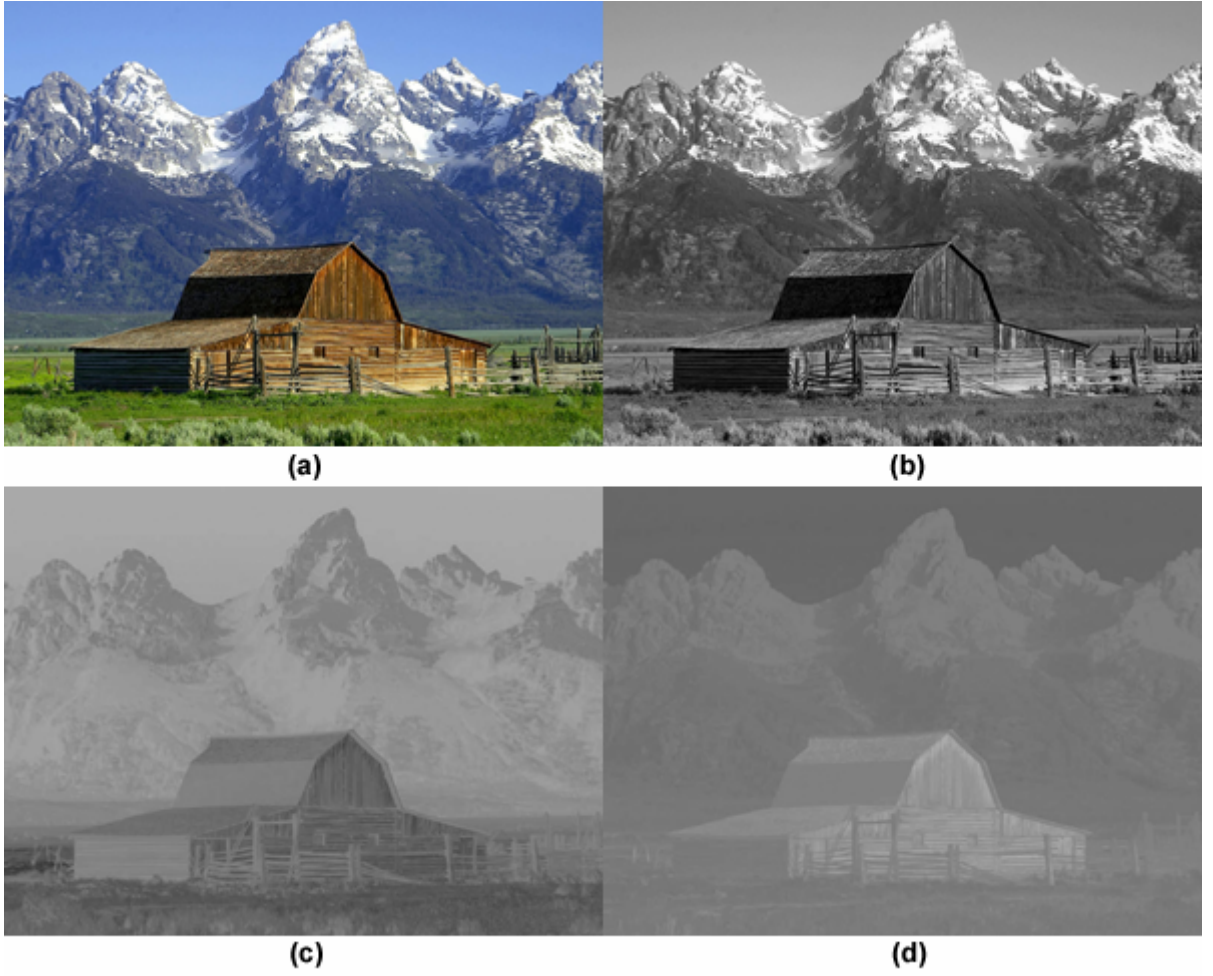
RGB'den YC_bC_r 'ye geçiş:

$$\begin{aligned} Y &= 0.257 \times R + 0.504 \times G + 0.098 \times B + 16 \\ Cb &= -0.148 \times R - 0.291 \times G + 0.438 \times B + 128 \\ Cr &= 0.439 \times R - 0.368 \times G - 0.071 \times B + 128 \end{aligned} \quad (2.3)$$

YC_bC_r 'den RGB'ye geçiş:

$$\begin{aligned} R &= 1.164 \times (Y - 16) + 1.569 \times (Cr - 128) \\ G &= 1.164 \times (Y - 16) - 0.813 \times (Cr - 128) - 0.391 \times (Cb - 128) \\ B &= 1.164 \times (Y - 16) + 2.018 \times (Cb - 128) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Şekil 2.7'de RGB uzayındaki bir resmin Y, C_b ve C_r bileşenlerinin değerlerinin 0-255 aralığına normalize edilmesi ile elde edilmiş gri seviyesindeki görüntüleri verilmiştir.



Şekil 2.7 Renkli resmin YCbCr bileşenleri (a) RGB uzayındaki resim (b) Y bileşeni (b) Cb bileşeni (c) Cr bileşeni [6]

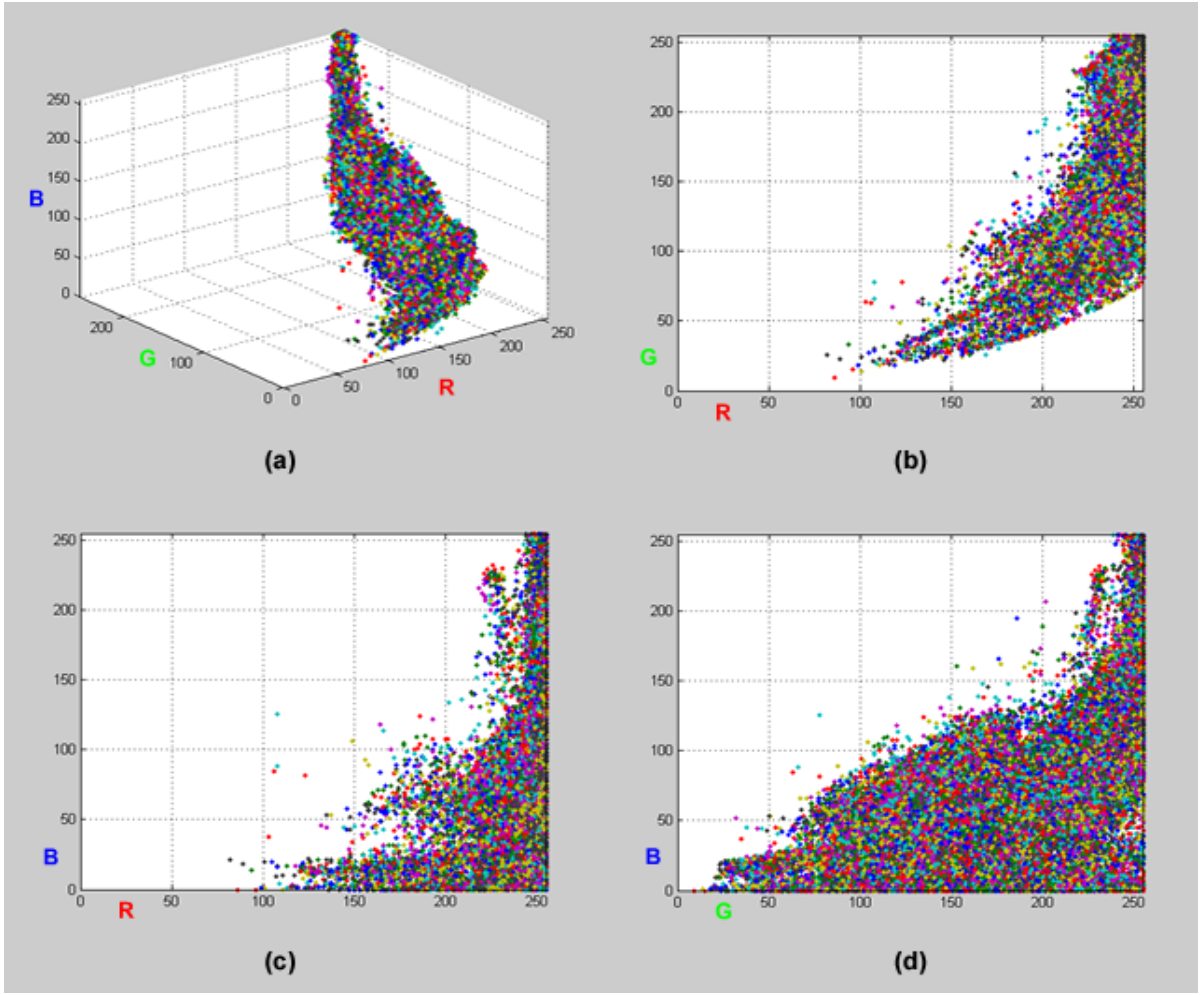
2.1.2 Renk Uzayının Seçimi

Sistem tasarımı bölümünde çalışılacak renk uzayının seçimi için alev kesitlerinden oluşturulan resmin incelenen 3 uzayın (RGB, HSL ve YC_bC_r) her biri için ikili ve üçlü bileşen dağılım grafikleri oluşturulmuştur.

RGB Bileşen Dağılımları:

RGB uzayında alev kesit resminin üçlü ve ikili bileşen dağılımları incelendiğinde sistem tasarımında kullanılmaya yeterli ölçüde ve tutarlı bir sonuç elde edilememiştir. R, G ve B bileşenleri ayrı ayrı değerlendirilebilmesine rağmen, renk tonu hakkında doğrudan bilgi vermediği için dağılımın bir bölgede toplanmadığı, dağınık bir görüntü çizdiği gözlenmiştir (Şekil 2.8). RGB uzayı için elde edilen değer aralığı aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$R \in [80, 255], G \in [10, 255], B \in [0, 255], R \geq G \geq B$$

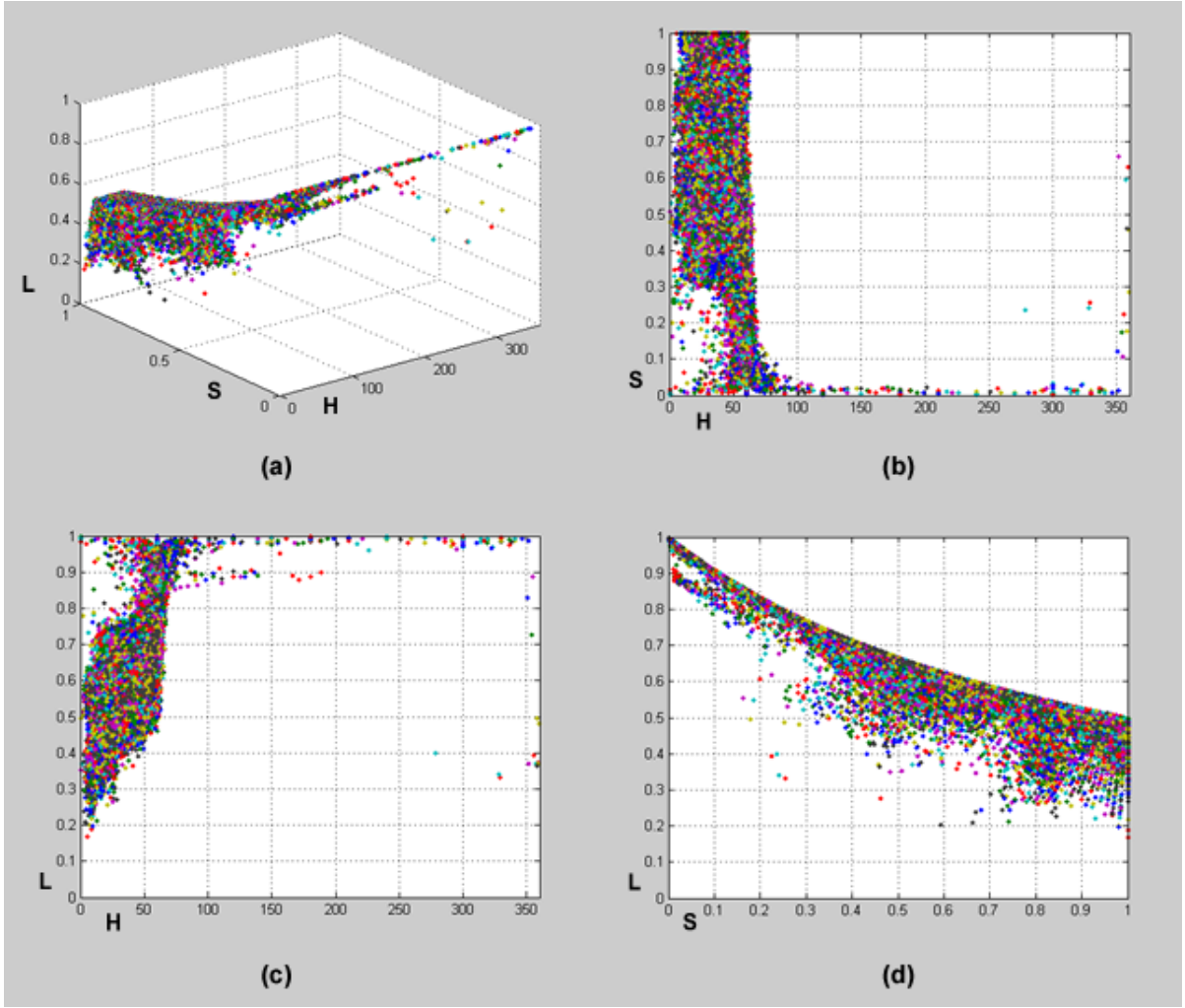


Şekil 2.8 Alev resminin RGB bileşen dağılımları (a) RGB bileşenleri (b) RG bileşenleri (c) RB bileşenleri (d) GB bileşenleri

HSL Bileşen Dağılımları:

HSL uzayında alev kesit resminin bileşen dağılımları incelendiğinde bileşenlerin renk tonu ve renk saflığı bilgilerinin değerlendirilmesinden ötürü RGB'ye göre daha tutarlı dağılım sergiledikleri görülmüştür. Fakat HSL dağılımı da tek başına renk tespiti için yeterli ölçüde net bağıntılar ortaya koyamamaktadır (Şekil 2.9). İnceleme sonucu elde edilen bağıntılar aşağıda verilmiştir.

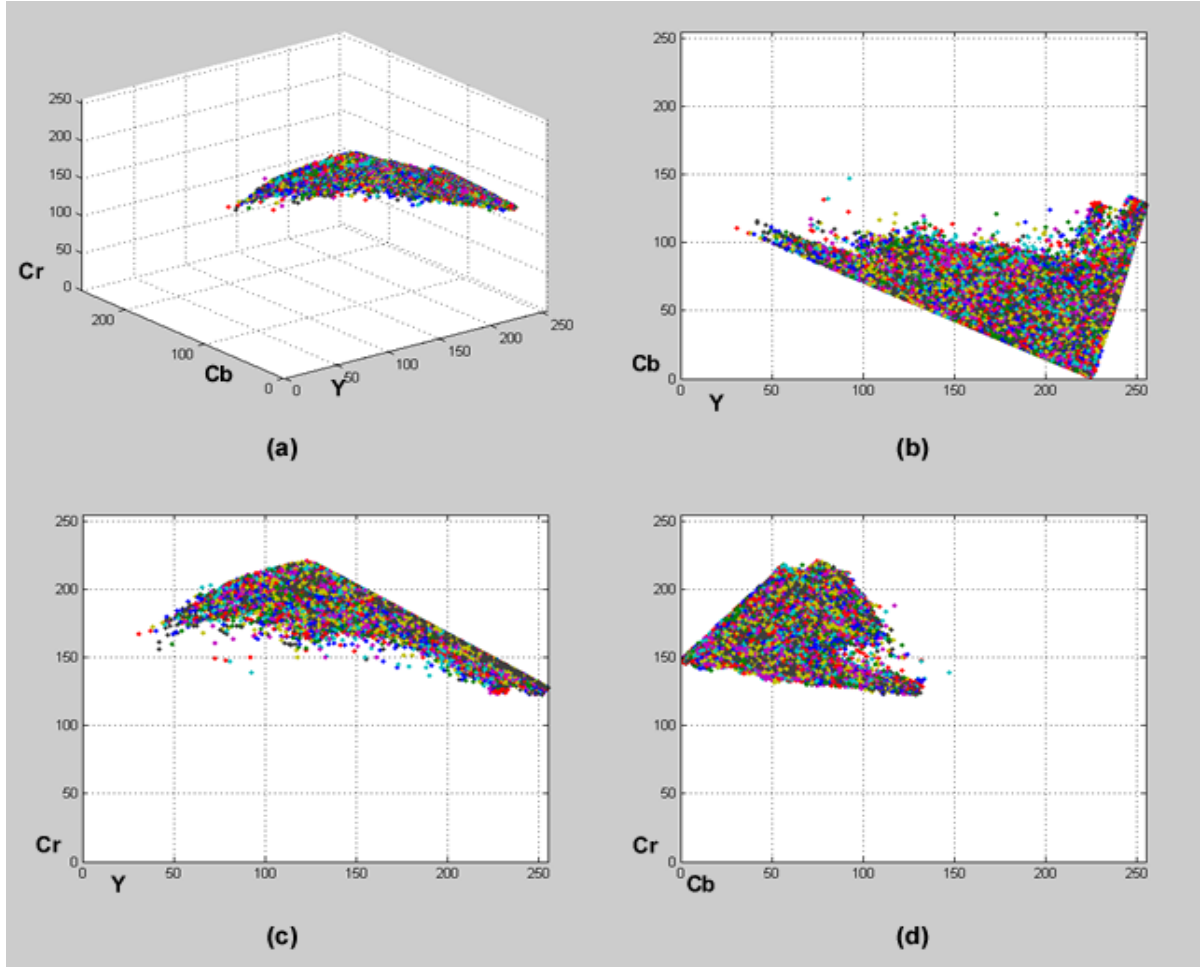
$$H \in [0, 90], S \in [0, 1], L \in [0.2, 1]$$



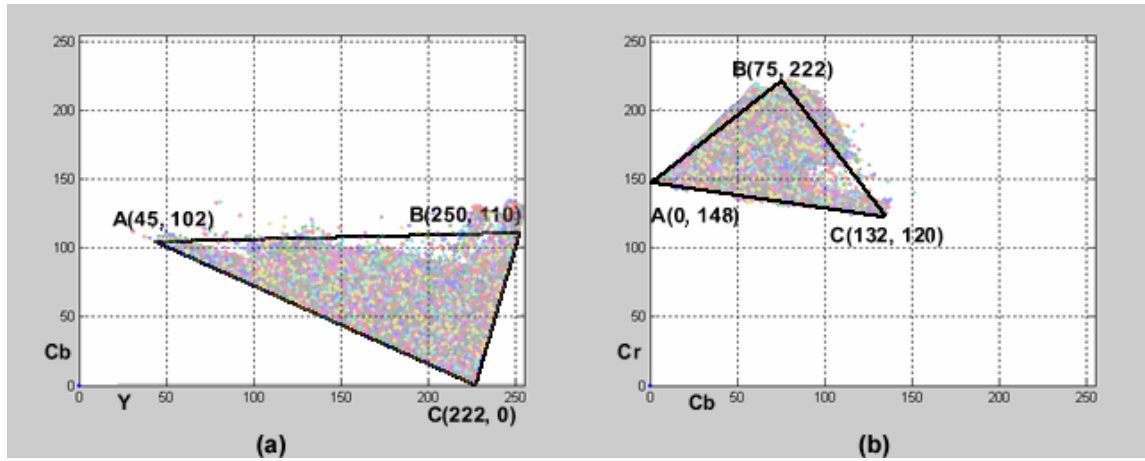
Şekil 2.9 Alev resminin HSL bileşen dağılımları (a) HSL bileşenleri (b) HS bileşenleri (c) HL bileşenleri (d) SL bileşenleri

YCbCr Bileşen Dağılımları:

YCbCr uzayında alev kesit resminin bileşen dağılımları incelendiğinde alev piksellerinin belirli bir bölgede toplandığı görülmüştür (Şekil 2.10). Bu dağılım grafikleri incelendiğinde alev için renk özellikleri bakımından ayırt edici olabilecek düzeyde bağıntılar elde edilmiştir. (Y, Cb) ve (Cb, Cr) ikilileri için düzlemde iki farklı üçgen bağıntısı tanımlanabilmektedir (Şekil 2.11).



Şekil 2.10 Alev resminin YCbCr bileşen dağılımları (a) YCbCr bileşenleri (b) YCb bileşenleri (c) YCr bileşenleri (d) CbCr bileşenleri

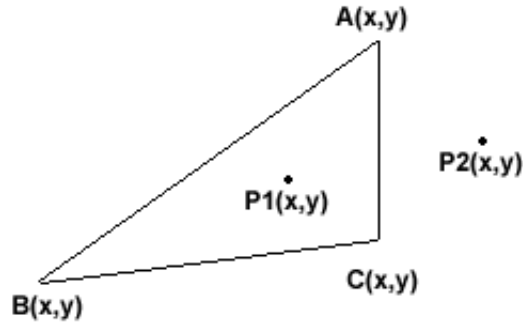


Şekil 2.11 YCbCr bileşenleri arasındaki üçgen bağıntıları (a) (Y,Cb) üçgeni (b) (Cb, Cr) üçgeni

Şekil 2.11’de verilen (Y, Cb) ve (Cb, Cr) üçgenleri kullanılarak bir pikselin alev renk özelliklerinde olup olmadığı söylenebilir. Bunun için pikselin Y, Cb ve Cr bileşen değerleri

hesaplandıktan sonra piksele ait düzlemdeki $P(Y, C_b)$ noktasının (Y, C_b) üçgeninin ve yine pikselin $P(C_b, Cr)$ noktasının (C_b, Cr) üçgeninin içerisinde olup olmadığına bakılabilir. Eğer iki nokta da ilgili üçgenlerin iç bölgelerine denk geliyorsa pikselin yangın pikseli olma olasılığı vardır denilebilir. Aynı zamanda bu olasılık değeri, nokta üçgenin ne kadar iç bölgesinde kalıyorsa o kadar yüksektir. Başka bir şekilde ifade edilirse nokta üçgenin ağırlık merkezine ne kadar yakınsa yangın pikseli olma olasılığı o kadar yüksektir.

