

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GAUSS KARIŞIM MODELİ KULLANILARAK
HAREKETLİ NESNELERİN TESPİTİ

Ali ARI

Yüksek Lisans Tezi
Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Abdulkadir ŞENGÜR

OCAK-2013

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GAUSS KARIŞIM MODELİ KULLANILARAK HAREKETLİ
NESNELERİN TESPİTİ

Yüksek Lisans Tezi

Ali ARI

101131111

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:24.01.2013

Tezin Savunulduğu Tarih:10.01.2013

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Abdülkadir ŞENGÜR

Diğer Jüri Üyeleri:

Yrd. Doç. Dr. Murat KARABATAK

Yrd. Doç. Dr. Erkan DENİZ

OCAK-2013

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca, deneyimi, bilgisi ve önerileriyle araştırma ve geliştirmeyi yönlendiren tez danışmanım sayın Doç.Dr. Abdülkadir ŞENGÜR'e teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasında, hareketli nesnelerin arka plan çıkarımı yapılmış ve hareketli nesnelerin tespiti için sağlanmasını sağlayan algoritma geliştirilmiştir. Önerilen nesne takip algoritmasının çalıştırılması ile elde edilen sonuçlar nesne takip işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir. Hareketli nesnelerin tespitinde kullandığımız yaklaşımın, hareketli nesnelerin tespit algoritmalarının literatürüne zenginlik ve farklılık katacağı düşüncesindeyim. Bu konu üzerine gelecekte çalışmalar yapmaya devam edeceğim.

Ali ARI
ELAZIĞ-2013

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR.....	IX
SEMBOLLER LİSTESİ	X
1. GİRİŞ.....	1
2. RENK UZAYLARI VE VIDEO	7
2.1. RGB Renk Uzayı	8
2.2. HSV	9
2.2.1. HSV' nin Gösterimi	9
2.3. Video.....	11
2.3.1. Video Dosya Formatları	11
2.3.1.1. AVI	11
2.3.2. Video Sıkıştırma Formatları	12
2.3.2.1. Real Video	12
2.3.2.2. H.261	13
2.3.2.3. MPEG	13
2.3.2.3.1. MPEG-1	14
2.3.2.3.2. MPEG-2	14
2.3.2.3.3. MPEG 4	14
3. NESNE TAKİP YÖNTEMLERİ	16
3.1. Nesne Sunumu	17
3.2. Nesne Takip Yöntemleri.....	18
3.2.1. Nokta Tabanlı Nesne Takibi	19
3.2.1.1. Belirleyici Yöntemler	19
3.2.1.2. İstatistiksel Yöntemler	20
3.2.1.2.1. Tek Nesneli Durum Tahmini	21

3.2.1.2.2.	Kalman Süzgeci Yöntemi	22
3.2.1.2.3.	Çok Nesneli Durum Tahmini.....	23
3.2.1.2.4.	Ortak Olasılıklı Veri Bağı.....	24
3.2.1.2.5.	Çoklu Hipotez Takibi	24
4.	ÖN PLAN NESNELERİNİN TESPİTİ	26
4.1.	BM Algoritması	28
4.1.1.	Beklenti Adımı.....	28
5.	DENEYSEL SONUÇLAR	29
6.	SONUÇLAR.....	38
	KAYNAKLAR.....	39
	ÖZGEÇMİŞ	43

ÖZET

Bilgisayarlı görme, hassas güvenlik ve önlem gerektiren alışveriş merkezleri, bankalar, otoyollar, okullar ve hastaneler gibi kamuya açık kalabalık alanları izlemek için uzun süredir kullanılmaktadır. Bilgi işlem gücündeki artış, video dosyalarından içerik çıkarımında bilgisayarların kullanımını oldukça popüler bir hale getirmiştir.

Bilgisayarların dijital video dosyalarının saklanması kullanımını oldukça yaygın olmasına rağmen, dijital videolardan istenilen bilgilerin çıkarımı konusunda kullanımı oldukça yenidir. Dijital video dosyalarından elde edilebilecek en temel veri, hareketli nesnelerdir. Bu çalışma dijital video dosyalarındaki arka plan modelleme ve hareketli nesne çıkartım algoritmaları üzerine yapılmış bir çalışmadır.

Yapılan çalışmada, bir piksel değeri, zamandaki ve uzaydaki komşularından bağımsız olarak ele alınmakta ve görüntüdeki arka plan ışıklandırmasının değişken olabileceği göz önünde tutulmaktadır. Bu sebeplerle, boyutları sabit olan görüntüdeki her piksel için gauss karışım dağılım modeli uygulanmaktadır. Genel olarak bir Gauss karışımlar modeli, incelenen verinin ortalama ve varyans değerleri farklılık gösteren ve model içinde farklı ağırlıklara sahip birkaç gauss dağılımının toplamı ile betimlenmiştir. İstatistiksel veri analizi ise BM algoritmasıyla yapılmıştır.