Düzlemde bir noktanın, köşe noktaları belirli bir üçgenin içinde olup olmadığı aşağıdaki gibi farklı iki şekilde tespit edilebilir.



Şekil 2.12 Düzlemde bir üçgen ve iki nokta

Şekil 2.12'deki üçgen ve noktalar göz önüne alınırsa;

Yöntem 1:

P_1 noktası $\triangle ABC$ üçgeni iç bölgesinde ise

$$A(\triangle ABC) = A(\triangle ABP_1) + A(\triangle ACP_1) + A(\triangle BCP_1) \text{ eşitliğini,}$$

P_2 noktası $\triangle ABC$ üçgeni iç bölgesinde değil ise

$$A(\triangle ABC) < A(\triangle ABP_2) + A(\triangle ACP_2) + A(\triangle BCP_2) \text{ eşitsizliğini sağlamalıdır.}$$

Köşe noktaları belirli bir üçgen için alan bağıntısı aşağıdaki şekildedir.

$$A(\triangle ABC) = \frac{|x_1y_2 + x_2y_3 + x_3y_1 - x_2y_1 - x_3y_2 - x_1y_3|}{2}$$

Kısaca bir nokta üçgenin iç kısmında yer alıyorsa noktanın üçgenin köşeleriyle yaptığı üç

üçgenin alanlarının toplamı büyük üçgenin alanına eşit olmalıdır. Nokta üçgenin dışındaysa üç üçgenin alanlarının toplamı büyük üçgenin alanından büyük olmalıdır [8].

Yöntem 2:

Herhangi bir P noktası $\triangle ABC$ üçgeninin iç bölgesinde ise Eşitlik 2.5'i sağlamalıdır.

$$\frac{|AB| + |AC| + |BC|}{2} < |PA| + |PB| + |PC| < |AB| + |AC| + |BC| \quad (2.5)$$

İspat:

P noktası, üçgenin iç bölgesinde olduğundan $\triangle APB$, $\triangle APC$ ve $\triangle BPC$ gibi üç üçgen oluşturur. O halde kenar uzunlukları gerçek birer üçgen oluşturabilecek şekilde olmalıdır, yani iki kenarın toplamı üçüncü kenardan büyük olmalıdır:

$|PA| = x$, $|PB| = y$, $|PC| = z$, $|AB| = c$, $|AC| = b$, $|BC| = a$ olmak üzere;

$$x + y > c,$$

$$x + z > b,$$

$$y + z > a \text{ eşitsizlikleri geçerlidir.}$$

Bu eşitsizlikler taraf tarafa toplanırsa $2x + 2y + 2z > a + b + c$ bulunur ve böylece eşitsizliğin sol tarafı kanıtlanmış olur. Öte yandan,

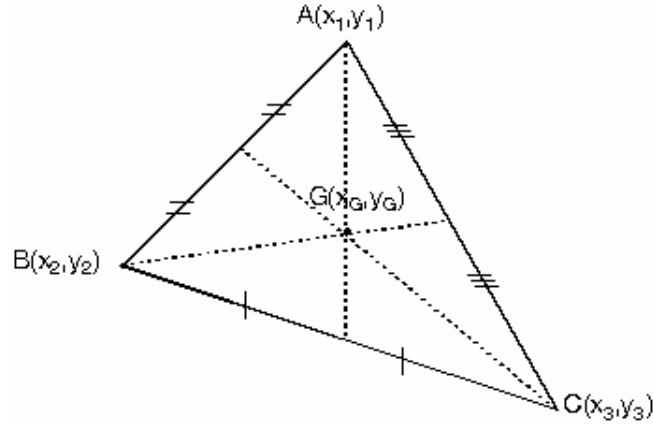
$$b + c > y + z,$$

$$a + c > x + z$$

$$a + b > x + y$$

eşitsizlikleri toplanırsa $a + b + c > x + y + z$ bulunur.

Eğer bir pikselin Y , C_b , ve C_r bileşenlerinden elde edilen P_{YCb} ve P_{CbCr} noktaları sırasıyla $\triangle ABC_{YCb}$ ve $\triangle DEF_{CbCr}$ üçgenlerinin iç bölgesinde yer alıyorsa bir sonraki aşamada bu noktaların üçgenlerin ağırlık merkezlerine olan uzaklıkları hesaplanarak alev pikseli olma olasılığı hesaplanır.



Şekil 2.13 Üçgenin ağırlık merkezi

Üçgenin köşe noktaları $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, $C(x_3, y_3)$ olmak üzere üçgenin ağırlık merkezi $G(x_g, y_g)$ Eşitlik 2.6'daki şekilde hesaplanır.

$$x_g = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}, \quad y_g = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \quad (2.6)$$

Düzlemde iki nokta arasındaki uzaklık bağıntısı kullanılarak herhangi bir $P(x_p, y_p)$ noktasının ağırlık merkezi $G(x_g, y_g)$ 'ye olan uzaklığı Eşitlik 2.7'deki şekilde hesaplanır.

$$d = \sqrt{(x_g - x_p)^2 + (y_g - y_p)^2} \quad (2.7)$$

Üçgen içerisinde bir noktanın ağırlık merkezine olabilecek maksimum uzaklığı üçgenin köşe noktalarının ağırlık merkezine uzaklıklarının en büyük olanı kadardır ($\max(|AG|, |BG|, |CG|)$).

$\triangle ABC$ üçgeninin köşe noktalarının ağırlık merkezine uzaklıklarının en büyük olanı m_{YCb} ,

$\triangle DEF$ üçgeninin köşe noktalarının ağırlık merkezine uzaklıklarının en büyük olanı m_{CbCr} ,

$P_1(Y, Cb)$ noktasının $\triangle ABC$ üçgeninin ağırlık merkezine uzaklığı d_{YCb} ve $P_2(Cb, Cr)$

noktasının $\triangle DEF$ üçgeninin ağırlık merkezine uzaklığı d_{CbCr} olmak üzere, bir pikselin alev pikseli olma olasılığı Eşitlik 2.8'deki şekilde hesaplanır.

$$Pb = \left(1 - \frac{d_{YCb}}{m_{YCb}}\right) \times \left(1 - \frac{d_{CbCr}}{m_{CbCr}}\right) \quad (2.8)$$

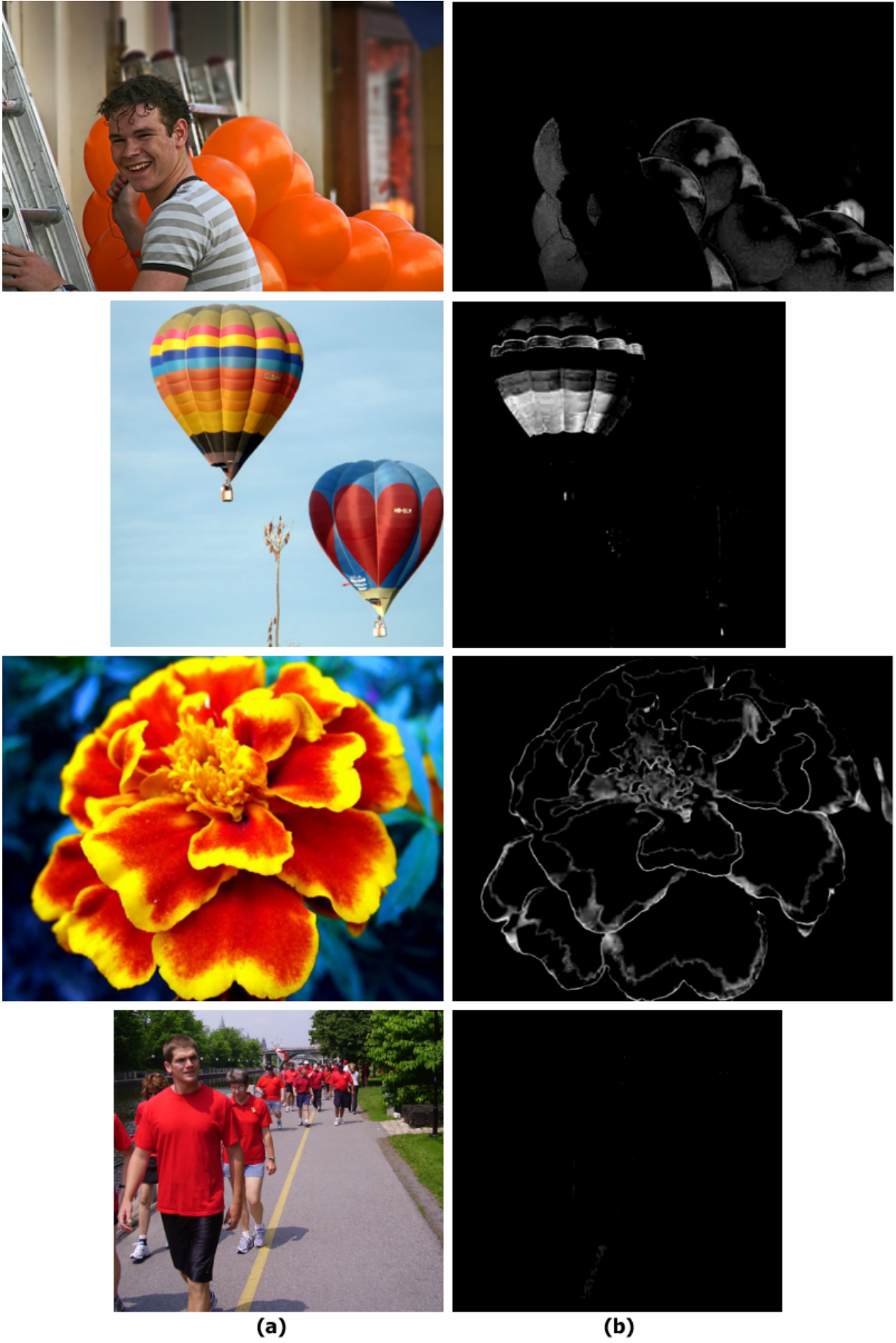
Eşitlik 2.8'deki Pb değeri, pikselin alev pikseli olma olasılığını verir ve $[0,1]$ arasında değişir.

Şekil 2.14'de olasılık değerleri hesaplanan gerçek yangın resimlerinin sembolik olasılık resimleri verilmiştir. Sembolik olasılık resimleri gri seviyesinde oluşturulmuştur. Alev olma

olasılığı 0 olan pikseller siyah, 1 olanlar ise beyaz renkle gösterilmiştir. (0,1] arasında değere sahip olan pikseller olasılık değeri ile doğru orantılı olarak siyahtan beyaza doğru gri seviyesinde derecelendirilmiştir. Buna benzer şekilde şekil 2.15’de ise yangın benzeri renklere sahip alev içermeyen resimlerin sembolik olasılık resimleri verilmiştir.



Şekil 2.14 Yangın resimlerinin olasılıksal YCbCr renk dağılımı ile değerlendirilmesi (a) Orjinal yangın resimleri (b) Sembolik olasılık resimleri



Şekil 2.15 Yangın renklerine sahip benzer resimlerin olasılıksal YCbCr renk dağılımı ile değerlendirilmesi (a) Orjinal resimler (b) Sembolik olasılık resimleri

2.2 Hareket Analizi

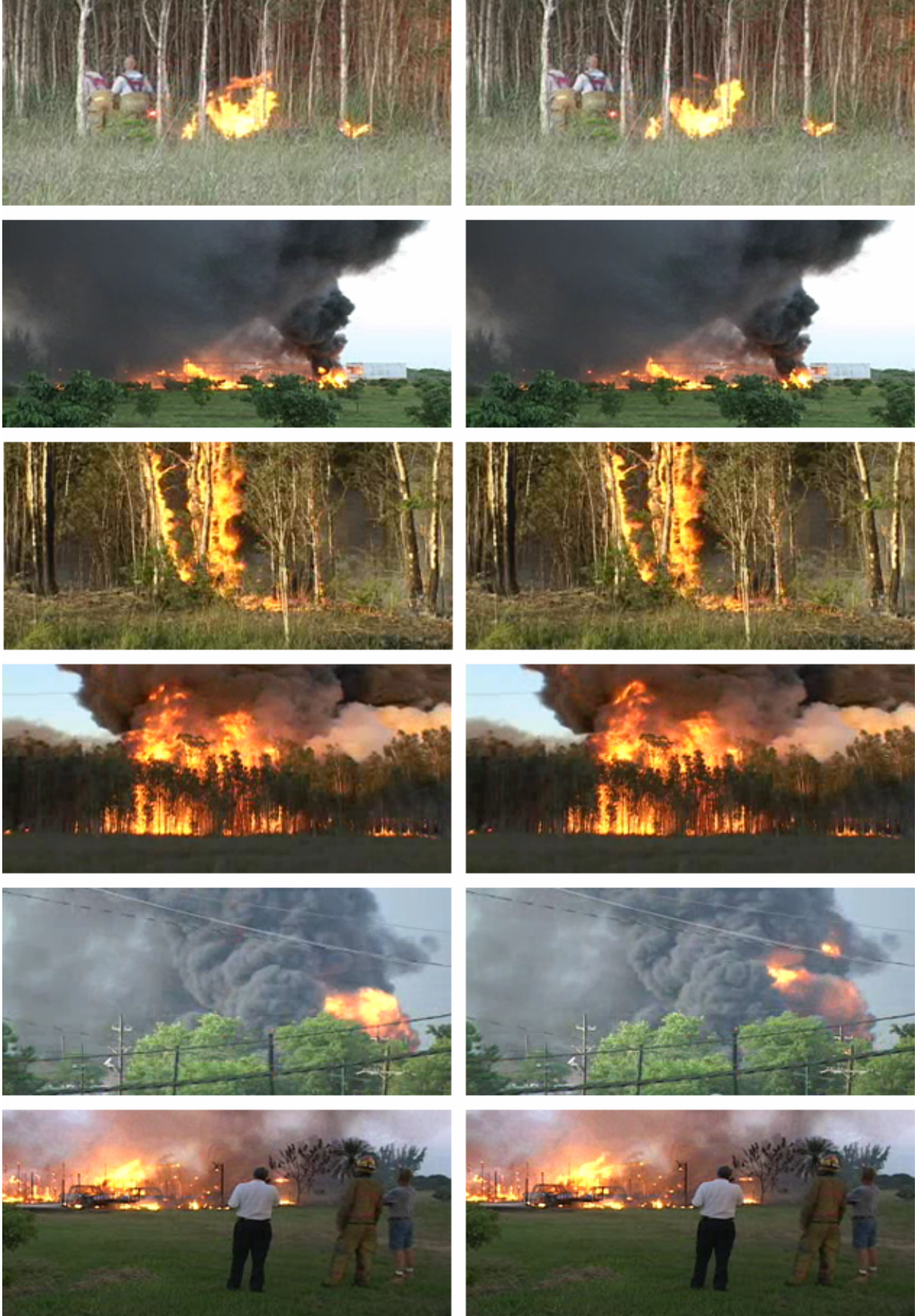
Hareket analizi bölümünün başlangıç aşamasında alevin hareket bazında karakteristik ayırt edici özelliklerini belirlemek amacıyla bir çok hareketli orman yangını görüntüsü incelenmiştir. Alevin hareketi rüzgara ve reaksiyona giren maddelere bağlı olarak değişmektedir (Chen T., Wu P., Chiou Y., 2004).

Alevler görüntü içerisinde birden fazla bölgede var olabilir. Bu bölgelerin her biri bir alev bileşeni olarak tanımlanmıştır.

Saniyede 15 ile 30 arasında görüntüye sahip farklı videoların ardışık görüntüleri arasında gerçekleşen değişimler analiz edilmiş ve ayırt edici olarak ön plana çıkan özellikler;

- Bileşenlerin şeklinde değişim
- Bileşenlerin kapladığı alanda büyüme veya küçülme
- Bileşenlerin çevrelerinde titreşim ve ani hareketler
- Hareketin belirli bir yönünün olmaması, çok yönlü hareket
- Bileşenlerin bütün olarak yer değiştirmemesi

olarak sıralanabilir. Bu özelliklerin yanında bir bileşenin yok olması veya olmayan bir bileşenin ortaya çıkması, bir bileşenin birden fazla alt bileşene bölünmesi ve birden fazla bileşenin birleşerek bir bileşene dönüşmesi, gözlenen noktalardır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Ardışık yangın video görüntüleri (yaklaşık 330 ms'deki değişim)

2.2.1 Hareket Tespit Yöntemleri

Hareket analizi bölümünde belirlenen alevin karakteristik hareket özelliklerinin alınan ardışık görüntüler içerisinde var olup olmadığının anlaşılması için geliştirilecek olan yöntem hareketin varlığını tespit edeceği gibi bu hareketin alev hareketi olup olmadığına da tespit edebilmelidir. Bu doğrultuda mevcut temel hareket tespit yöntemleri incelenmiştir.

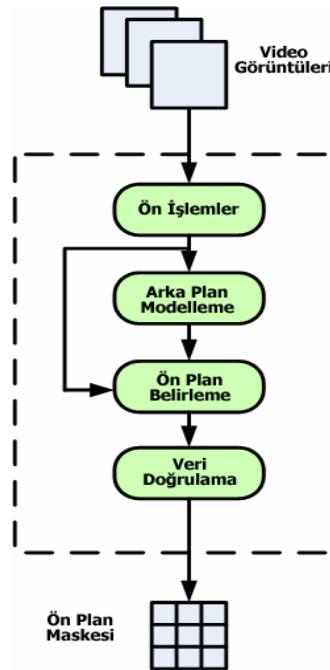
2.2.2 Zamansal Fark

Zamansal Fark (Temporal Differencing) yöntemi, bir videonun iki ya da üç ardışık görüntüsündeki piksel farklarından yararlanarak hareketli bölgeleri bulmak için kullanılır. Bu yöntem, dinamik görüntü değişikliklerine başarıyla uyarlanabilmektedir. Fakat hareket eden bileşenlerin tamamının tespitinde aynı başarıyı gösterememektedir (Hu W., Tan T., Wang L., Maybank S., 2004). Eşitlik 2.9’da zamansal fark yönteminde kullanılan bağıntı verilmiştir.

$$| I_t(x, y) - I_{t-1}(x, y) | > \tau \quad (2.9)$$

2.2.3 Arka Plan Çıkarma

Arka Plan Çıkarma (Background Substruction), görüntü içerisindeki hareketli nesnelerin segmentasyonunda çok sık kullanılan bir yöntemdir (Baf F. E., Bouwmans T., Vachon B., 2007).



Şekil 2.17 Arka plan çıkarma algoritmalarının genel yapısı

Teknik, ele alınan bir video görüntüsünün önceki görüntü veya görüntüler ile karşılaştırılmasına dayanır. Karşılaştırma ile ilgili görüntü ile öncekiler arasında belirgin bir fark olan bölgeler belirlenir. Literatürde bir çok farklı arka plan çıkarma yöntemi mevcuttur. Bunların en yaygın kullanılanları incelenmiştir.

Temel Arka Plan Çıkarma Yöntemi (Heikkila & Olli):

$|I_t(x, y) - B_t(x, y)| > \tau$ bağıntısı sağlanıyorsa piksel ön plan olarak işaretlenir. Burada $I_t(x, y)$ ilgili görüntüdeki pikselin yoğunluğunu, $B_t(x, y)$ arka plan görüntüsündeki pikselin yoğunluğunu ve τ belirli bir eşik değerini göstermektedir. Bu yöntemin kullanılan bir başka varyasyonu aşağıdaki bağıntıda verilmiştir.

$$\frac{|I_t(x, y) - B_t(x, y) - \mu d|}{\sigma d} > \tau$$

Bu bağıntıdaki μd ortalama ve σd , $I_t(x, y) - B_t(x, y)$ 'nin standart sapmasıdır. Bu yöntemin başka bir kullanımında (Fuentes ve Velastin, 2003) kesin fark yerine, bağıl farktan yararlanılmıştır. Uygulanan bağıntı aşağıdaki gibidir.

$$\frac{|I_t(x, y) - B_t(x, y)|}{B_t(x, y)} > \tau$$

Uyarlanabilir Gaussian Karışımı (Adaptive Mixture of Gaussians):

Genel olarak görüntüdeki her piksele ayrı ayrı k kez Gaussian fonksiyonu uygulanır.

$$P(I_t) = \sum_{i=1}^k w_{i,t} \eta(I_t; \mu_{i,t}; \Sigma_{i,t})$$

Bu eşitlikteki I_t , I görüntüsündeki pikselin rengi, $\mu_{i,t}$ ortalama vektörü, $\Sigma_{i,t}$, i ninci Gaussian adımıdaki kovaryans matrisi ve w_i Gaussian adımlarındaki ortak ağırlıktır. Ön planın bulunması için öncelikle tüm bileşenler $w_{i,t} / \|\Sigma_{i,t}\|$ değerine göre büyükten küçüğe doğru olacak şekilde sıralanır.

$$B = \arg \min_b \left(\frac{\sum_{i=1}^b w_{i,t}}{\sum_{i=1}^K w_{i,t}} > \tau \right)$$

Yukarıda verilen eşitliğin sonucunda 1'den B 'ye kadar olan bileşenler arka plan olarak kabul edilir. Eğer ilgili pikselin rengi bu bileşenlerden hiçbirine uymuyorsa piksel ön plan olarak işaretlenir.

Cutler Yöntemi:

Bu yöntemde arka plan görüntüsü B , ardışık N video görüntüsünün medyanı olarak tanımlanmıştır. N değeri mevcut uygulamalarda 50 ile 200 arasında değişmektedir. İlgili piksel için aşağıdaki eşitsizlik sağlanıyorsa piksel ön plan olarak işaretlenir. Yöntemde aşağıdaki bağıntı kullanılır.

$$\sum_{C \in R, G, B} |I_t(C) - B_t(C)| > K \sigma$$

Bu bağıntıdaki σ , önceden hesaplanmış gürültü standart sapması ve K , önceden belirlenmiş bir sabittir (Piccardi M., 2004).

2.2.3.1 Optik Akış

Optik Akış (Optical Flow), görüntü içerisinde gözlemciye göre bağıl olarak hareket eden nesnelerin hareket karakteristiğinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Kısaca parlaklığın hareketi olarak tanımlanır. Bu yöntemde temel olarak iki varsayım yapılmıştır (Horn B.K.P., Schunck B.G, 1981):

- Parlaklık $I(x, y, t)$ görüntünün bütünündeki x, y koordinatlarına bağlıdır.
- Hareket eden ya da sabit kalan her nesnenin her noktasının parlaklığı sabit kalmaktadır.

$I(x, y, t)$, t anındaki görüntünün x, y koordinatlarındaki noktanın parlaklığını simgeler. Bir nesnenin hareket etmesi halinde, dt süre sonra yer değiştirmesi (dx, dy) ise, Taylor Serisi açılımı kullanıldığında Eşitlik 2.10 elde edilir.

$$I(x + dx, y + dy, t + dt) = I(x, y, t) + \frac{\partial I}{\partial x} dx + \frac{\partial I}{\partial y} dy + \frac{\partial I}{\partial t} dt + YST \quad (2.10)$$

Eşitlik 2.10'daki YST yüksek sıralı terimleri temsil eder. 2. varsayıma göre Eşitlik 2.11 sağlanmalıdır.

$$I(x + dx, y + dy, t + dt) = I(x, y, t) \quad (2.11)$$

Eşitlik 2.10 ve Eşitlik 2.11'den Eşitlik 2.12 elde edilir.

$$\frac{\partial I}{\partial x} dx + \frac{\partial I}{\partial y} dy + \frac{\partial I}{\partial t} dt + YST = 0 \quad (2.12)$$

$\frac{dx}{dt} = u$, $\frac{dy}{dt} = v$ kabul edilirse, Eşitlik 2.13 elde edilir.

$$\frac{\partial I}{\partial t} = \frac{\partial I}{\partial x} u + \frac{\partial I}{\partial y} v \quad (2.13)$$

Eşitlik 2.13'deki u , nesnenin hızının x bileşenini, v ise y bileşenini vermektedir. Eşitlik 2.13 aşağıdaki şekilde de yazılabilir.

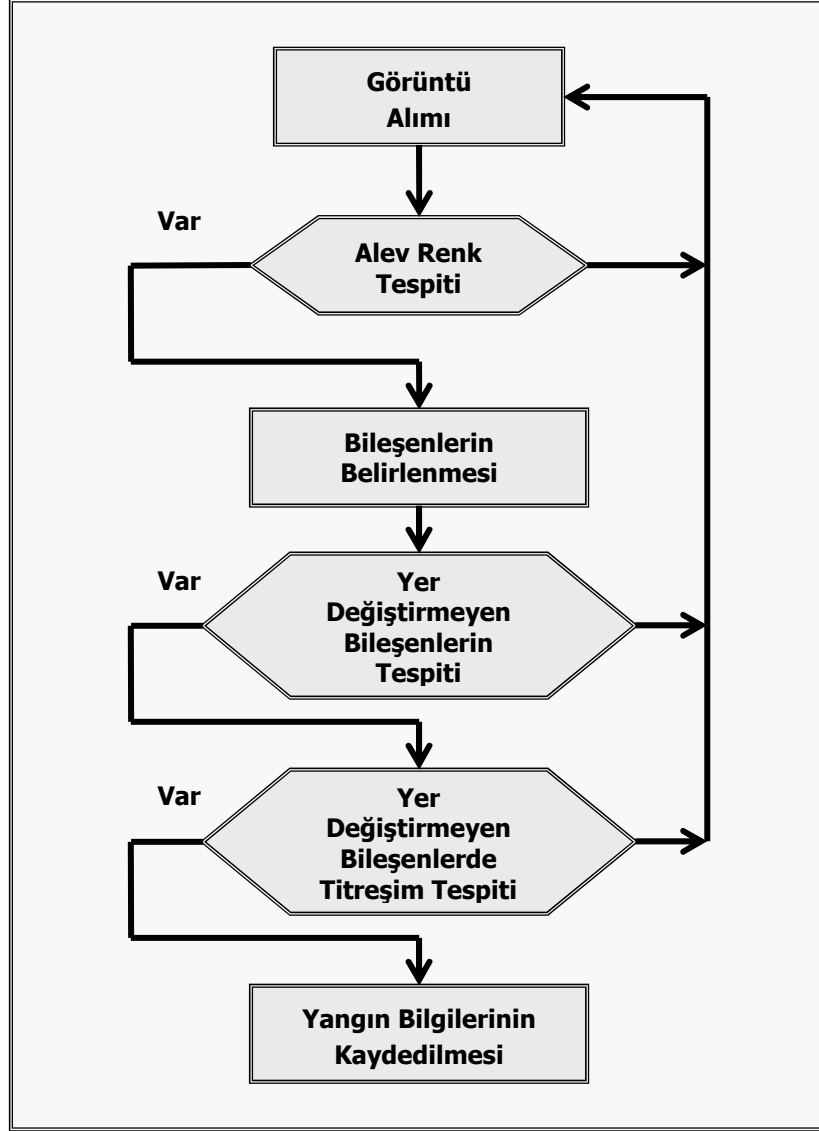
$$\nabla I^T \times \vec{V} = -I_T [9]$$

Tez çalışmasında tasarlanan sistemde ardışık görüntüler harekete bakılmaksızın renk filtresinden geçirilerek 0 ve 1'den oluşan ikili görüntüler elde edilmiştir. Hareket tespiti aşamasında bu ikili görüntüler kullanılmıştır. Hareket tespiti aşamasında kullanılan yöntem bileşen tabanlıdır ve her bir bileşenin bulunduğu bölge için zamansal fark yöntemi kullanılarak bileşenlerin ayrı ayrı hareket şekli belirlenmiştir. Hareket tespiti aşamasında yararlanılan alev bileşenlerinin yer değiştirmeme ve titreşim yapma özelliklerinin değerlendirilebilmesi için zamansal fark yöntemi tasarıma uygun olarak özelleştirilmiştir. Zamansal fark algoritmaları genellikle 2 ya da 3 ardışık görüntüdeki farktan yararlanırken bu çalışmada daha fazla ardışık görüntüde hareket tespiti yapılarak bileşenlerdeki ardışık değişimler (titreşim) belirlenmiştir.

Renk filtresi sonucunda elde edilen görüntüler alev olan ve olmayan pikselleri gösterdiği için ikili düzendedir. Yangın hareketini gösteren karakteristik kuralların, sadece alev piksellerine uygulanması sayesinde, yapılan hareket tespiti hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Optik akış ve arka plan çıkarma yöntemleri renkli video görüntülerinde hareket değişiminin değerlendirilmesinde başarılı sonuçlar üretmektedir. Fakat bu çalışmada, yapılan ölçümlerde renk bilgisi içermeyen, ikili düzendeki görüntülerde en başarılı ve hızlı sonuçların zamansal fark yöntemi ile elde edildiği görülmüştür.

3. ORMAN YANGINI UYARI SİSTEMİNİN TASARIMI

Bu çalışmada hareketli renkli görüntüler kullanılarak tasarlanan yangın uyarı sisteminin ana adımlarını gösteren blok diyagramı Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Sistem blok diyagramı

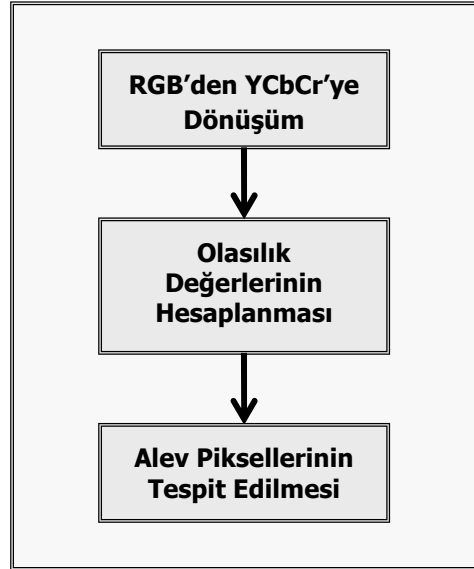
Sistemin yapısı genel olarak özetlenirse, ilk aşamada alınan video görüntülerinde renk tespiti yapılarak alev renk özelliklerine sahip bölgeler tespit edilir. Eğer bu şekilde en az bir bölge tespit edilirse bir sonraki aşamada alev renk özelliklerine sahip bileşenlerin ardışık video görüntülerindeki hareket özelliklerine bakılarak gerçek alev bileşenleri bulunur. Son adımda ise gerçek alev bileşenlerinin ayrı ayrı ve bütün olarak ortaya koydukları hareket şekllinden yararlanılarak olası bir yangın hakkında ek bilgi üretilir.

3.1 Görüntü Alımı

Sistem yangın tespitini, konumu ve görüntü açısı sabitlenmiş renkli kamerayla alınan görüntü akışı üzerinden yapmaktadır. Kameradan alınan renkli görüntüler 640x480'lik büyüklüktedir ve saniyede alınan görüntü sayısı 30'dur.

3.2 Renk Bilgisinden Alev Tespiti

Renk bilgisinden alev tespiti, RGB uzayından YCbCr uzayına dönüşüm, piksellerin olasılık yoğunluk fonksiyonu ile alev olasılık değerlerinin hesaplanması ve görüntüdeki alev piksellerinin tespit edilmesi alt adımlarından oluşur. Renk tespiti blok diyagramı Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Renk tespiti blok diyagramı

3.2.1 RGB'den YCbCr'ye Dönüşüm

Renk analizi bölümünde de detaylı bir şekilde anlatıldığı şekilde, alev piksellerinin farklı renk modellerindeki bileşen dağılımları incelenmiş ve YCbCr modelindeki bileşenlerin arasındaki bağıntıların diğer modellerden elde edilenlere göre daha net olduğu görülmüştür. Bu nedenle renk tespiti aşamasında YCbCr renk modelinden yararlanılmıştır.

Renkli kameradan alınan görüntüler RGB formatındadır. RGB bileşenlerinin her biri $[0, 255]$ aralığında 256 renge sahiptir. YCbCr bileşenlerinin her biri de RGB'de olduğu gibi 256 renge sahiptir. Dönüşüm alt adımında sırasıyla alınan her video görüntüsü içerisindeki tüm piksellerin Y, Cb ve Cr değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamada kullanılan formüller Eşitlik

3.1’de verilmiştir.

$$Y = 0.257 \times R + 0.504 \times G + 0.098 \times B + 16$$

$$Cb = -0.148 \times R - 0.291 \times G + 0.438 \times B + 128$$

$$Cr = 0.439 \times R - 0.368 \times G - 0.071 \times B + 128 \quad (3.1)$$

Kesirli sayı işlemleri tamsayı işlemlerine göre daha karmaşık olduğundan ve yavaş sonuç verdiği için uygulamanın hızının artması için Eşitlik 3.1’deki denklemler Eşitlik 3.2’de gösterildiği gibi daha az kesirli sayı işleme girecek şekilde değiştirilmiştir.

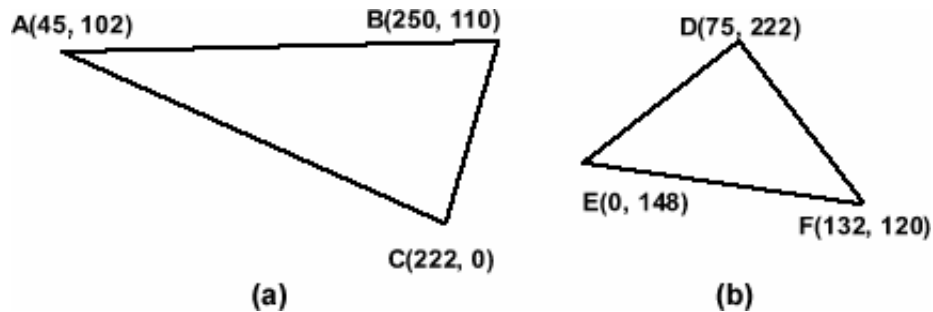
$$Y = \frac{257 R + 504 G + 98 B}{1000} + 16$$

$$Cb = \frac{438 B - 148 R + 291 G}{1000} + 128$$

$$Cr = \frac{439 R - 368 G - 71 B}{1000} + 128 \quad (3.2)$$

3.2.2 Alev Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu

Görüntüdeki her piksel için, YCbCr bileşenleri hesaplandıktan sonra, alev olma olasılığı hesaplanmıştır. Olasılık yoğunluk fonksiyonu oluşturulurken renk analizi aşamasında elde edilen farklı düzlemlerdeki iki üçgen bağıntısından yararlanılmıştır. Şekil 3.3’de verilen iki üçgen sırasıyla $\hat{ABC}_{YCb}$ ve $\hat{DEF}_{CbCr}$ üçgenleridir.



Şekil 3.3 ABC ve DEF üçgenleri

Her pikselin birinci düzlemdeki (Y, Cb) bileşen ikilisi $\triangle ABC_{YCb}$ üçgen bağıntısı, ikinci düzlemdeki (Cb, Cr) ikili ise $\triangle DEF_{CbCr}$ üçgen bağıntısı ile karşılaştırılmıştır. Bir pikselin alev pikseli olması için $P_1(Y, Cb)$ noktasının $\triangle ABC_{YCb}$ üçgeninin ve $P_2(Cb, Cr)$ noktasının $\triangle DEF_{CbCr}$ üçgeninin iç bölgesinde yer alması şarttır. İki boyutlu bir düzlemde bir nokta aynı düzlemdeki bir üçgenin iç bölgesinde yer alıyorsa analiz bölümünde ispatlanan Bağıntı 3.3'ü sağlamalıdır.

$$\frac{|AB| + |AC| + |BC|}{2} < |PA| + |PB| + |PC| < |AB| + |AC| + |BC| \quad (3.3)$$

Bağıntı 3.3'deki A , B ve C üçgenin köşe noktalarını, P ise ilgili noktayı temsil etmektedir. Eşitlik 3.4'de iki boyutlu düzlemde iki nokta arasındaki uzaklık teoremi verilmiştir.

$$d_{P_1, P_2} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (3.4)$$

$\triangle ABC_{YCb}$ üçgeninin köşe noktaları $A(45, 102)$, $B(250, 110)$, $C(220, 0)$ ve $\triangle DEF_{CbCr}$ üçgeninin köşe noktaları $D(75, 222)$, $E(0, 148)$, $F(132, 120)$ olmak üzere, Eşitlik 3.4'den yararlanılarak iki üçgenin kenar uzunlukları Eşitlik 3.5 ve 3.6'da verilmiştir.

$$|AB| = \sqrt{(45 \text{ br} - 250 \text{ br})^2 + (102 \text{ br} - 110 \text{ br})^2} \cong 205.15 \text{ br}$$

$$|AC| = \sqrt{(45 \text{ br} - 220 \text{ br})^2 + (102 \text{ br} - 0 \text{ br})^2} \cong 202.55 \text{ br}$$

$$|BC| = \sqrt{(250 \text{ br} - 220 \text{ br})^2 + (110 \text{ br} - 0 \text{ br})^2} \cong 114 \text{ br} \quad (3.5)$$

$$|DE| = \sqrt{(75 \text{ br} - 0 \text{ br})^2 + (222 \text{ br} - 148 \text{ br})^2} \cong 105.36 \text{ br}$$

$$|DF| = \sqrt{(75br - 132br)^2 + (222br - 120br)^2} \cong 116.84br$$

$$|EF| = \sqrt{(0br - 132br)^2 + (148br - 120br)^2} \cong 134.94br \quad (3.6)$$

Bağıntı 3.3, Eşitlik 3.4, 3.5 ve 3.6 kullanılarak, bir pikselin alev pikseli olma olasılığının 0'dan büyük olma şartı Bağıntı 3.7'de verilmiştir.

$$261 < \sqrt{(Y-45)^2 + (Cb-102)^2} + \sqrt{(Y-250)^2 + (Cb-110)^2} + \sqrt{(Y-220)^2 + (Cb)^2} < 522$$

^

$$179 < \sqrt{(Cb-75)^2 + (Cr-222)^2} + \sqrt{(Cb)^2 + (Cr-148)^2} + \sqrt{(Cb-132)^2 + (Cr-120)^2} < 358 \quad (3.7)$$

YCbCr bileşenleri Bağıntı 3.7'yi sağlayan piksellerin alev pikseli olma olasılığını hesaplamak için oluşturulan olasılık yoğunluk fonksiyonunda noktanın üçgenin ağırlık merkezine olan uzaklığından yararlanılmıştır. Düzlemde bir nokta bir üçgenin ağırlık merkezine ne kadar yakınsa o kadar merkezidir. Üçgenin iç veya sınır bölgesinde yer alan herhangi bir noktanın üçgenin ağırlık merkezine olabilecek en büyük uzaklığı, üçgenin köşe noktalarının ağırlık merkezine uzaklıklarının en büyük olanı kadardır. Başka bir deyişle iç bölgede yer alan bir noktanın üçgenin merkezine en uzak olduğu durum, noktanın merkeze en uzak olan köşe noktası olmasıdır. Eşitlik 3.8'de $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, $C(x_3, y_3)$ köşe noktalarına sahip bir üçgenin ağırlık merkezi $G(x_g, y_g)$ 'nin eşitliği verilmiştir.

$$x_g = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}, \quad y_g = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \quad (3.8)$$

Eşitlik 3.4 ve 3.8'den yararlanılarak $\hat{ABC}_{YCb}$ ve $\hat{DEF}_{CbCr}$ üçgenlerinin ağırlık merkezleri ve her iki üçgen için köşe noktalarının ağırlık merkezine olan uzaklıkları hesaplanmış ve en büyük uzaklık bulunmuştur. Buradan alev olasılık yoğunluk fonksiyonu oluşturulmuştur.

$$G(x)_{ABC} = \frac{45 + 250 + 220}{3} \cong 172, \quad G(y)_{ABC} = \frac{102 + 110}{3} \cong 71$$

$$G(x)_{DEF} = \frac{75 + 132}{3} = 69, \quad G(y)_{DEF} = \frac{222 + 148 + 120}{3} \cong 163$$

$$|AG_{ABC}| = \sqrt{(45 - 172)^2 + (102 - 71)^2} \cong 131$$

$$|BG_{ABC}| = \sqrt{(250 - 172)^2 + (110 - 71)^2} \cong 87$$

$$|CG_{ABC}| = \sqrt{(220 - 172)^2 + 71^2} \cong 86$$

$$|DG_{DEF}| = \sqrt{(75 - 69)^2 + (222 - 163)^2} \cong 59$$

$$|EG_{DEF}| = \sqrt{69^2 + (148 - 163)^2} \cong 71$$

$$|FG_{DEF}| = \sqrt{(132 - 69)^2 + (120 - 163)^2} \cong 76$$

$$\max(131, 87, 86) = 131, \quad \max(59, 71, 76) = 76$$

$$Pb_{YCb} = 1 - \frac{\sqrt{(Y - 172)^2 + (Cb - 71)^2}}{131}$$

$$Pb_{CbCr} = 1 - \frac{\sqrt{(Cb - 69)^2 + (Cr - 163)^2}}{76}$$

$$Pb(Y, Cb, Cr) = Pb_{YCb} \times Pb_{CbCr} = \left[1 - \frac{\sqrt{(Y - 172)^2 + (Cb - 71)^2}}{131} \right] \times \left[1 - \frac{\sqrt{(Cb - 69)^2 + (Cr - 163)^2}}{76} \right] \quad (3.9)$$

Kısaca özetlemek gerekirse, bir pikselin YCbCr bileşenleri Bağntı 3.7'yi sağlıyorsa ilgili pikselin alev pikseli olma olasılığı Eşitlik 3.9'daki şekilde hesaplanır. Eğer bileşenler Bağntı 3.7'yi sağlamıyorsa ilgili pikselin alev pikseli olma olasılığı 0'dır.