Çeşitli sayısal videolar üzerinde deneyimler yapılmıştır. Bu deneyim sonuçları, önerilen metodun verimli bir şekilde hareketli nesnelerin tespiti belirlediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Arka Plan Çıkarımı, Hareketli Nesnelerin Tespiti, Gauss Karışımlar Modeli

SUMMARY

Detection of Moving Objects Using A Gaussian Mixture Model

Computer has been used for so long to watch crowded public domains such as vision community, shopping malls requiring sensitive security and precaution, banks, motorways, schools and hospitals. Increase in the data processing rate is become a considerably popular subject that the use of computers in subtracting contains from video files.

Although the use of computers to keep digital video files is considerably common, its use for subtracting the necessary information from the digital videos is brand new. The most important rudiments obtained from digital video files are mobile objects. This study is an authentic work about background modeling and mobile object extraction-algorithm in digital video files.

In the study, not only a pixel worth is independently handled from its neighbors in time and space, but also it is taken into account that backlighting of an image can be variable. For these reasons, for every pixel in a fixed sized image is applied “Gaussian Mixture Distribution Model”. Generally, a Gaussian Mixture Model is described with verifying data that is the total of a few Gaussian distribution which have both differential average and variance values and different weight within the model. Statistical data analysis is done with EM Algorithm.

Experiments about various digital videos are done. Test results of these experiments show that recommended method productively determines the detection of mobile objects.

Key Words: Background Extraction, The Detection of Mobile Objects, Gaussian Mixture Model

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. RGB renk uzayının üç boyutlu küp şekilde gösterimi	8
Şekil 2.2. HSV renk uzayının silindir biçimli gösterimi	10
Şekil 2.3. Altıgen huni şeklinde HSV renk uzayı.....	10
Şekil 3.1. Sık kullanılan Şekilsel sunum türleri (a) İşaretçi sunumu (b) Seviye kümeleri sunumu (c) Yapay model sunumu (d) Dış hat sunumu.	17
Şekil 3.2. Sık kullanılan görsel sunum türleri (a) Olasılık yoğunluğu (b) Şablonlar (c) Aktif Şekil/görünüm modelleri (d) Çoklu görüş modelleri.....	18
Şekil 3.3. Nesne takip yöntemlerinin sınıflandırılması.	19
Şekil 5.1. Renkli görüntülerde hareket tespiti	31
Şekil 5.2. Gri seviyeli görüntülerde hareket tespiti	34
Şekil 5.3. Renkli görüntülerde hareket tespiti	36

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1. Küp köşegenlerinde elde edilen renk tonları.	9
---	---

KISALTMALAR

BM	: Beklenti Maksimizasyonu
CMY	: Cyan-Magenta-Yellow
GKM	: Gauss Karışım Modeli
GMM	: Gauss Mixture Model (Gauss Karışım Modeli)
HSV	: Hue Saturation Value
IEC	: The International Electrotechnical Commission
ISO	: The International Organization for Standardization
JPDAF	: Ortak Olası Veri Birleştirme Filtresi
KF	: Kalman Filter (Kalman Süzgeci)
KYM	: Kırmızı Yeşil Mavi Renk Uzayı
MPEG	: Moving Picture Experts Group
MS	: Mean Shift (Ortalama Kayma)
PF	: Particle Filter (Parçacık Süzgeci)
RGB	: Red Green Blue Color Spatial

SEMBOLLER LİSTESİ

t	: Zaman
M	: Ağırlık Merkezi
Σ	: Kovaryans
X^t	: Durum Vektörü
Z^t	: Ölçüm Vektörü
$f(.)$	: Sistem Modeli
$h(.)$	: Ölçüm Modeli
W^t	: İşlem Modelindeki Beyaz Gürültü
N^t	: Ölçüm Modelindeki Beyaz Gürültü
$p(Z^t X^t)$	: Maksimum Olabilirlik Fonksiyonunu
$\bar{\Sigma}^t$	: Kovaryans Tahmini
D	: Durum Dönüşüm Matrisi
Q^t	: Beyaz Gürültünün Kovaryansı
$p(X^t Z^{1,...,t})$	: Sonrasal Olasılık Yoğunluk Fonksiyonunu

1.GİRİŞ

Son yıllarda görsel gözetim, bilgisayar görmesi topluluğunun önemli bir araştırma konusu olmuş ve konu ile ilgili bir çok araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmıştır[1]. Görsel gözetim uygulamaları için arka plan çıkarımı, bilgisayar görmesi uygulamalarındaki başlıca adımlardan biridir. Bu adım görsel gözetim sistemi için hayatidir ve devam eden süreçte diğer sistem bileşenlerinin performanslarını önemli ölçüde etkilemektedir. Hareketli nesnelerin tespiti için arka plan çıkarımı; geçerli kare ($I_{(x,y,t)}$) ile arka plan ($B_{(x,y,t)}$) arasındaki fark olarak belirlenmekte ve piksellerin sınıflandırılması işlemi de belirlenen farka göre yapılmaktadır.