3.2.3 Alev Piksellerinin Tespit Edilmesi

Görüntü içerisindeki tüm piksellerin alev olasılık yoğunluk fonksiyonu hesaplandıktan sonra ortalamaları bulunur. Böylelikle her görüntü için bir olasılık değeri elde edilir. $N \times M$ boyutundaki bir görüntü için ortalama değeri Eşitlik 3.10'daki şekilde hesaplanır.

$$Pb_o = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M Pb_{i,j}}{N \times M} \quad (3.10)$$

Her bir görüntü için hesaplanan ortalama olasılık değeri Pb_o belirli bir eşik seviyesinden büyükse olasılığı 0'dan büyük olan tüm pikseller alev pikseli olarak işaretlenir ve hareket tespiti aşamasına geçilir. Aksi durumda hareket tespiti aşamasına geçilmez ve bir sonraki görüntü için tekrar renk tespiti gerçekleştirilir.

Renk tespiti aşamasının adımları yarı kodlama şeklinde Şekil 3.4'de verilmiştir.

```

algorithm ColorFilter()
  //read next frame
  img = read next video frame

  For all rows of image
    For all columns of image
      RGB2YCBCR(img[row, column])
      Calculate distances to corners
      if point is in internal area
        Calculate probability function

  if mean probability > threshold
    goto motion detection
  else
    goto read next frame

```

Şekil 3.4 Renk bilgisinden alev tespiti

Renk tespiti sonucunda oluşan örnek yangın görüntüleri Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5 Örnek renk tespiti sonuçları (a) Orjinal görüntü (b) Renk tespiti sonucu oluşan görüntü

3.3 Hareket Tespiti

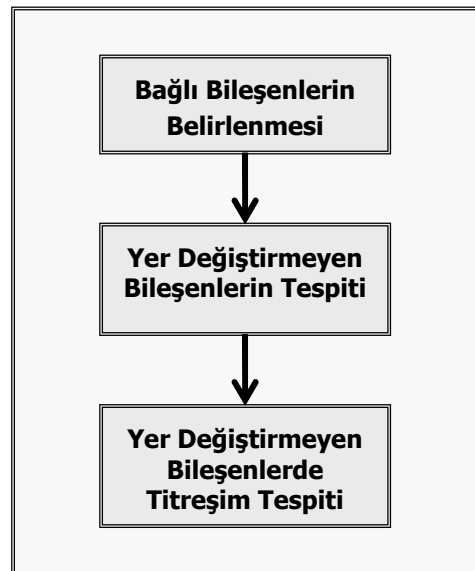
Renk filtresinden geçen her görüntüde alev bölgeleri bir veya daha fazla bağlı bileşen (connected component) şeklinde meydana gelmektedir. Aynı ardışık video görüntüleri içerisinde renk tespiti aşamasında alev renk özelliklerine sahip kabul edilen ve gerçekten alev olmayan bir nesne ile gerçek alev bir arada bulunabilir. Bu sebeple hareket tespiti, görüntünün bütünü değil, bileşenler baz alınarak yapılmıştır. Böylelikle alevin karakteristik hareket özelliklerini sergileyen bileşenler alev olarak işaretlenirken, bunun dışında kalanlar işaretlenmemiştir.

Hareket tespiti aşamasında hemen hemen her ardışık alev görüntüsünde izlenebilen alevin karakteristik hareket özelliklerinden yararlanılmıştır. Bu özellikler,

- Bileşenlerin bütün olarak yer değiştirmemesi
- Bileşenlerin çevrelerinde titreşim ve ani hareketler

şeklinde sıralanabilir.

Hareket tespitinön ön adımı olarak bağlı bileşenler belirlenmiştir. Bu adımdan sonra her bir bileşen, yer değiştirmeleri ve çevrelerindeki titreşim göz önünde bulundurularak gerçek alev bileşeni olup olmamasına göre işaretlenmiştir. Tüm bu işlemler renk tespiti aşamasında oluşturulan ikili (0,1) etiket matrisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hareket tespiti aşamasının blok diyagramı Şekil 3.6’de verilmiştir.



Şekil 3.6 Hareket tespiti blok diyagramı

3.3.1 Bağlı Bileşenlerin Belirlenmesi

Bağlı Bileşenlerin Belirlenmesi (Connected Component Labeling) için iki-geçiş (two-pass) işaretleme (Shapiro L., Stockman G., 2002) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde görüntü üzerinden iki kere geçilir, birinci geçişte denklikler kaydedilirken piksellere geçici etiketler verilir. İkinci geçişte ise geçici etiketler denklik sınıflarına göre gerçek etiketlerle değiştirilir [10].

İlk geçişte,

- Resim yatay olarak satır satır taranır.
- İlgili piksel arka plan değilse
 - Pikselin komşularına bakılır.
 - Hiçbir komşusu yoksa piksel bağımsız olarak işaretlenir.
 - En az bir komşusu varsa komşuları içerisindeki en düşük etiket değeri bulunur ve ilgili piksele atanır.
 - Komşu etiketler arasındaki denklikler kaydedilir.

İkinci geçişte,

- Resim yatay olarak satır satır taranır.
- İlgili piksel arka plan değilse, denkliklerine bakılarak en düşük etiketle işaretlenir.

Bağlı bileşenlerin belirlenmesinin yarı kodlaması Şekil 3.7’de verilmiştir.

Bileşenler belirlendikten sonra kapladıkları alana göre belirli bir eşik seviyesinin üstünde olan bileşenler işaretlenir ve diğerleri elenir. Bu işlem sırasında bileşenlerin bağıl büyüklükleri, bileşenin alanının tüm bileşenlerin alanlarının toplamına oranı, eşik seviyesi ile karşılaştırılır. Karşılaştırma işleminin verildiği Bağıntı 3.11’de CC bileşen sayısını, C_i i . bileşeni, S_i bileşenin alanını ve T_C eşik seviyesini temsil etmektedir.

$$\frac{S_i}{\sum_{j=1}^{CC} S_j} > T_C \Rightarrow C_i = 1 \quad (3.11)$$

```

algorithm ConnectedComponentLabeling(data)
    linked = []
    labels = has same dimensions with data, initialized as background

    //First Pass

    for row in data:
        for column in row:
            if data[row][col] != Background

                neighbours = Neighbours Different From Background

                if neighbours.length = 0
                    linked[NextLabel] = row, column
                    labels[row][column] = NextLabel
                    NextLabel += 1

                else

                    //Find the minimum label

                    L = Neighbour Labels
                    labels[row][column] = min(L)
                    for label in L
                        linked[label] = union(linked[label], L)

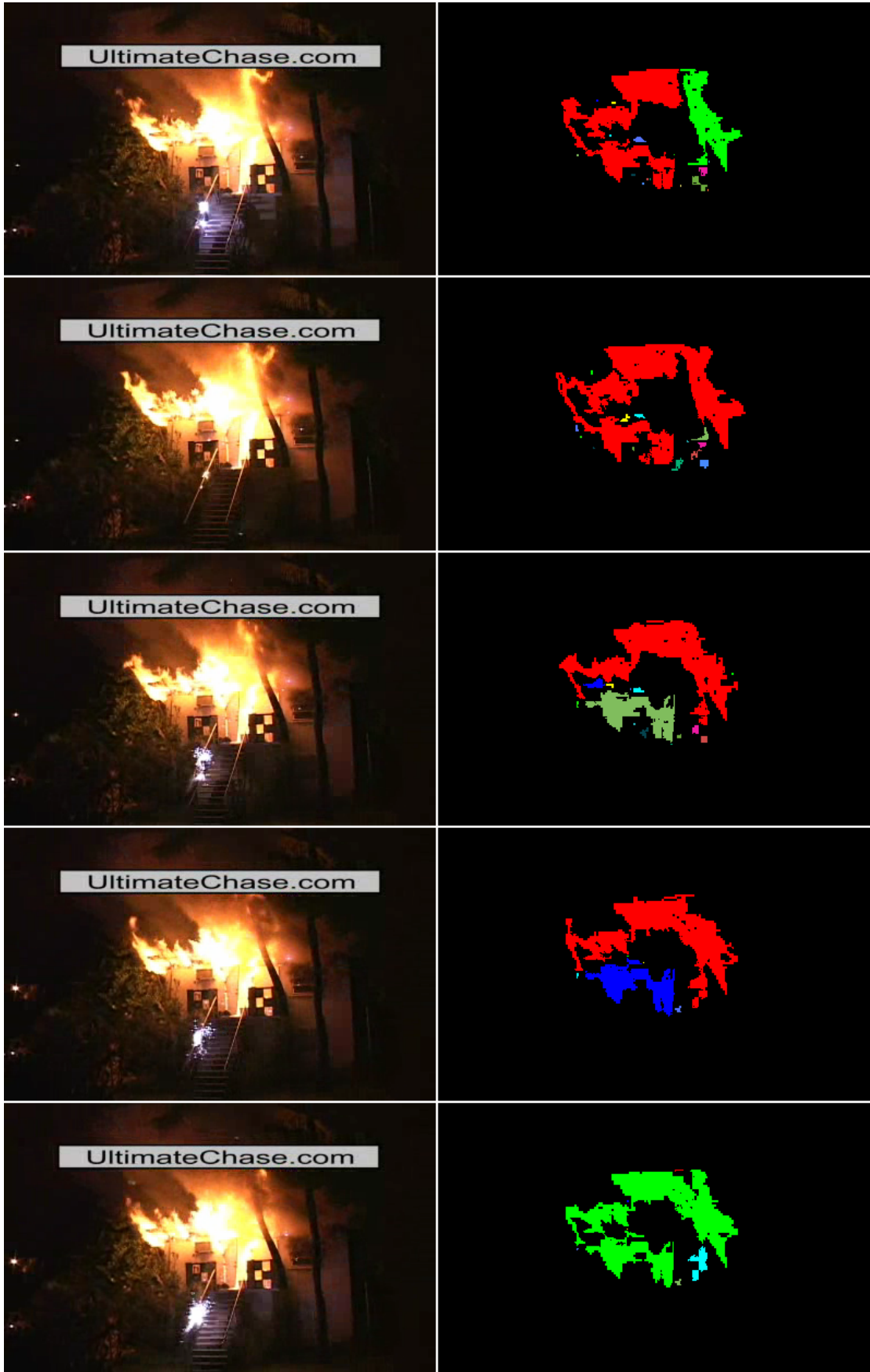
    //Second Pass

    for row in data
        for column in row
            if labels[row][column] != Background
                labels[row][col] = find(labels[row][col])

    return labels

```

Şekil 3.7 Bağlı bileşenlerin belirlenmesi [10]



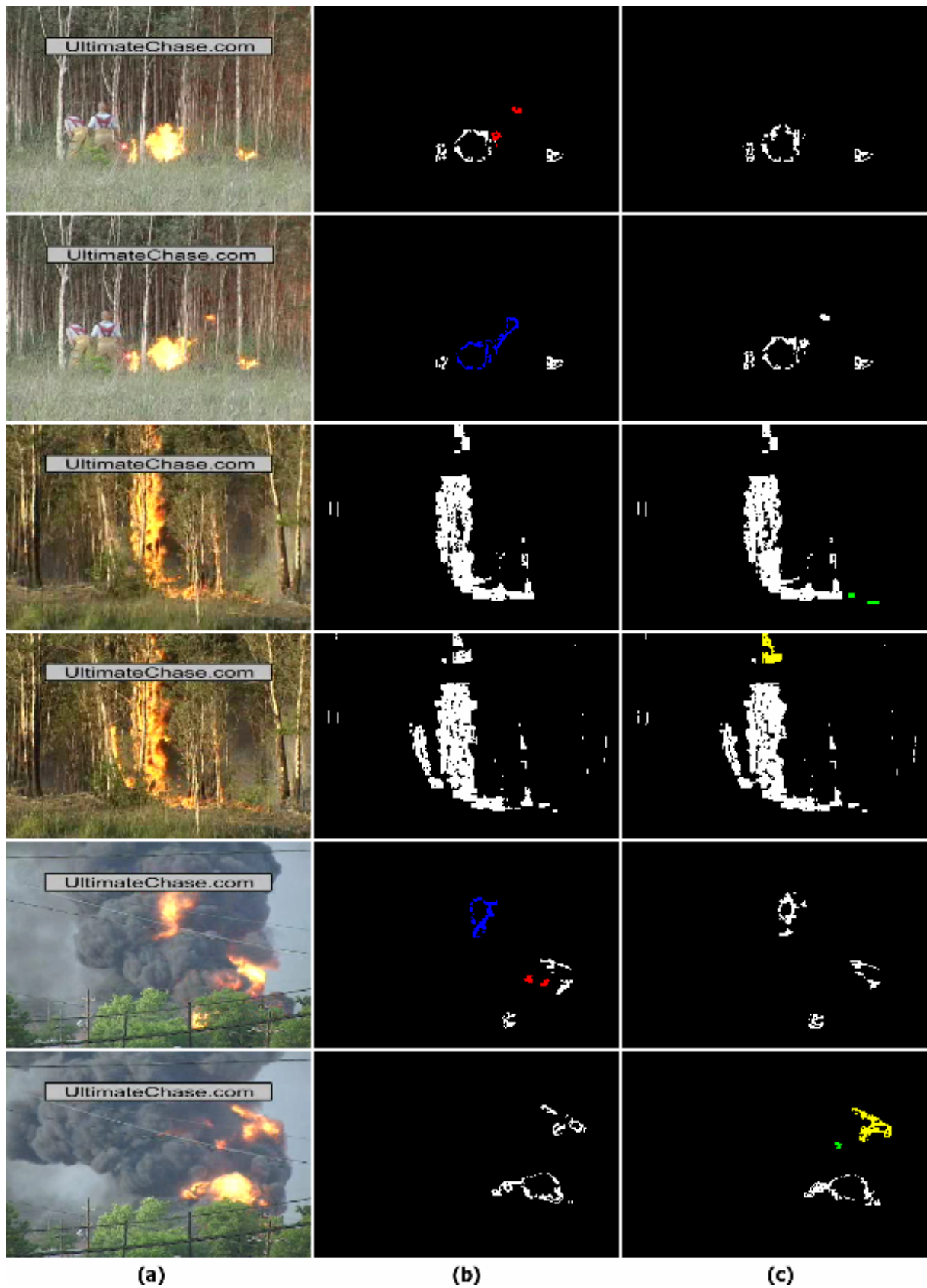
Şekil 3.8 Ardışık video görüntülerinde bağlı bileşenlerin belirlenmesi

Bileşenler belirlendikten sonra her bileşenin, N adet ardışık video görüntüsündeki hareketleri izlenir. N adımda belirli bir oranın üstünde yer değiştirmedeği gözlenen ve içerisinde belirli bir eşik seviyesinin üstünde titreşim (arka arkaya gelen adımlarda noktasal değişiklikler) gerçekleşen bileşenler alev bileşeni olarak işaretlenir.

3.3.2 Yer Değiştirmeyen Bileşenlerin Tespiti

Alev bileşenleri şekil değiştirmelerine ve bileşenlerin büyüklüklerinin değişmesine rağmen bir bütün olarak izlendiklerinde konumlarının sabit kaldığı gözlenmektedir. Bu özellik alev bileşenleri için ayırt edici bir noktadır.

Bir bileşende yer değiştirme hesabının yapılması için bileşenin izlenmesi gerekir. Fakat alev bileşenleri belirli sınırlar içerisinde çok ani şekil ve renk değişimine uğradığından hareket tespiti ve nesne takibi yöntemleri ile bileşenlerin izlenmesi oldukça zor ve elde edilen sonuçlar verimsizdir. Aynı şekilde ani şekil değişiklikleri sebebiyle ağırlık merkezlerindeki değişimin dikkate alınması da yeterli ölçüde sonuç vermemektedir. Bu kriterlerin yanında, alev bileşenleri her zaman bir bütün olarak belirmemektedir. Bir bileşen birkaç adım sonra birden fazla parçaya bölünebildiği gibi, birden fazla bileşen bir araya gelerek bir bütün teşkil edebilir. Aynı zamanda yangın devam ettiği halde bazı bölgelerde var olan bileşenler kaybolabilir veya yeni bileşenler ortaya çıkabilir. Şekil 3.9’da ardışık video görüntülerindeki bileşenlerin değişimlerinden bazı örnekler verilmiştir. Ortaya çıkan yeni bileşenler yeşil, kaybolan bileşenler kırmızı, birleşen bileşenler sarı, dağılanlar ise mavi renk ile işaretlenmiştir.



Şekil 3.9 Ardışık video görüntülerindeki alev bileşenlerinin değişimi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) t-1 anındaki görüntünün renk filtresinden geçmiş hali (c) t anındaki görüntünün renk filtresinden geçmiş hali

Renk filtresinin uygulanması sonucu elde edilen belirli büyüklüğün üstündeki bileşenlerin yer değiştirip değiştirmediğini anlamak için mevcut bileşenler ile N adım önceki bileşenler karşılaştırılır. N adım önceki bileşen sayısı CC_{i-N} , mevcut bileşen sayısı CC_i olmak üzere iki bileşen grubunun eşleştirilmesi ile $(CC_{i-N} \times CC_i)$ adet bileşen ikilisi elde edilir. Her ikilinin kesişim alanı 0 ile ikilideki küçük olan bileşenin alanı arasında değişecektir. Bu durumda bileşen ikililerinin kesişim alanının ikililerdeki küçük olan bileşenin alanına oranı $[0,1]$ arasında değişecektir. Alev bileşenlerinin belirli ölçüde bir esneklik dahilinde yer değiştirmediği göz önünde bulundurulursa bu kesişim oranının belirli bir eşik seviyesinden büyük olması beklenir. Bu kesişim bağıntısını sağlayan bileşen ikilileri N ardışık görüntü içerisinde bir bütün bileşenin devamını, birleşip bir bütün oluşturan birden fazla bileşeni veya dağılıp birden fazla bileşene dönüşen bir bileşeni temsil edecektir. Görüntü içerisindeki farklı bölgelerdeki alev bileşenleri bu yöntemle sadece kendi bölgelerinde değerlendirildiğinden bağımsız bileşenler olarak kabul edileceklerdir. N adım içerisinde kaybolan bir alev bileşeni de böylelikle dikkate alınmayacaktır.

Aynı şekilde görüntü içerisinde alev renk özelliklerine sahip belirli bir hızın üstünde hareket eden başka bir nesne olduğunda bileşen ikililerinin kesişimi belirli bir oranın üstüne çıkmayacağından bu bileşenler alev bileşenleri olarak kabul edilmeyecek ve dikkate alınmayacaktır. Bu nesnelerin belirli bir hızın altında çok yavaş yer değiştirdiği durumlarda ise kesişim oranı yüksek çıkacaktır. Bu gibi durumlarda gerçek alev bileşenlerinin titreşim özelliği göz önünde bulundurularak bileşenler içerisindeki titreşim oranı kontrol edilmektedir.

Şekil 3.10'da mevcut görüntü ile N adım önceki görüntüdeki bileşenlerin eşleştirilmesi ile bileşen ikililerinin elde edilmesi ve ikililerin kesişim alanlarının belirlenmesi adımlarının yarı kodlaması gösterilmiştir. Şekil 3.11'de gerçek yangın görüntülerinde tespit edilen bileşen ikililerinin ve Şekil 3.12'de alev renk özelliklerine sahip hareket eden nesneleri içeren görüntülerde tespit edilen bileşen ikililerinin kesişim alanları gösterilmiştir. N adım önceki bileşen bölgeleri kırmızı, mevcut bileşen bölgeleri yeşil ve kesişim alanları mavi renkle gösterilmiştir ve örneklerin oluşturulmasında N değeri 40 olarak seçilmiştir.


```

algorithm Intersection(preImg, curImg)

    //preprocessing

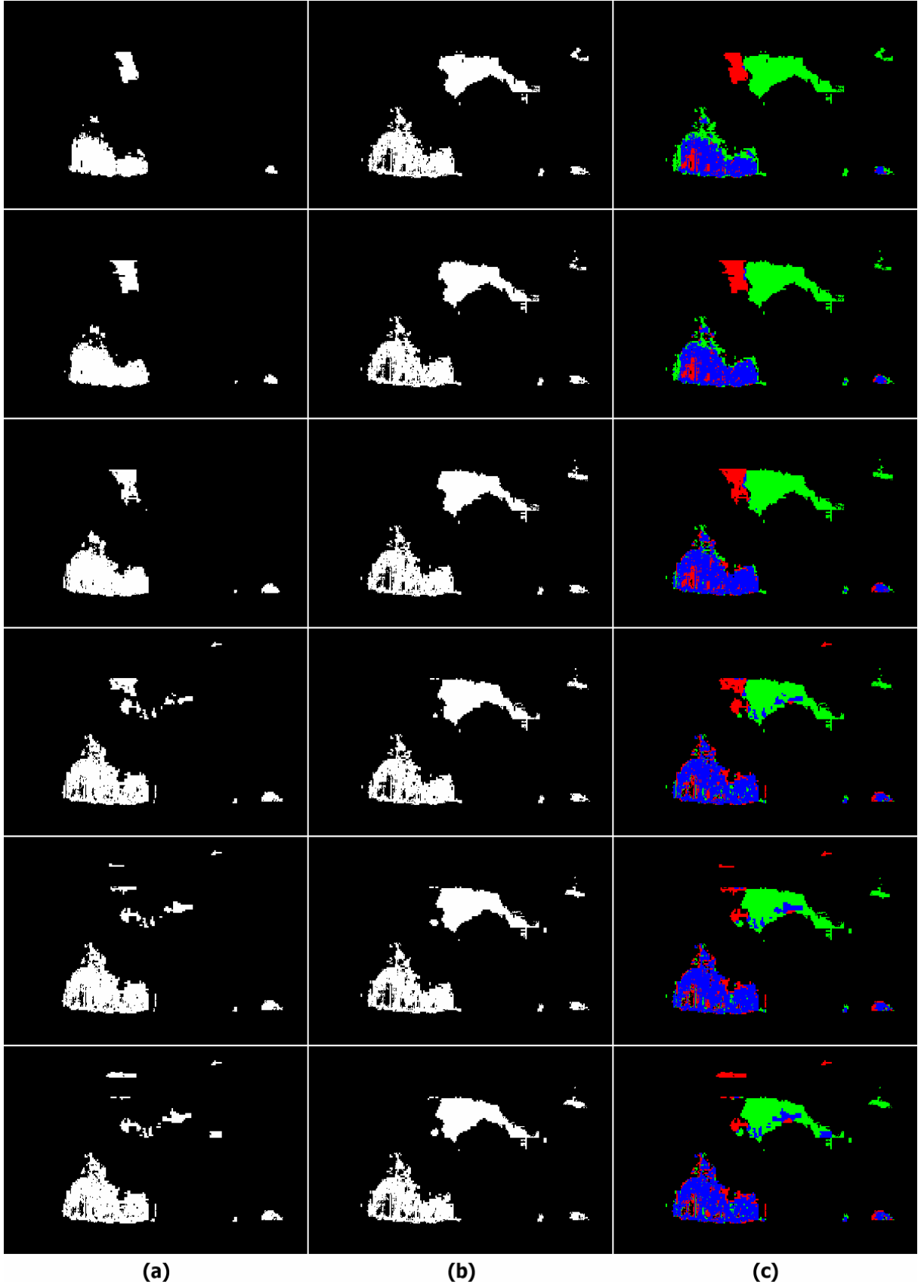
    preBinary = colorFilter(preImg)
    curBinary = colorFilter(curImg)
    preComponents = ConnectedComponentLabeling(preBinary)
    curComponents = ConnectedComponentLabeling(curBinary)
    intersectionCounter = 0

    //find and save intersections

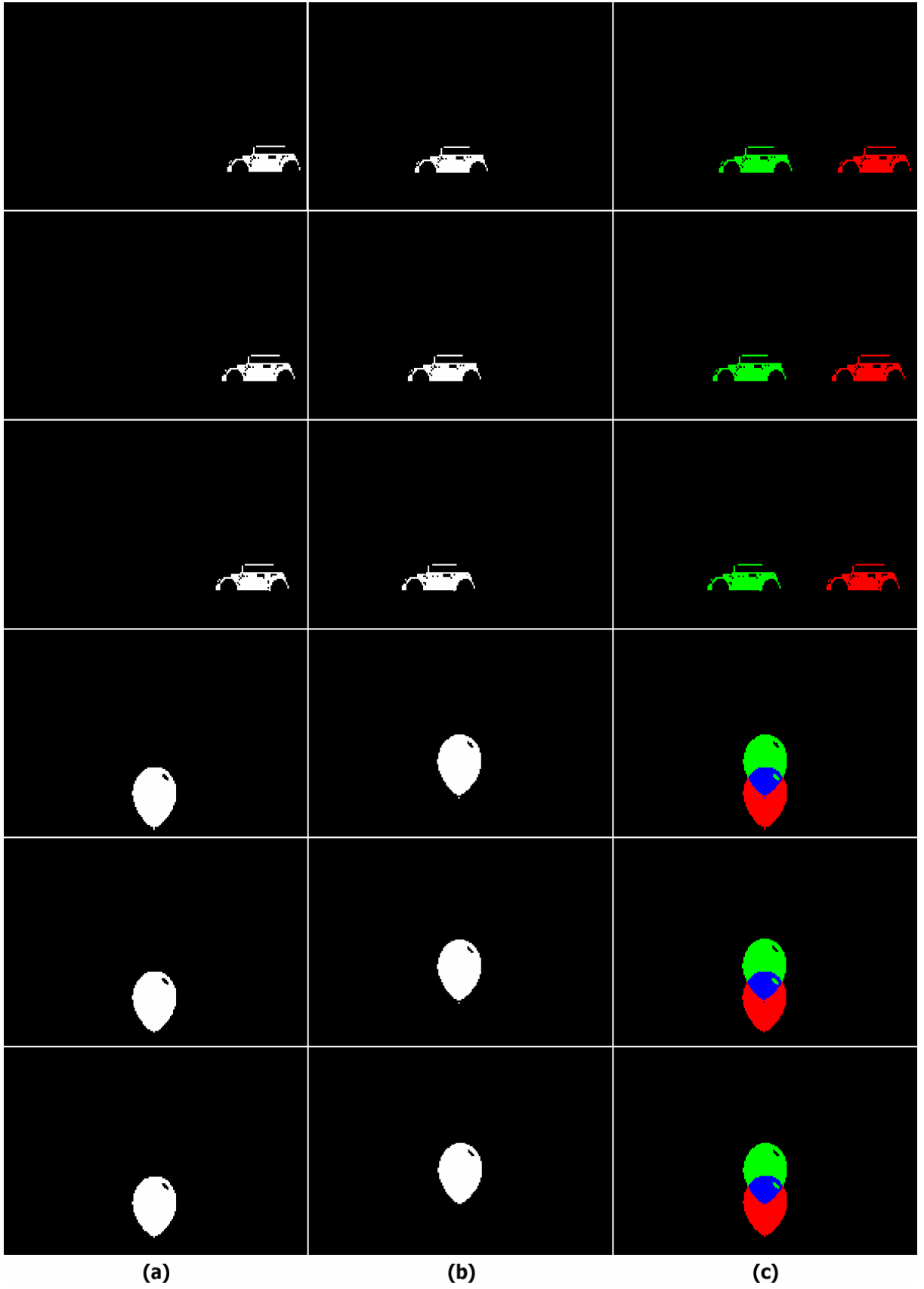
    for all previous components
        for all current components
            if there is an intersection between current and previous
                ratio = calculate intersection ratio
                if ratio > threshold
                    increase intersectionCounter
                    save intersection

```

Şekil 3.10 İki görüntüdeki bileşenlerin eşleştirilmesi ve kesişimlerin bulunması



Şekil 3.11 Ardışık alev görüntülerinde N adım önceki bileşenler ile mevcut bileşenlerin eşleştirilmesi ve kesişim alanlarının belirlenmesi (a) $t-N$ anındaki bileşenler (b) t anındaki bileşenler (c) $t-N$ ve t anındaki bileşenlerin kesişimi



Şekil 3.12 Alev renk özelliklerine sahip nesnelerin bulunduğu ardışık görüntülerinde N adım önceki bileşenler ile mevcut bileşenlerin eşleştirilmesi ve kesişim alanlarının belirlenmesi (a) $t-N$ anındaki bileşenler (b) t anındaki bileşenler (c) $t-N$ ve t anındaki bileşenlerin kesişimi

3.3.3 Titreşim Tespiti

Alev bileşenlerinin karakteristik hareket özellikleri içerisinde yer değiştirmeme özelliğinin yanında titreşim özelliği de bulunmaktadır. Yanma tepkimesine giren maddelerin cinsine ve ortamdaki rüzgara bağlı olarak alev bileşenlerinin çevrelerinde ani değişim gözlenmektedir. Ardışık video görüntüleri incelendiğinde alev bileşenlerinin diğer alev benzeri renk özelliklerine sahip nesnelerden farklı olarak titreşim yaptığı belirlenmiştir. Titreşim hareketi bir noktanın M adım boyunca 0'dan 1'e veya 1'den 0'a değişmesi şeklindedir. Bir noktanın iki ardışık görüntüde değiştiğini anlamak için noktanın iki değeri XOR'lanabilir. 0'dan 1'e veya 1'den 0'a geçişte XOR sonucu 1, 0'dan 0'a veya 1'den 1'e geçişte XOR sonucu 0 çıkacaktır. Bu işlem M ardışık görüntü için yapılırsa, kaç kez değişim meydana geldiğini hesaplamak için ardışık görüntülerdeki ilgili nokta değerlerinin XOR'lanması ile elde edilen sonuç toplanabilir. Toplam değeri değişim sayısını verecektir. M ardışık görüntü için bu değer 0 ile $M-1$ arasında değişecektir.

M ardışık görüntüdeki titreşimin hesaplanması için Eşitlik 3.12 kullanılmıştır.

$$T = \sum_{i=1}^{M-1} I_i \oplus I_{i+1} \quad (3.12)$$

Eşitlik 3.12'deki I noktanın değerini (0 veya 1), T değeri değişimi yani titreşim sayısını simgelemektedir.

Yer değiştirmeyen bileşenleri tespit etmek için N adım önceki bileşenler ile mevcut bileşenler eşleştirilip kesişim alanları hesaplanmıştır. Bir bileşenin alev bileşeni olması için yer değiştirmemesinin yanında titreşim yapması gerekir. Bu özelliğin var olup olmadığını tespit etmek için N ardışık görüntü içerisinde M adım titreşim (0 ve 1'den oluşan N elemanlı tek boyutlu dizi içerisinde M elemanlı ve ardışık elemanları birbirinden farklı bir dizi) aranmaktadır. M değişkeninin alabileceği en büyük değer N 'dir.

Örnek olarak $N = 10$ ve $M = 5$ ise

$A[N] = \{0, 1, 1, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 1\}$, titreşim yok,

$A[N] = \{0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1, 0\}$, titreşim var,

$A[N] = \{0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1\}$, titreşim var.

Titreşim tespiti yapılan bölgeler sadece kesişim oranları eşik değerinden büyük olan bileşen ikililerinin bulunduğu bölgelerdir. Bir önceki aşamada bileşen ikilileri oluşturulmaktadır (bkz.

3.3.2). Bu aşamada ise bu ikililerin bileşimlerinin kapsadığı bölge belirlenip bu bölge içerisinde titreşim yapan bölgeler tespit edilmektedir.

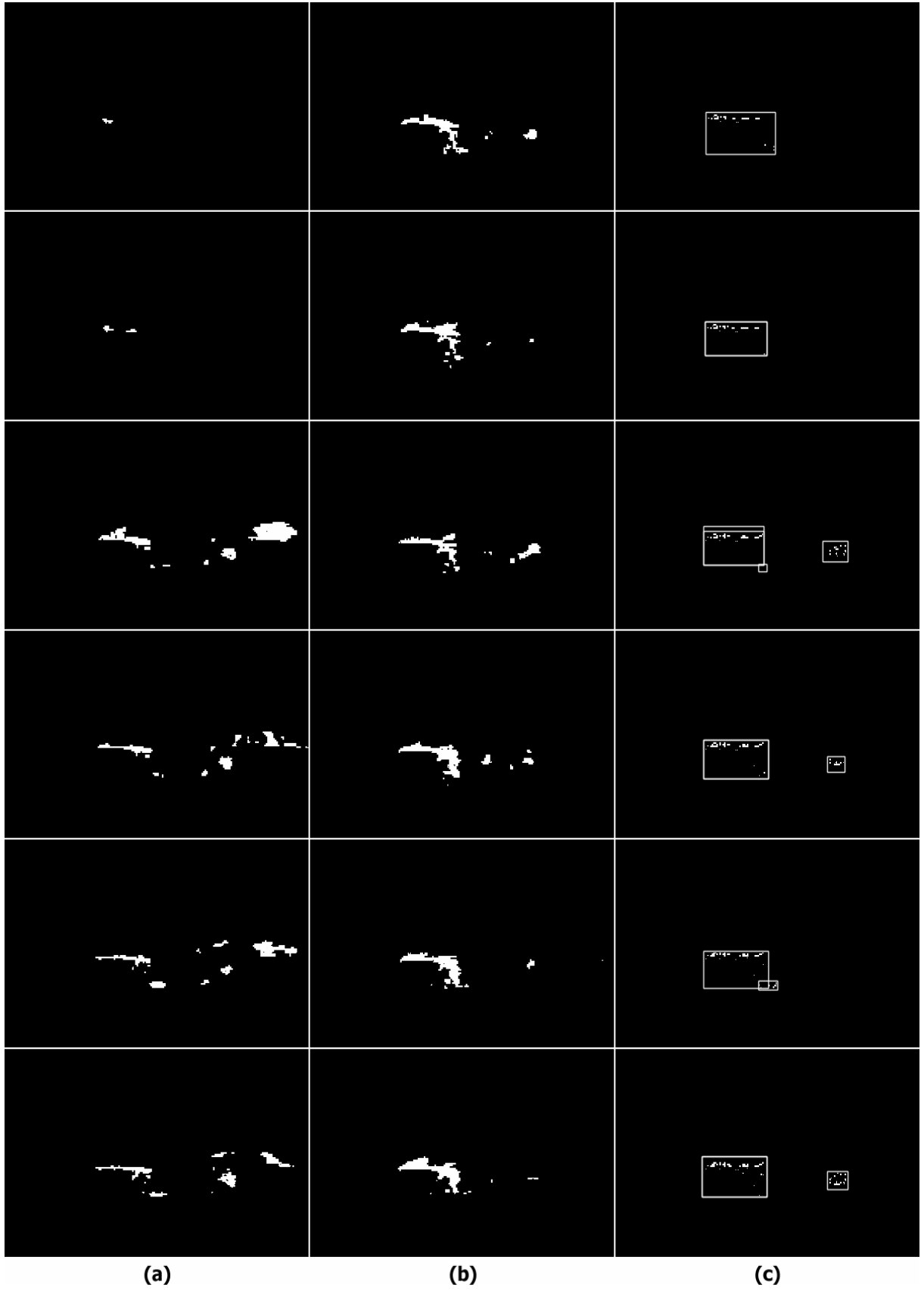
Yukarıda anlatıldığı şekilde M kez değişim gösteren noktaların sayısının bileşen ikilisinin bileşiminin alanına oranı (bağıl titreşim oranı) belirli bir eşik seviyesinden büyük ise ilgili bölgede alev olduğu kabul edilir. Bileşen ikililerinin bileşimlerinin bulunması ve bileşim bölgesindeki titreşimin tespit edilmesi adımlarının yarı kodlaması Şekil 3.13’de verilmiştir. Şekil 3.14’de gerçek yangın görüntülerinde tespit edilen bileşen ikililerinin bileşim alanları içerisindeki titreşim gösterilmiştir. Örneklerin oluşturulmasında N değeri 40, M değeri ise 5 olarak seçilmiştir.

```
algorithm FlickerDetection(binary images, intersections)

    motionPixelNumber = 0;
    for all intersections
        previousComponent = previous component of the intersection
        currentComponent = current component of the intersection

        find union area of previousComponent and currentComponent
        found = seek M times sequential change in the union area of N
                binary images
        if found is positive
            increase motionPixelNumber
```

Şekil 3.13 Bileşen ikililerinin bileşimlerinin bulunması ve titreşim tespiti



Şekil 3.14 Ardışık alev görüntülerinde N adım önceki bileşenler ile mevcut bileşenlerin bileşim bölgeleri içerisindeki titreşimin belirlenmesi (a) $t-N$ anındaki bileşenler (b) t anındaki bileşenler (c) Bileşim bölgelerindeki titreşim

3.4 Yangın İle İlgili Ek Bilgilerin Üretilmesi

Hareket tespiti aşamasında renk filtresinden geçirilen görüntüler üzerinde sırasıyla bağlı bileşenlerin belirlenmesi, yer değiştirmeyen bileşenlerin bulunması ve bu bileşenlerdeki titreşimin tespit edilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yer değiştirmeme ve titreşim yapma özelliklerine sahip olan bileşenler alev bileşeni olarak işaretlenmiş, diğerleri elenmiştir. Bu aşamada ise alev olarak işaretlenen bileşenlerin toplam alanlarındaki değişim ve bu değişimin yönü belirlenmiştir. Belirli zaman aralıkları ile yangının büyüklüğü ve sınırları kaydedilir ve bu bilgilerden yararlanılarak yangının büyüme hızı ile yön bilgisi üretilir. Bilgilerin kaydedilmesi işlemi yangın tespiti işleminden bağımsız bir thread ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.15’de yangın ile ilgili bilgilerin kaydedilmesi işleminin yarı kodlaması verilmiştir.

```
algorithm SaveFireInfo()

    sleep(duration)

    fireSize = 0
    fireComponents = get current fire components

    //calculate total fire size
    for all fire components
        fireSize = fireSize + size of fireComponent

    //find the location
    rectangle =draw the smallest rectangle including all fire components
    left = left point of rectangle
    right = right point of rectangle
    top = top point of rectangle
    bottom = bottom point of rectangle

    save(current time, fireSize, left, right, top, bottom)
```

Şekil 3.15 Yangın ile ilgili bilgilerin kaydedilmesi

Belirli zaman aralıkları ile kaydedilen anlık yangın bilgilerinden yangının anlık ve ortalama yönü ile büyüme hızı üretilmektedir. Anlık büyüme hızı son kayıt ile bir önceki kayıt arasındaki büyüklük farkının iki kayıt arasındaki zaman farkına bölünmesi ile elde edilir. Anlık yön bilgisi ise bir önceki kayıttaki sınırların merkezinden son kayıttaki sınırların merkezine olan doğrunun yatay eksen ile yaptığı açıdır. Ortalama büyüme hızı ile ortalama yön, yangına ait ilk son kayıt ile ilk kayıt bilgileri kullanılarak hesaplanır. Büyüme hızının pozitif olması yangının büyüdüğünü, negatif olması ise küçüldüğünü gösterir.

Anlık Büyüme Hızı

Eşitlik 3.13’de V anlık hızı, S büyüklüğü ve t zamanı temsil etmektedir.

$$V = \frac{S_i - S_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} \quad (3.13)$$

Anlık Yön

Eşitlik 3.14’de θ anlık hızı, T en üst, B en alt, L en sol ve R en sağ noktayı temsil etmektedir.

$$\theta = \arctan \left(\frac{\frac{T_i + B_i}{2} - \frac{T_{i-1} + B_{i-1}}{2}}{\frac{R_i + L_i}{2} - \frac{R_{i-1} + L_{i-1}}{2}} \right) = \arctan \left(\frac{T_i + B_i - T_{i-1} - B_{i-1}}{R_i + L_i - R_{i-1} - L_{i-1}} \right) \quad (3.14)$$

Ortalama Büyüme Hızı

$$V = \frac{S_i - S_1}{t_i - t_1}$$

Ortalama Yön

$$\theta = \arctan \left(\frac{T_i + B_i - T_1 - B_1}{R_i + L_i - R_1 - L_1} \right)$$

Yangın kayıtlarından bilgi üretilmesi işleminin yarı kodlaması şekil 3.16’da verilmiştir.

```

algorithm ProduceFireInfo()
  previousRecord = read record
  firstRecord = previousRecord

  loop until end of records
    currentRecord = read record
    //calculate velocity
    growing = currentSize - previousSize
    timeDifference = currentTime - previousTime
    velocity = growing / timeDifference
    //calculate direction
    yDiff = calculate y displacement from previous to current
    xDiff = calculate x displacement from previous to current
    direction = atan(yDiff / xDiff)
    previousRecord = currentRecord

  meanVelocity = calculate velocity between first and last record
  meanDirection = calculate direction between first and last record

```

Şekil 3.16 Yangın ile ilgili ek bilgilerin üretilmesi

4. UYGULAMA VE DENEYSEL SONUÇLAR

Tasarlanan yangın uyarı sistemi, Linux işletim sisteminde, C programlama dili ile geliştirilen bir uygulama ile gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen uygulama sabit kamera ile çekilmiş örnek görüntüler ile değerlendirilerek sistemin başarısı ve performansı ölçülmüştür.

Sistem tasarımında farklı aşamalarda kullanılan eşik seviyeleri, değerlendirilen ardışık görüntü sayısı gibi değişkenler, örnekler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda başarı için en uygun olacak şekilde belirlenmiştir. Çizelge 4.1’de değişkenlerin uygulama içerisinde kullanılan değerleri verilmiştir.