Arka plan çıkarımı yönteminin çıkışı, yüksek seviyeli olan diğer bir işlem için giriş olabilir [2]. Örneğin verilen bir görüntüde daha önceden belirlenmiş nesnenin tespit edilmesi ve izlenmesi en önemli uygulama alanlarından biridir [3]. Arka plan çıkarımının performansı temelde kullanılan arka plan modelleme tekniğine bağlıdır. Özellikle manzara görüntülerinde, parlaklık değişiklikleri, rüzgâr etkisi ile hareket eden bitkiler, sudaki dalgalanmalar, görüntüyü kayıt ederken oluşan kamera titremeleri gibi doğal dinamiklerden ötürü zorluklar yaşanmakta ve arka planın daha iyi bir şekilde modellenebilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca hareket eden nesnelerdeki gölgeler de diğer bir önemli zorluktur.

Dayanıklı bir arka plan modelleme yöntemi, sahneye giren ve çıkan nesneleri göz önüne almalıdır [4]. İdeal durumda arka plan modeli zamanla değişmez ve bilinir varsayılır. Ancak bir çok uygulamada, örneğin alışveriş merkezlerinde ve hava alanlarında arka plan önceden bilinemez ve her hareket eden nesnenin ardından arka planın sürekli olarak güncellenmesi gerekmektedir.

Literatürde arka plan çıkarımına yönelik birçok yöntem mevcuttur [2]. Bu yöntemleri iki ana gruba ayırmak mümkündür [4]. Bunlar; arka plan belirleme/modelleme ve ön plan/nesne tespitidir. İlk kısımda arka plan karesi belirlenir, ikinci kısımda ise mevcut görüntü, belirlenen arka plan karesi ile karşılaştırılarak ön plan nesneleri elde edilir. Arka plan, uyarlamalı ya da uyarlamasız şekillerde modellenabilir. Uyarlamasız teknikler, sabit bir arkaplan seçimini içeren tekniklerdir. Sürekli değişen arka plana sahip videolarda uyarlamasız teknikler iyi sonuçlar üretmez [4]. Bu yüzden, sürekli olarak arkaplan kestirimi ve güncellemesi yapan uyarlamalı metotların kullanımı gerekmektedir.

Uyarlamalı metotların en basit şekli, arka plan modeli olarak zamanla elde edilen görüntü karelerinin sürekli güncellenebilir ortalamasını almaktır [2]. Ancak bu metot, ön plan nesnelerindeki hareketin oldukça yavaş olduğu durumlarda başarısız olmaktadır. Sürekli hareket eden ön plan nesne sayısı arttığında ve arka plan az görünür duruma geldiğinde de bu metot, arka plan görüntüsünü kaybetmektedir. Buna ek olarak, bu metodun arka planı toparlama süresinin oldukça uzun olduğu söylenebilir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için Kalman filtresi kullanılabilir [1]. Fakat Kalman filtresi kullanılsa bile bahsedilen yavaş toparlanma sorununun giderilemediği görülmüştür. Bunları önleyen bir istatistiksel modelin önerildiği ve piksel başına sadece tek bir Gauss bileşeni kullanılması bir eksiklik olarak görülmektedir [3].