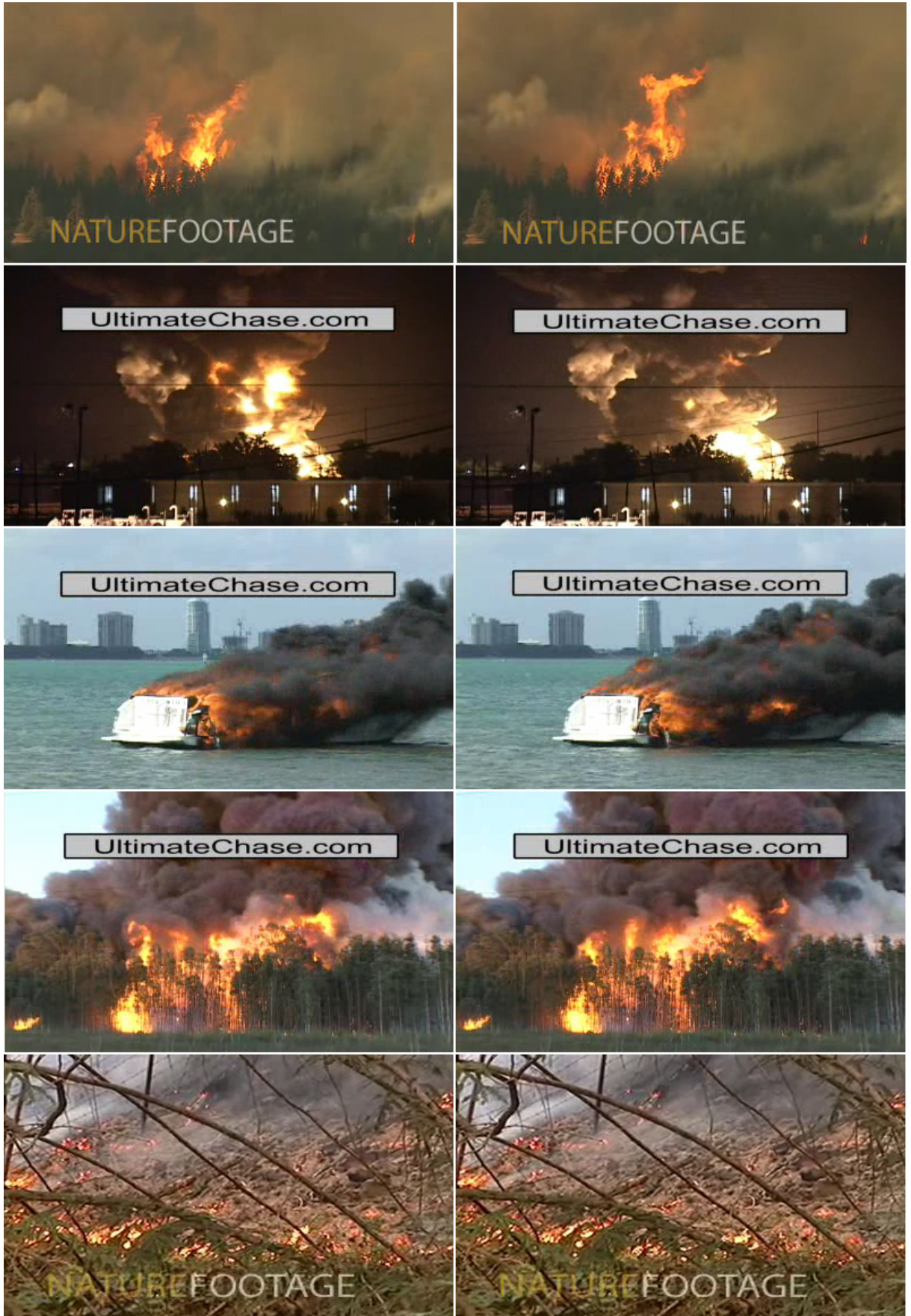
Çizelge 4.1 Uygulamada kullanılan eşik seviyesi değerleri

Değişken	Açıklama	Değer
TH _{PB}	Ortalama renk olasılık eşik değeri	0.0001
T _C	Bileşen büyüklük oranı eşik değeri	0.0001
TH _I	Bileşen kesişim oranı eşik değeri	0.70
N	Kontrol edilen ardışık görüntü sayısı	40
M	Aranan ardışık titreşim (değişim) sayısı	5

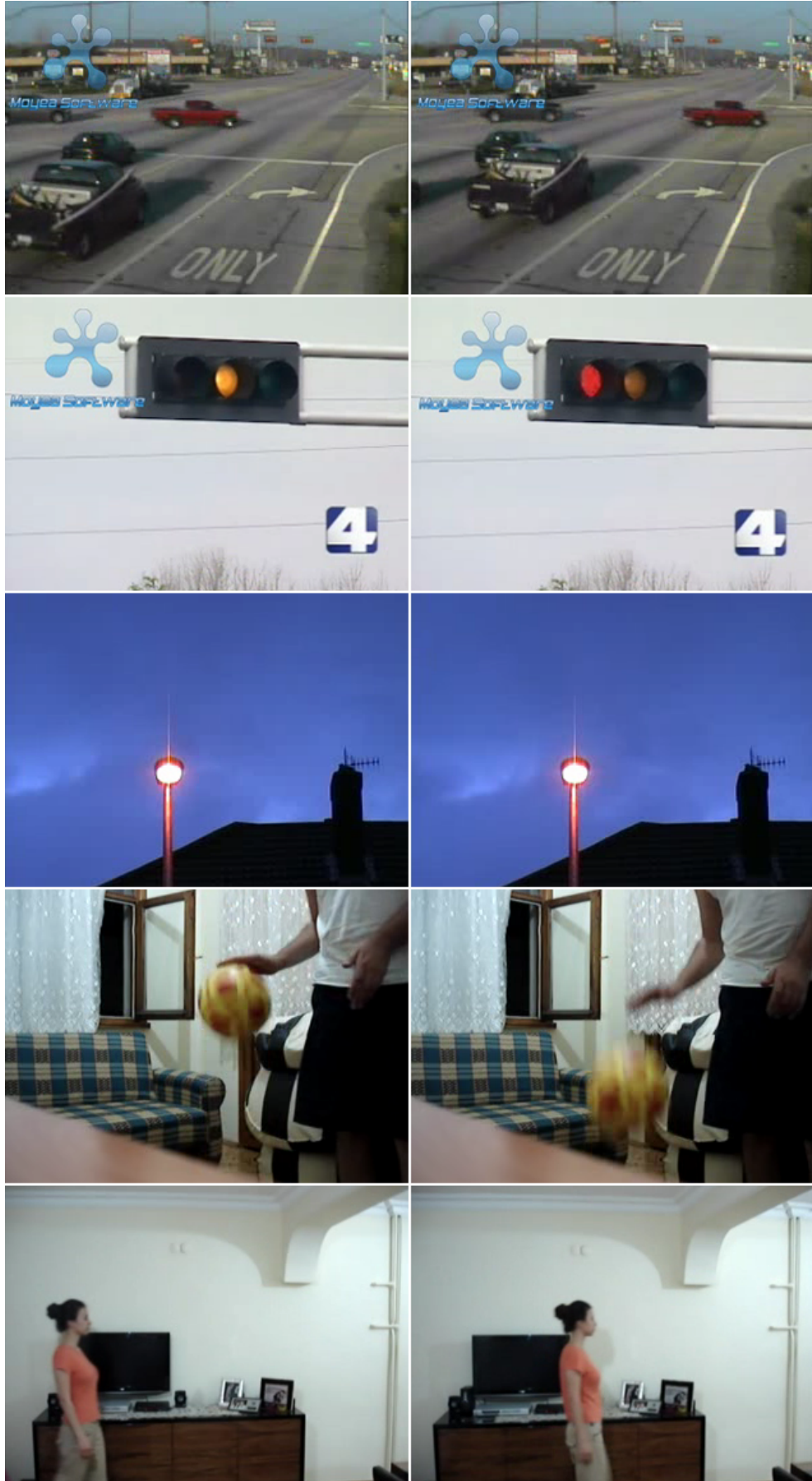
Geliştirilen yangın uyarı sisteminin performansının değerlendirilmesi için uygulama aşamasında değişik senaryolar üretilmiş ve karşılaşılan problemler incelenerek bu durumlara karşı uygun çözümler üretilmeye çalışılmıştır.

Sistemin başarı oranı temel olarak iki ayrı test kategorisi ile ölçülmüştür. Birinci kategoride kullanılan örnekler gerçek yangın görüntülerinden oluşan videolardır. İkinci kategori ise alev renk özelliklerine benzer renk özelliklerine sahip nesnelerin yer aldığı video görüntülerinden oluşmaktadır. İkinci kategori de kendi içerisinde durağan ve hareketli nesnelerden oluşan görüntüler olmak üzere iki grup olarak ele alınmıştır.

Sistemin doğru kabul başarı oranını ölçmek için 48 adet yangın görüntüsü kullanılmıştır. Doğru red başarısını ölçmek için ise 2 adet durağan ve 8 adet hareketli olmak üzere 10 adet alev renk özelliklerine sahip nesnelerden oluşan video kullanılmıştır. Tüm video görüntüleri mpeg4 formatında, 400x256 çözünürlükte ve saniyede 30 video karesi içermektedir. Şekil 4.1’de gerçek yangın videolarından, Şekil 4.2’de ise yangın içermeyen videolardan örnek kareler verilmiştir.



Şekil 4.1 Gerçek yangın içeren test videolarından örnek görüntüler



Şekil 4.2 Alev rengi içeren, yangın olmayan test videolarından örnek görüntüler

4.1 Yangın Görüntülerinden Elde Edilen Deneysel Sonuçlar

Yangın görüntüleri ile yapılan deneylerde farklı uzunluklarda 48 adet örnek video kullanılmıştır. Videolar görüntülerin tamamı yangın içerecek şekilde hazırlanmış ve yangın içermeyen görüntüler kesilmiştir. Aynı zamanda gerçek senaryoya uygun bir şekilde görüntülerde kamera hareketi ve ekran değişimi bulunmamaktadır. Örnek videolar gece ve gündüz oluşmuş orman, bina ve araç yangınlarına aittir. Çizelge 4.2’de yangın videoları ile yapılan test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.2 Yangın videoları ile yapılan test sonuçları

Video	Görüntü Sayısı	Alev Tespit Edilen Görüntü Sayısı	Doğru Kabul Oranı	Ortalama İşlem Süresi
Tekne Yangını	46	46	%100	21 ms
Tekne Yangını	50	59	%100	23 ms
Bina Yangını (Gece)	74	74	%100	25 ms
Bina Yangını (Gece)	47	47	%100	24 ms
Bina Yangını (Gece)	73	73	%100	27 ms
Otomobil Yangını	81	81	%100	19 ms
Otomobil Yangını	102	102	%100	23 ms
Bina Yangını (Gece)	125	125	%100	21 ms
Bina Yangını (Gece)	83	83	%100	20 ms
Bina Yangını (Gece)	65	65	%100	24 ms
Orman Yangını	106	101	%95.28	23 ms
Orman Yangını	358	334	%93.29	26 ms
Orman Yangını	54	54	%100	18 ms
Orman Yangını	60	60	%100	22 ms
Orman Yangını	60	60	%100	24 ms
Orman Yangını	54	54	%100	22 ms
Orman Yangını	70	70	%100	18 ms
Orman Yangını	66	66	%100	19 ms
Orman Yangını	65	65	%100	21 ms
Orman Yangını	58	58	%100	22 ms

Otomobil Yangını (Gece)	56	56	%100	26 ms
Fabrika Yangını	71	0	%0	27 ms
Fabrika Yangını	73	25	%34.24	28 ms
Fabrika Yangını	33	0	%0	25 ms
Bina Yangını (Gece)	60	60	%100	19 ms
Orman Yangını	26	26	%100	23 ms
Otomobil Yangını	56	51	%91.07	25 ms
Otomobil Yangını	118	117	%99.15	26 ms
Volkan Patlaması	172	106	%61.62	20 ms
Şömine Yangını	1134	1134	%100	29 ms
Orman Yangını	121	121	%100	26 ms
Orman Yangını	48	48	%100	24 ms
Mum Ateşi	222	222	%100	18 ms
Maden Ocağı Yangını	187	187	%100	23 ms
Maden Ocağı Yangını	25	25	%100	25 ms
Orman Yangını	206	206	%100	22 ms
Orman Yangını	346	346	%100	17 ms
Orman Yangını (Gece)	85	73	%85.88	21 ms
Orman Yangını	213	213	%100	22 ms
Orman Yangını	222	222	%100	23 ms
Orman Yangını (Gece)	56	56	%100	22 ms
Orman Yangını (Gece)	311	311	%100	27 ms
Orman Yangını (Gece)	20	20	%100	19 ms
Orman Yangını	119	119	%100	24 ms
Orman Yangını	222	222	%100	21 ms
Orman Yangını	146	146	%100	26 ms
Orman Yangını	96	96	%100	25 ms
Orman Yangını	140	133	%95	22 ms
Orman Yangınları	3328	3280	%95.5	22.26 ms
Genel Ortalama	6281	6018	%95.81	22.85 ms

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda 6281 yangın görüntüsünden 6018'inin yangın görüntüsü olarak tespit edildiği görülmüştür. Bu değerlerden de sistemin doğru kabul oranı %95.81 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde sadece orman yangını örnekleri değerlendirildiğinde ise genel sonuca paralel olarak başarı oranının %95.5 olduğu görülmüştür. 26 orman yangını videosundan 22'sinde başarı oranı %100'dür.

Doğru tespit oranı %60'ın altında olan toplam 3 adet video bulunmaktadır. Bu videolar aynı fabrika yangınının farklı açılardan çekilmiş görüntüleridir. Bu yangın videoları incelendiğinde ardışık görüntülerdeki yangın hareket şeklinin belirlenen genel karakteristik hareket şekliyle paralel doğrultuda olmadığı görülmektedir. Bu videolardan ikisinde başarı oranı %0, birinde ise %34.24 olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.3'de başarı oranı %0 olan bir videodan örnek ardışık görüntüler ve Şekil 4.4'de sistemin alt adımlarında oluşturulan sembolik görüntüler verilmiştir. Görüntüler incelendiğinde renk tespiti aşamasında alev renk özelliklerine sahip bölgelerin başarı ile tespit edildiği görülmektedir. Çekim açlarına bağlı olarak alevlerin başlangıç noktaları gözükmemektedir. Görülebilen alev bölgeleri yangının en üst kısmında dumanın çok yoğun olduğu bölgelerdir. Alevlerin başlangıç noktalarındaki bileşenler genel olarak yer değiştirmez. Fakat üst bölgelerdeki alev öbekleri parlamalar sonucu yer değiştirmektedir. Bu faktör ilgili örneklerdeki başarının düşük olmasının en temel sebebidir.

Başarı oranı yüksek olan video örnekleri incelendiğinde alev renk özelliklerine sahip bölgelerin başarı ile tespit edildiği gözlemlenmiştir. Renk filtresi ile tespit edilen bileşenlerin analiz aşamasında belirlendiği gibi çok büyük oranda yer değiştirmede ve bu bileşenlerin belirli noktalarının ardarda değişikliğe uğradığı, yani titreşim yaptığı gözlemlenmektedir. Şekil 4.5'de başarı oranı %100 olan bir videodan örnek ardışık görüntüler ve Şekil 4.6'da sistemin alt adımlarında oluşturulan sembolik görüntüler verilmiştir.

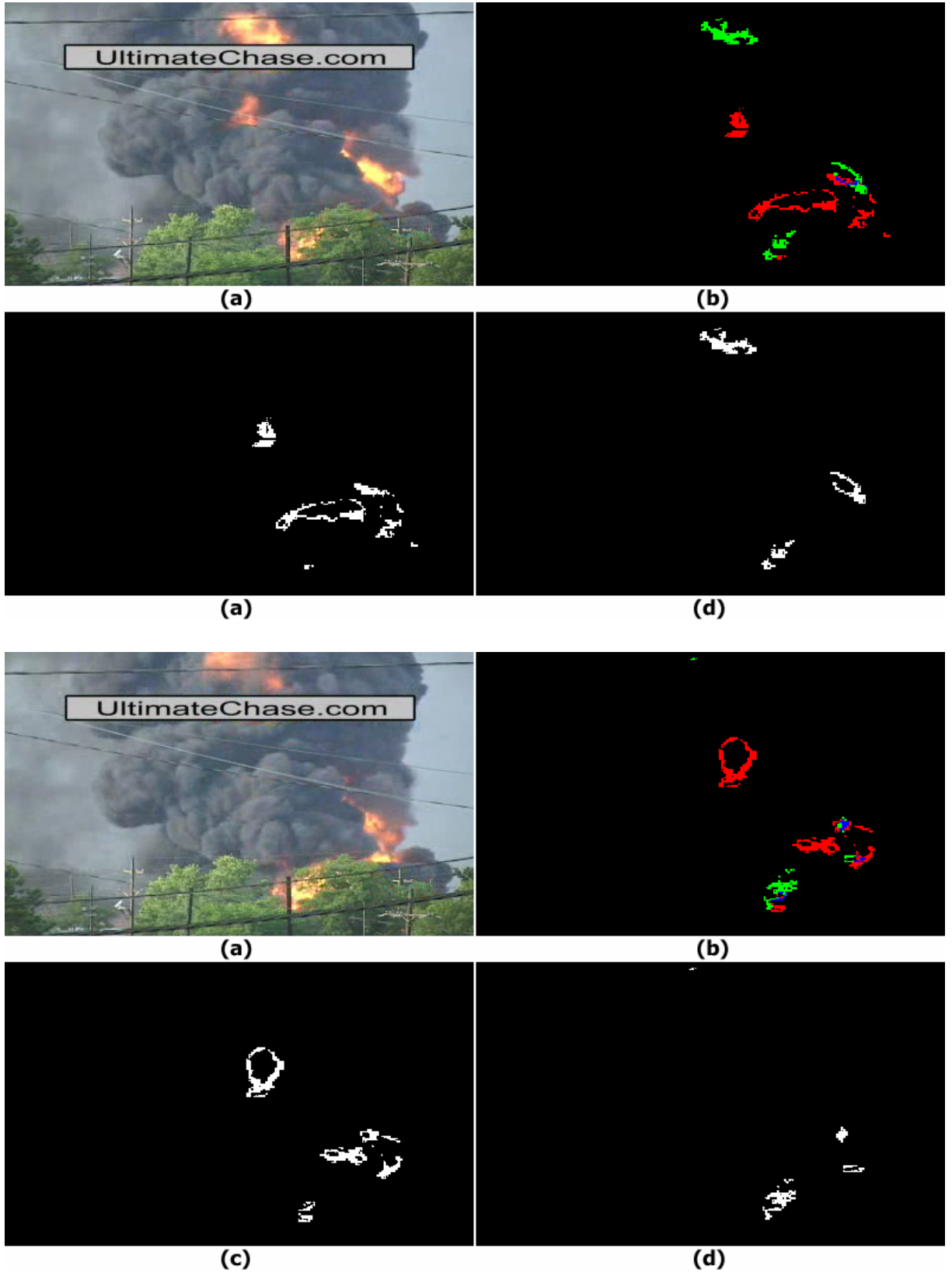
Yangın görüntülerinden elde edilen test sonuçları incelendiğinde bir video görüntüsünün ortalama işleme süresinin 22.26 ms ve orman yangınlarındaki ortalama sürenin 22.85 ms olduğu gözlemlenmektedir. Aynı şekilde video ortalamaları ayrı ayrı değerlendirildiğinde bir görüntünün ortalama işleme süresinin en çok 27 ms olduğu görülmektedir. Videoların saniyede 30 görüntüden oluştuğu göz önünde bulundurulursa bir görüntünün en çok 33 ms'de işlenmesi gerekmektedir. Test sonuçları göztermektedir ki 400x256 çözünürlüklü bir kameradan alınan saniyede 30 yangın görüntüsü sistem tarafından hiç bir görüntü kaybı ve gecikme olmadan işlenebilmekte ve sonuç üretilebilmektedir.



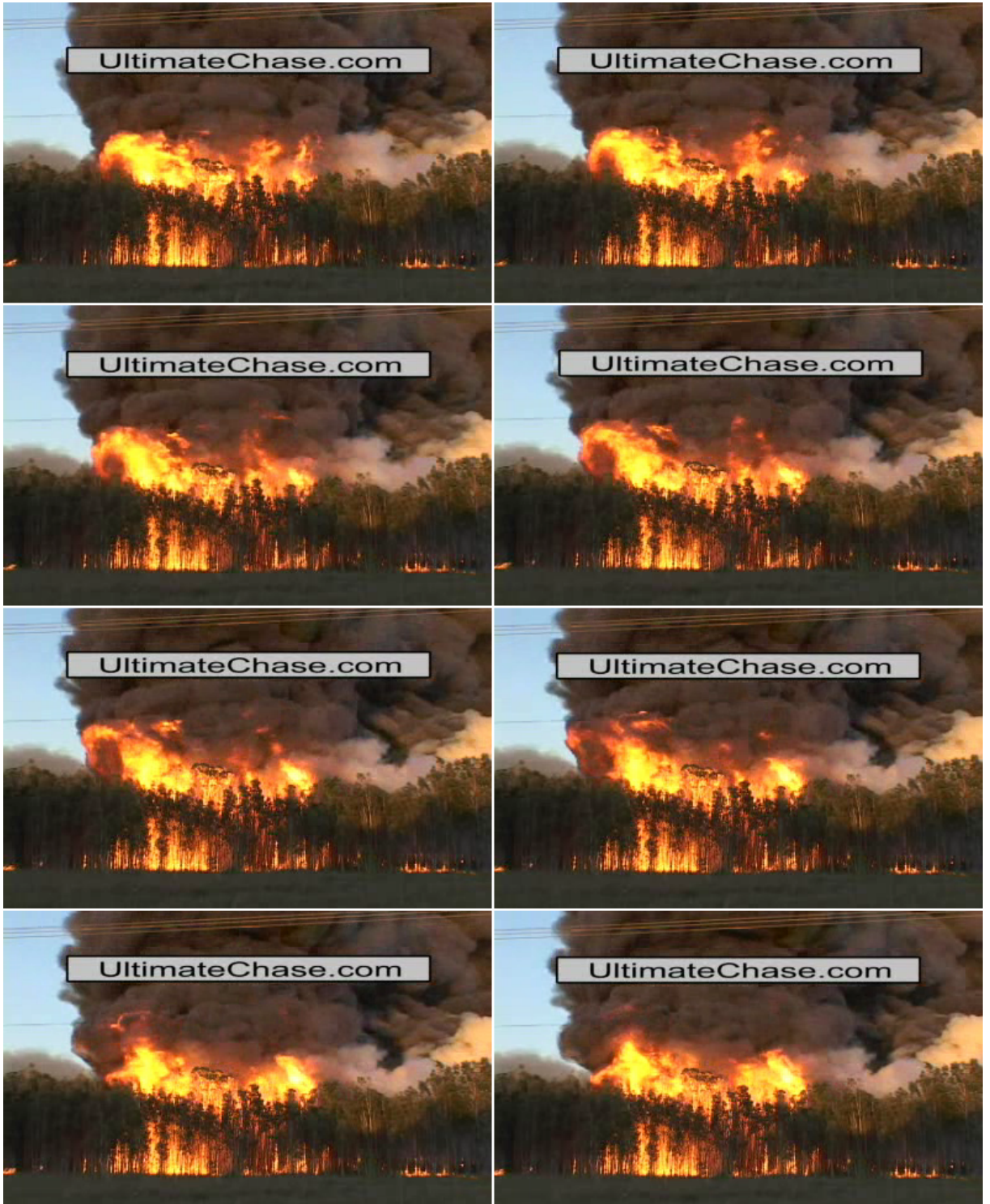
Şekil 4.3 Başarı oranı düşük olan bir test videosundan örnek ardışık görüntüler

Şekil 4.4’de başarı oranı %0 olan bir test videosunda bileşenlerin yer değiştirmesi gösterilmiştir. (b) şeklinde yeşil renkle işaretlenen bölgeler t , kırmızı renkle işaretlenen bölgeler $t-1$ anındaki bileşenleri ve mavi renkle işaretlenen bölgeler t ve $t-1$ anındaki bileşenlerin kesişimlerini göstermektedir. Bu örnekte başarı oranının düşük olmasının sebebi

alev bileşenlerinin yer değiştirmeme özelliğini sağlamamasıdır.



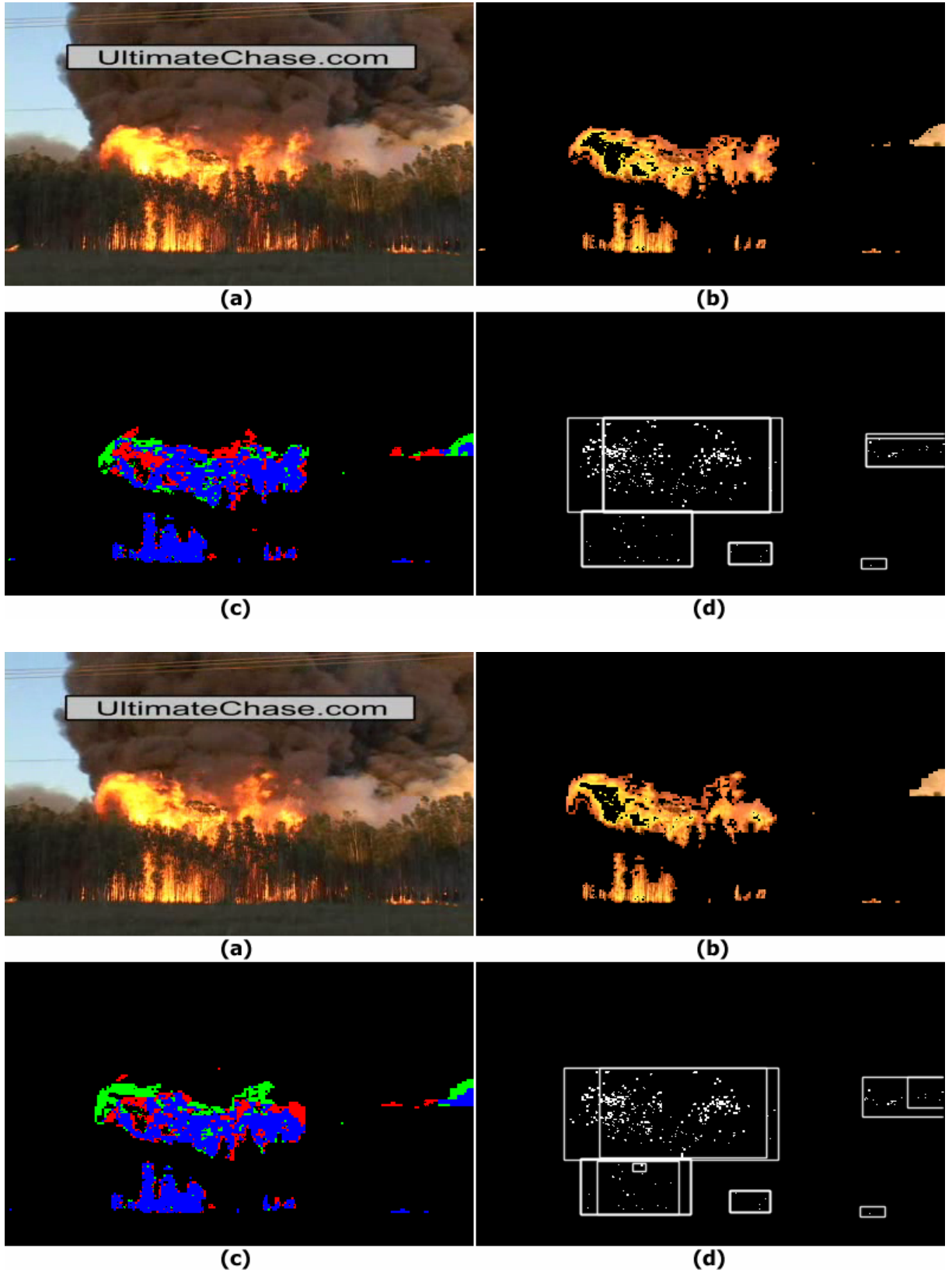
Şekil 4.4 Başarı oranı düşük olan bir test videosunda bileşenlerin hareketi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) $t-1$ ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (c) $t-1$ anındaki bileşenler (d) t anındaki bileşenler



Şekil 4.5 Başarı oranı yüksek olan bir test videosundan örnek ardışık görüntüler

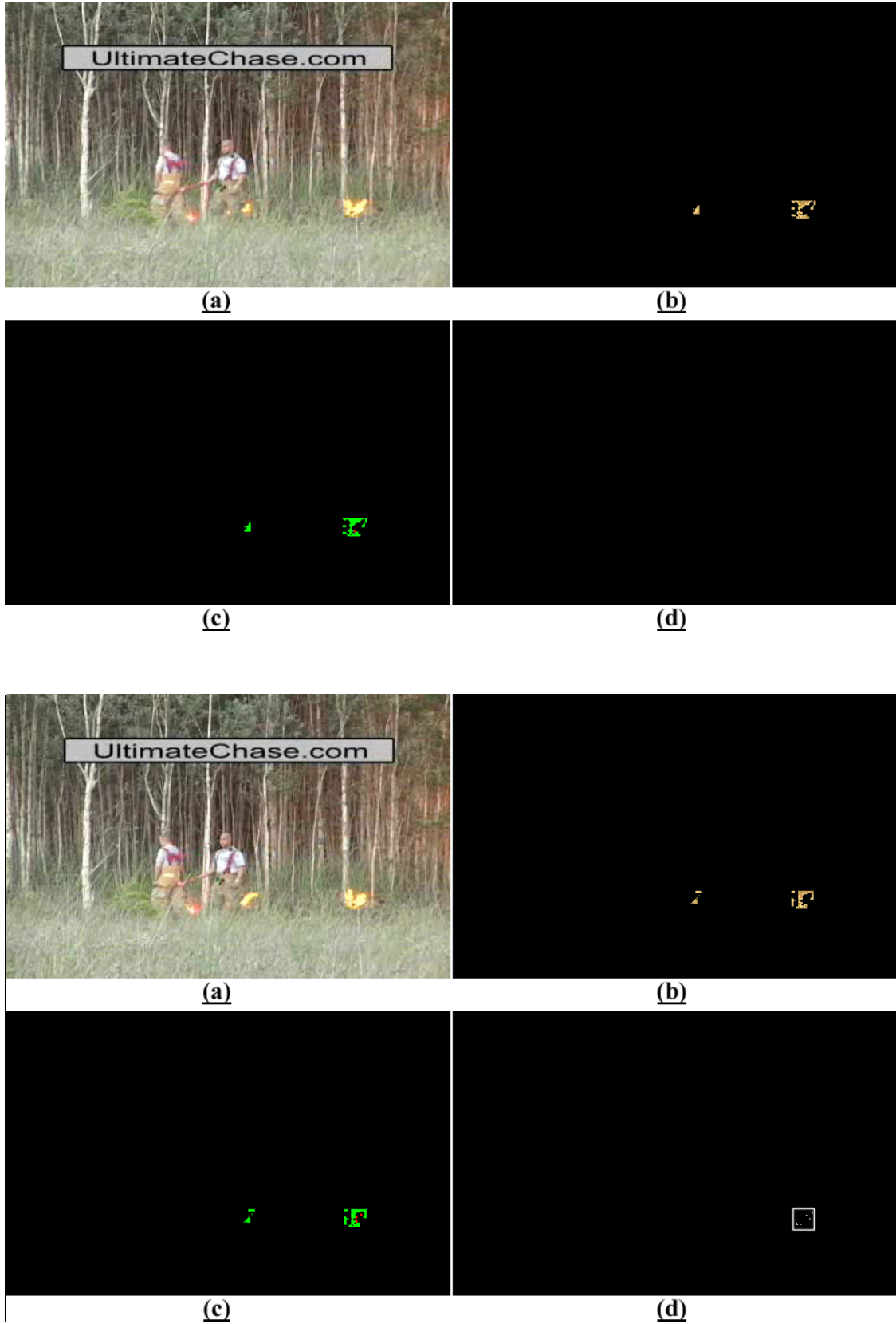
Şekil 4.6'da başarı oranı %100 olan bir test videosunda bileşenlerin yer değiştirmesi ve titreşimler gösterilmiştir. (c) şeklinde yeşil renkle işaretlenen bölgeler t , kırmızı renkle işaretlenen bölgeler $t-1$ anındaki bileşenleri ve mavi renkle işaretlenen bölgeler t ve $t-1$ anındaki bileşenlerin kesişimlerini göstermektedir. (d) şeklinde ise yer değiştirmeyen

bileşenlerin N adımda yaptıkları titreşimler gösterilmektedir.



Şekil 4.6 Başarı oranı yüksek olan bir test videosunda bileşenlerin hareketi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) Renk filtresinin sonucu (c) $t-1$ ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (d) Yer değiştirmeyen bileşenlerin N adımda yaptıkları titreşim

Yangını henüz başlangıç aşamasında iken tespit edebilme başarısının ölçülmesi için sistem, sıfır anında başlatılan bir yangını içeren örnek bir video ile test edilmiştir. Küçük bir hızla büyüyen yangın, ilk olarak videonun 4. görüntüsünde tespit edilmiş ve bundan sonraki tüm ardışık görüntülerde yangın tespiti doğru olarak yapılmıştır. İlk 3 ardışık görüntüde yangın tespiti yapılamamasının sebebi, bu görüntülerde alev boyutunun yeterli büyüklüğe ulaşmamasından ötürü t ve $t-1$ anındaki bileşenlerin bileşim alanlarında gerçekleşen titreşimin yeterli seviyede olmamasıdır. Toplam 106 ardışık görüntüden oluşan bu video süresince 102 görüntüde başarılı sonuç elde edilmiş ve bu video için doğru kabul oranı %96.2 olarak ölçülmüştür. Şekil 4.7’de bu videonun 3. ve 4. görüntüleri ve bu görüntülerin sistem adımları tarafından üretilen sembolik resimleri verilmiştir.



Şekil 4.7 Başlangıç aşamasındaki bir yangın videosunda yangın tespiti (a) t anındaki orjinal görüntü (b) Renk filtresinin sonucu (c) $t-1$ ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (d) Yer değiştirmeyen bileşenlerin N adımda yaptıkları titreşim

4.2 Yangın İçermeyen Görüntülerden Elde Edilen Deneysel Sonuçlar

Yangın içermeyen görüntüler ile yapılan deneylerde farklı uzunluklarda 10 adet örnek video kullanılmıştır. Gerçek senaryoya uygun bir şekilde görüntülerde kamera hareketi ve ekran değişimi bulunmamaktadır. Örnek videolardan iki tanesi durağan, sekiz tanesi ise hareketli nesneleri içermektedir ve videolardaki tüm görüntülerde alev renk özelliklerine sahip nesneler bulunmaktadır.. Çizelge 4.3’de yangın içermeyen videolarla yapılan test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.3 Yangın içermeyen videolar ile yapılan test sonuçları

Video	Görüntü Sayısı	Alev Tespit Edilen Görüntü Sayısı	Yanlış Kabul Oranı	Ortalama İşlem Süresi
Yürüyen Turuncu Kıyafetli İnsan	77	0	%0	14 ms
Etrafında Dönen Turuncu Kıyafetli İnsan	372	43	%11.55	17 ms
Yerde Yuvarlanan Sarı Kırmızı Top	66	0	%0	13 ms
Seken Sarı Kırmızı Top	282	0	%0.35	13 ms
Yükselen Turuncu Balon	332	0	%0	16 ms
Hareket Eden Turuncu Otomobil	110	0	%0	12 ms
Yanan Sokak Lambası (Gece)	146	0	%0	10 ms
Hareket Eden Kırmızı Otomobil	69	0	%0	12 ms
Sarı ve Kırmızı Trafik Işıkları	63	0	%0	9 ms
Aktif Otoyol (Gece)	746	0	%0	14 ms
Genel Ortalama	2263	43	%1.9	13 ms

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda 2263 yangın içermeyen görüntüden 43’ünün yangın görüntüsü olarak tespit edildiği görülmüştür. Buradan sistemin yanlış kabul oranı %1.9 olarak hesaplanmıştır. 10 örnek videodan birinde yangın içerdiği tespit edilen görüntüler bulunmakta, diğerlerinde bulunmamaktadır. Yangın içerdiği tespit edilen toplam 372 görüntüden oluşan bu videoda 43 görüntü (%11.55) alev olarak kabul edilmiştir. Bu video kendi etrafında dönen turuncu kıyafetli bir kişinin görüntü kayıdır. Kendi etrafında dönmesi

sebebiyle renk filtresi ile tespit edilen bileşenler yer değiştirmemekte ve ardışık görüntülerde ardarda değişiklikler oluşmaktadır. Bu da yer değiştirmeyen bileşenlerde titreşim gözlenmesine sebep olmakta ve bu durum yangın için belirlenen hareket kuralı ile örtüşmektedir. Şekil 4.8’de bu videodan örnek ardışık görüntüler ve Şekil 4.9’da ilgili videonun alev içerdiği kabul edilen bazı görüntülerinin sistem alt adımlarında oluşturulan sembolik görüntüleri verilmiştir.

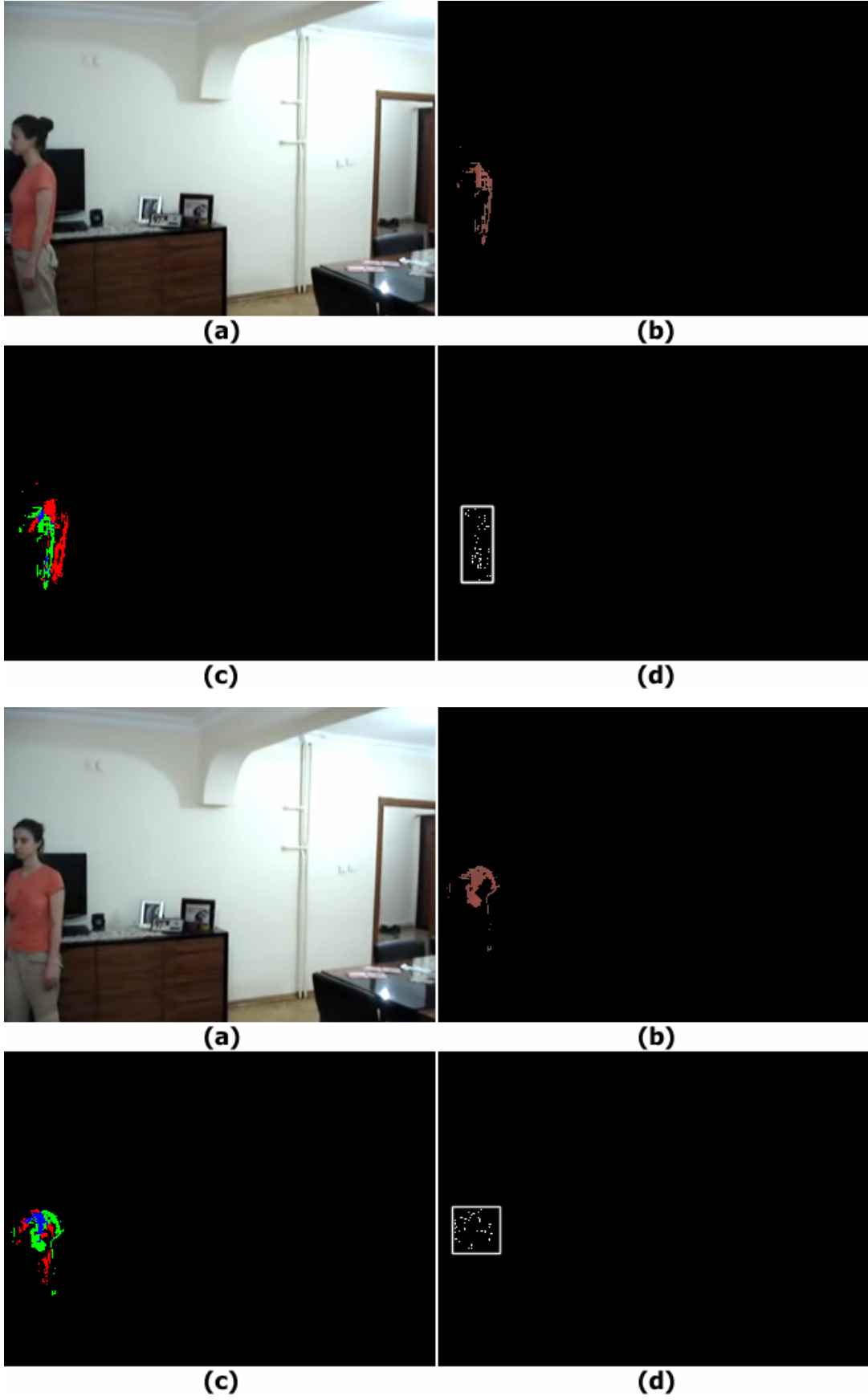
Yanlış kabul oranı %0 olan diğer 9 video incelendiğinde renk filtresi sonucu oluşan bileşenlerin hareket özelliklerinin belirlenen yangın hareket özellikleri ile örtüşmediği gözlenmektedir. Trafik ışıkları ve sokak lambası gibi durağan nesnelerde $t - I$ ve t anındaki bileşenlerin kesişim oranı %100 olmasına rağmen bileşenler titreşim yapmadıklarından alev bileşeni olarak kabul edilmemektedir. Yükselen turuncu balon örneğinde olduğu gibi çok yavaş hareket eden nesnelerde de bileşen kesişim oranları çok yüksek olmasına rağmen titreşim gözlenmemektedir. Hareket eden otomobil veya yürüyen insan örneğinde olduğu gibi hızlı hareket eden nesnelerde ise bileşen kesişim oranları 0 veya çok düşük olduğundan titreşim kontrolü yapılmaksızın bileşenler alev bileşeni olarak kabul edilmemektedir. Şekil 4.10’da durağan nesne örneklerinden olan trafik ışıkları videosundan örnek ardışık görüntüler ve Şekil 4.11’de bu videodan alınan bazı görüntülerden elde edilen sonuçlar sembolize edilmiştir. Şekil 4.12’de hareketli nesne örneklerinden olan seken top videosundan örnek ardışık görüntüler ve Şekil 4.13’de bu videonun bazı görüntülerinin sistem alt adımlarında oluşturulan sembolik görüntüleri verilmiştir.

Yangın videolarında bir görüntünün işlenme süresi ortalama 22.85 ms olduğu halde yangın içermeyen videolarda bu değer 13 ms’dir. Bu kategorideki ortalama sürenin daha az olması $t - I$ ve t anındaki bileşenlerin kesişim oranlarının çoğunlukla çok düşük olması sebebiyle titreşim kontrolü yapılmaya gerek duyulmamasından kaynaklanmaktadır.

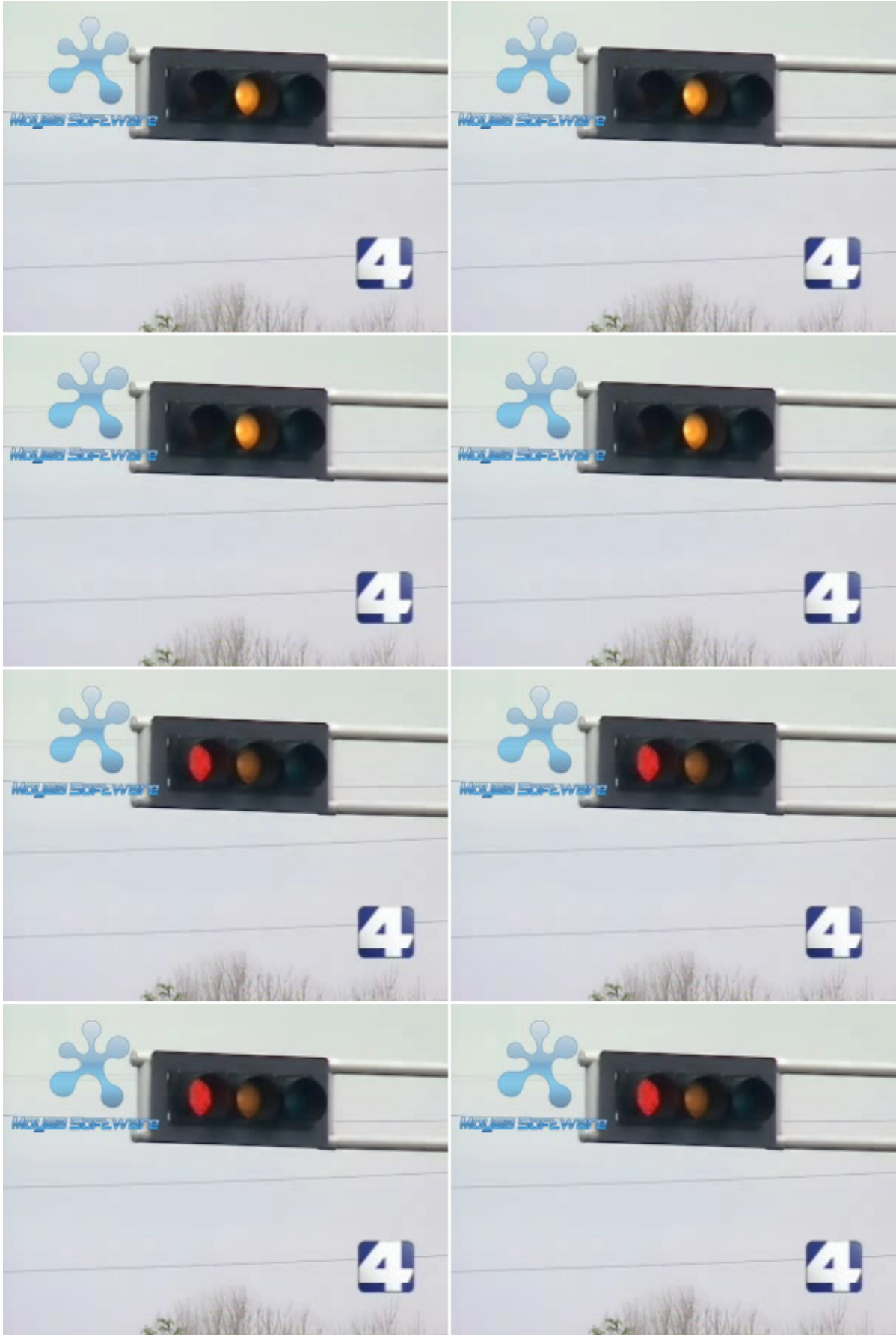
Şekil 4.9, 4.11 ve 4.13’de $t - I$ anındaki bileşenler kırmızı, t anındaki bileşenler yeşil ve $t - I$ ile t anındaki bileşenlerin kesişimleri mavi renk ile işaretlenmiştir.



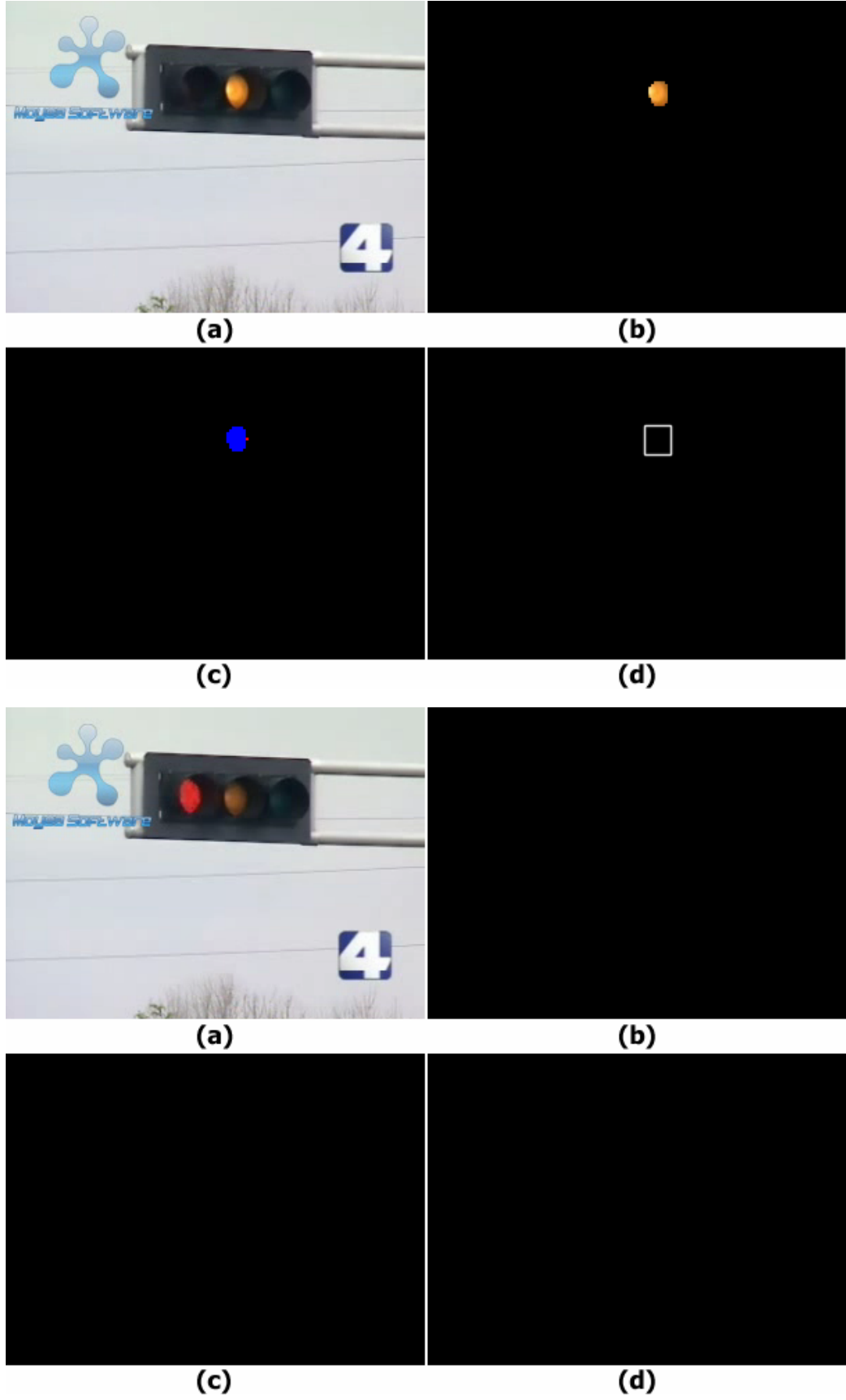
Şekil 4.8 Yanlış kabul oranı yüksek olan test videosundan örnek ardışık görüntüler



Şekil 4.9 Yanlış kabul oranı yüksek olan test videosunda bileşenlerin hareketi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) Renk filtresinin sonucu (c) $t-1$ ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (d) Yer değiştirmeyen bileşenlerin N adımda yaptıkları titreşim



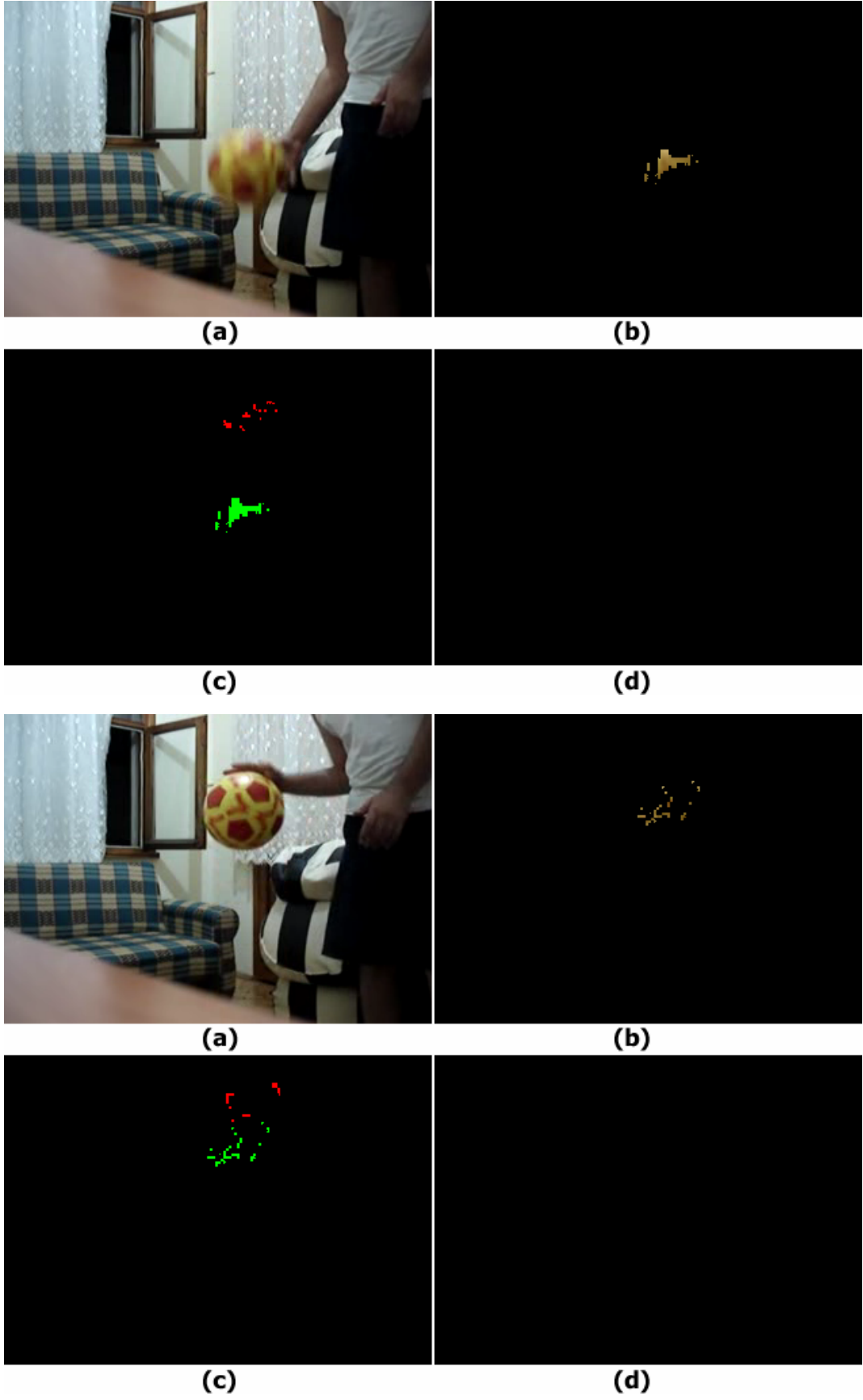
Şekil 4.10 Trafik ışıkları test videosundan örnek ardışık görüntüler



Şekil 4.11 Trafik ışıkları test videosunda bileşenlerin hareketi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) Renk filtresinin sonucu (c) $t-1$ ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (d) Yer değiştirmeyen bileşenlerin N adımda yaptıkları titreşim



Şekil 4.12 Seken top test videosundan örnek ardışık görüntüler



Şekil 4.13 Seken top test videosunda bileşenlerin hareketi (a) t anındaki orjinal görüntü (b) Renk filtresinin sonucu (c) $t-1$ ve t anındaki bileşenlerin kesişimi (d) Yer değiştirmeyen bileşenlerin N adımda yaptıkları titreşim

4.3 Sistemin Genel Performansı

Gerçek yangın görüntüleri ile yapılan testlerde 6281 video görüntüsü içerisinde 6018 görüntü yangın olarak tespit edilmiştir. Yangın içermeyen fakat alev renk özelliklerine benzer özellikte nesneler içeren görüntüler ile yapılan testlerde 2263 video görüntüsünde 43'ü yangın görüntüsü olarak kabul edilmiştir. Doğru kabul oranı (true positive rate, TPR) yangın olarak tespit edilen görüntü sayısının tüm yangın görüntülerinin sayısına, yanlış kabul oranı (false positive rate, FPR) ise yangın olarak tespit edilen görüntü sayısının tüm yangın olmayan görüntülerin sayısına oranına eşittir. Testler sonucunda elde edilen değerler kullanılarak hesaplanan doğru kabul oranı Eşitlik 4.1'de, yanlış kabul oranı Eşitlik 4.2'de verilmiştir.

$$TPR = \frac{6018}{6281} = \%95.81 \quad (4.1)$$

$$FPR = \frac{43}{2263} = \%1.9 \quad (4.2)$$

Çizelge 4.4'de hata matrisi verilmiştir. Bu matriste TP doğru kabul (True Positive), FP yanlış kabul (False Positive), FN yanlış red (False Negative) ve TN doğru red (True Negative) değerlerini göstermektedir.

Çizelge 4.4 Hata matrisi

		Doğru Sınıf	
		Pozitif	Negatif
Hesaplanan Sınıf	Evet	TP=0.958	FP=0.019
	Hayır	FN=0.042	TN=0.981

$$A = \frac{TP + TN}{P + N} = \frac{0.958 + 0.981}{1 + 1} = \frac{1.939}{2} = 0.9695 \quad (4.3)$$

$$ER = 1 - A = 1 - 0.9695 = 0.0305 \quad (4.4)$$

Eşitlik 4.3'deki A doğruluk (accuracy) değerini ve Eşitlik 4.4'deki ER hata oranını (error rate) temsil etmektedir. Sistemin doğruluk değeri %96.95 ve hata oranı %3.05 olarak hesaplanmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında, hareketli ve renkli görüntülerin değerlendirilmesi ile yangın tesbiti yapan bir yangın uyarı sistemi tasarlanmıştır. Sistem iki temel adımdan oluşmaktadır: görüntü içerisinde alev renk özelliklerine benzer bileşenlerin belirlenmesi ve bu bileşenlerin alev hareket özelliklerine sahip olup olmadığının kontrolü.

Gece ve gündüz oluşmuş yangın görüntüleri analiz edilmiş ve alev için renk kuralları belirlenmiştir. Görüntü içerisinde alev renk özelliklerine sahip bileşenlerin tespit edilmesi için görüntünün YCbCr bileşenlerinden yararlanılmış, bu bileşenlerin aralarındaki bağıntılar alev renk özellikleri için belirlenen kurallar dahilinde ise ilgili noktalar işaretlenmiştir ve bu noktaların oluşturduğu bileşenler belirlenmiştir.

Yangın ile aynı renk özelliklerine sahip hareketli veya hareketsiz nesnelerin ayırtedilebilmesi için renk tespitinin yanında hareket tespiti kullanılmıştır. Yangın görüntülerindeki hareketin analiz edilmesi sonucunda yer değiştirmeme ve titreşim yapma alev bileşenlerinin ayırt edici hareket özellikleri olarak belirlenmiştir. Renk tespiti aşamasında belirlenen bileşenlerde bu özellikler kontrol edilmiş, belirli kurallar çerçevesinde yer değiştirmeyen ve titreşim yapan bileşenler alev bileşeni olarak kabul edilmiştir.

Yangının başlangıcından sonuna kadar izlenen alev bileşenlerinin belirli zaman aralıkları ile konum ve büyüklük özelliklerinin belirlenmiş ile bu özelliklerin kullanılmasıyla yangın hakkında büyüme hızı ve yön bilgileri üretilmiştir.

Sistemin testi için toplam 6281 video karesinden oluşan 48 adet yangın videosu ve toplam 2263 video karesinden oluşan 10 adet alev benzeri renk özelliklerine sahip durağan ve hareketli nesnelerden oluşan ve yangın içermeyen video kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda sistemin doğru yangın alarmı üretme yüzdesi %95.81 ve yanlış yangın alarmı üretme yüzdesi %1.9 olarak hesaplanmıştır.

Sistemin başarısını arttırmak için alev tespitinin yanında duman tespiti de yapılabilir. Bu doğru kabul oranını arttırıp yanlış kabul oranını azaltmakla beraber orman yangınlarını alev oluşmadan başlangıç aşamasında tespit etmek için etkili olacaktır.

Yangının hareket özelliklerini belirleme aşamasında karar vermek için görüntülerden elde edilen hareket özellik parametreleri Saklı Markov Modeli (HMM) gibi olasılık teoremine dayalı bir yöntemle kullanıldığında sistemin başarı oranı arttırılabilir.

KAYNAKLAR

- Chen T., Wu P., Chiou Y., (2004), "An early fire-detection method based on image processing", Image Processing, 2004. ICIP '04. 2004 International Conference, 1707- 1710 vol. 3
- Akyildiz I.F., Su W., Sankarasubramaniam Y., Cayirci E., (2002), "Wireless sensor networks: a survey", Computer Networks Volume 38, Issue 4, 15 March 2002, Pages 393-422
- Okayama Y. (1992), "Approach to detection of fires in their very early stage by odor sensors and neural net", Journal of Applied Fire Science [J. APPL. FIRE SCI.]. vol. 2, no. 3, pp. 205-217. 1992
- Gottuk D. T., Peatross M. J., Roby R. J., Beyler C. L., (2002), "Advanced fire detection using multi-signature alarm algorithms", Fire Safety Journal Volume 37, Issue 4, June 2002, Pages 381-394
- Luo R.C., Su K.L., Tsai K.H., (2002), "Fire detection and isolation for intelligent building system using adaptive sensory fusion method", Robotics and Automation, 2002. Proceedings. ICRA '02. IEEE International Conference, Washington D.C., 1777- 1781 vol. 2
- Rose-Pehrsson S. L., Hart S. J., Street T. T., Williams F. W., Hammond M. H., Gottuk D. T., Wright M. T., Wong J. T., (2003), "Early Warning Fire Detection System Using a Probabilistic Neural Network ", Fire Technology, 39, 147-171, 2003
- Yu L., Wang N., Meng X., (2005), "Real-time Forest Fire Detection with Wireless Sensor Networks", Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2005. Proceedings. 2005 International Conference, 1214- 1217 vol. 2
- Yoshinori T., Tetsuro T., Tadanobu M., Hidehito N., Hiroshi K., Yukiyo I. (2005), "Odor Sensor System for Early Fire Detection and Its Application to Utility Mobile Robot", Sens Mater, ISSN: 0914-4935, vol.17; no.7; page.413-421
- Vicente J., Guillemant P., (2002), "An image processing technique for automatically detecting forest fire", International Journal of Thermal Sciences Volume 41, Issue 12, December 2002, Pages 1113-1120
- Phillips III W., Shah M., Lobo N. W., (2002), "Flame recognition on video", Pattern Recognition Letters Volume 23, Issues 1-3, January 2002, Pages 319-327
- Chen T., Kao C., Chang S., (2003), "An intelligent real-time fire-detection method based on video processing", Security Technology, 2003. Proceedings. IEEE 37th Annual 2003 International Carnahan Conference, 104- 111
- Liu C., Ahuja N., (2004), "Vision based fire detection", Pattern Recognition, 2004. ICPR 2004. Proceedings of the 17th International Conference, 134- 137 vol. 4
- Toreyin B.U., Dedeoglu Y., Cetin A.E., (2005), "Flame detection in video using hidden Markov models", Image Processing, 2005. ICIP 2005. IEEE International Conference, II-1230-3 vol. 2
- Horng W., Peng J., (2006), "Image-Based Fire Detection Using Neural Networks", Conference on Information Sciences 2006
- Celik T., Ozkaramanli H., Demirel H., (2007), "Fire and Smoke Detection without Sensors: Image Processing Based Approach", EURASIP, Poznan 2007

Celik T., Demirel H., Ozkaramanli H., Uyguroglu, M., (2006), "Fire Detection in Video Sequences Using Statistical Color Model", Acoustics, Speech and Signal Processing, 2006. ICASSP 2006 Proceedings. 2006 IEEE International Conference, II-II vol. 2

Orchard M. T., Bouman C. A., (1991), "Color quantization of images", IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 39

Dios J. J., Garcia N., (2003), "Face detection based on a new color space YCgCr", Image Processing, 2003. ICIP 2003. Proceedings. 2003 International Conference on Volume 3, Issue, 14-17 Sept. 2003 Page(s): III - 909-12 vol.2

Ford A., Roberts A., (1998), "Colour Space Conversions"

Piccardi M., (2004), "Background subtraction techniques: a review", Systems, Man and Cybernetics, 2004 IEEE International Conference, 3099- 3104 vol. 4

Baf F. E., Bouwmans T., Vachon B., (2007), "Comparison of Background Subtraction Methods for a Multimedia Application", Systems, Signals and Image Processing, 2007 and 6th EURASIP Conference focused on Speech and Image Processing, Multimedia Communications and Services, 385-388

Hu W., Tan T., Wang L., Maybank S., (2004), "A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors", Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions, 334-352, vol. 34

Horn B.K.P., Schunck B.G., (1981), "Determining Optical Flow" Computer vision, 1981

Shapiro L., Stockman G. (2002). Computer Vision. Prentice Hall. pp. 69–73

INTERNET KAYNAKLARI

[1] <http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Renk&oldid=6171254>

[2] http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=RGB_color_space&oldid=302760645

[3] http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=RGB_color_model&oldid=306262090

[4] http://web.cs.wpi.edu/~matt/courses/cs563/talks/color_quant/CQindex.html

[5] http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=HSL_and_HSV&oldid=304926444

[6] <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=YCbCr&oldid=302147841>

[7] <http://wiki.multimedia.cx/index.php?title=YCbCr&oldid=11328>

[8] <http://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Özel:KaynakGöster&page=Üçgen&id=6096106>

[9] http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Optical_flow&oldid=306041425

[10] http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Connected_Component_Labeling&oldid=302951609

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 02.09.1983

Doğum yeri İstanbul

Lise 1998-2001 İstanbul Atatürk Fen Lisesi

Lisans 2001-2005 Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik – Elektronik Fak.
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurumlar

09.2003 – 08.2004 Ericsson Türkiye

11.2005 - Devam ediyor YTÜ Eğitim Fakültesi Araştırma Görevlisi
(Görev Yeri: Bilgi İşlem Daire Başkanlığı)