Diğer taraftan arka plan çıkarımı ile ilgili bazı çalışmalar şöyle özetlenebilir; Ding ve diğ. [1], hareketli nesnelerin tespiti için doku öz nitelikleri ile renk öz niteliklerini birlikte kullanan yeni bulanık bir yöntem önermişlerdir. Doku öz nitelikleri ile renk öz niteliklerinin birlikte kullanılması için Choquet integrali kullanılmıştır. Birçok veri seti video kullanarak elde edilen sonuçlar tasarlanan yöntemin etkililiğini ve sağlamlığını göstermektedir. Türdü ve diğ. [2], ön plandaki yakın bağlantılı-bileşen çiftlerinin dışbükey zarflarının birleşimi kullanılarak bir histerezis eşikleme yöntemi önerilmektedir. Ayrıca ön plan kenar bilgisi de sisteme entegre edilmektedir. Histerezis eşiklemenin, tek parça halindeki ön plan nesnelerinin birkaç ayırık parça olarak tespit edilmelerini önlediği ve başarısını arttırdığı bildirilmiştir. K.Hakan Kutluay [3], piksel tabanlı arka plan modelleme yöntemlerinden PFinder ve HRR yöntemlerini önermiştir. Bu yöntemler incelenirken, kullanılan kameraların sabit olduğu öngörülmüştür. PFinder ve HRR modelleme yöntemleri karşılaştırılmış, karşılaştırmada arka planın ortamın değişikliklerine karşı dinamik güncellenmesi, oluşan arka plan modelinin aslına yakınlık derecesi ve kaynak tüketimi gibi kriterler göz önüne alınmıştır. Bu yöntemlerin gerçek zamanlı işlem yapabilmesi, var olan arka plan değişikliğine göre modelin güncellenmesi yöntemlerin geçerliliğini ve başarısını arttırdığı bildirilmiştir Yao ve diğ. [4], HSV renk uzayı tabanlı histogram ve bulanık k-ortalamlar yöntemi ile arka plan çıkarımı önermişlerdir. Ergezer, Hamza [5], hareketli nesnelerin tespiti için sabit bir kameradan alınan görüntüde arka plan çıkarma (modelleme) yöntemi kullanılmıştır. Arka plan modellemede dört yöntem gerçekleştirilmiş ve performansları karşılaştırılmıştır. Arka plan çıkarımının ardından, takip edilecek nesnelerin düzgün bir şekilde elde edilmesi ve belirlenmesi amacıyla morfolojik operatörlerden ve bağlı eleman analizi gibi ek işlemlerden yararlanılmıştır. Tek kamerada hareketli

nesnelerin takibinde ise, aktif dış çevritlerden, Kalman süzgecinden ve ortalama değer kayması yönteminden yararlanılmıştır. Çoklu kamerayla çoklu hedef takibi problemi için yeni bir metot önerilmiştir. Klasik çoklu varsayım takibi metodunda bulanık mantık kullanılarak çoklu hedef takibi yapılmıştır. Hedefler ve takipler hakkında daha çok bilgi sağlanması amacıyla ikili kamera sistemi kullanılmıştır. İki kamera arasındaki eşleştirmeyi bulmak için eşleştirme (homography) matrisi hesaplanmıştır. Kameralardan birinde hedefler arasında örtüşme olması durumunda, diğer kameradan gelen bilgilerden yararlanılmıştır. Namrata Vaswani ve diğ. [6], kızılötesi sensörleri kullanarak uzaktan gözetim sorununu çözmek amacıyla çalışma yapmışlardır. Hareketli nesnelerin tespitinde kızılötesinin kullanılması sahneye yeni giren objelerin en iyi görüntüsünü iletmesini sağlamıştır. Şayet iletilmeden önce sıkıştırılması gereken nesne büyük ise, mevcut bant aralığı düşüktür. Sensöre bağlanmış bilgisayar aygıtlarının, performanslarının düşük olması nedeniyle algoritma hesapları basit olmalıdır. Nesne algılama için iki tane yaklaşım sunmuşlardır; birincisi, özellikle daha uzun ve zor nesne algılama problemini çözer diğeri ise kısa süreli nesneler içindir. Kısa süreli nesnelerde, en iyi görünümlü basit nesne çiplerinin seçimindeki mevcut teknikler ve sıkıştırma yapmak için basit hesaplama teknikleri, bant genişliği kısıtlaması nedeniyle çok düşük bit hızlarına sahiptir. Hem yüksek hem alçak frekanslı 2d-dp cm yöntemi ile kodlanmış tekrarsız bir zero ağacı birleştirilen, dalgacık etki alanında uygulanacak hızlı bir chip sıkıştırma şeması sunmuşlardır. Nesne algılama ve sıkıştırılmış algoritmalar, C/C++ ve performansı yazılım simülasyonu ile Hitachi'nin SH4 platformunu kullanıp değerlendirilerek uygulanmış ve olumlu sonuçlar sunmuşlardır. Yaser Sheikh ve diğ. [7], arka plan çıkarım algoritmaları olan bir sahnenin bölümleri hareketsiz olarak tanımlanır. Geleneksel olarak bu algoritmalar bir videoda zaman içinde değişen alanlar ve tespit edilen hareketli nesneler farz edilir. Yapılan çalışmada serbest hareketli bir kameradan videoya yakalanan, hareketsiz alanlarda uygulanan “çıkarma” kavramı sunmuşlardır. Arka planda en iyi düzeyin veya kamera merkezinin hareket boyunca sabit kalışını varsaymamışlardır. Bu metot sahnenin açık bir 3D rekonstrüksiyon ihtiyacı olmadan 2D görüntü ölçümlerini kullanarak çalışmaktadır. Arka planın seyrek modeli, video üzerindeki belirgin özellikleri yörüngelerden kaynaklanan kompakt bir yörünge, güçlü bir tahmin edici tarafından inşa edilir ve arka plan, temel olarak yayılmış alan içerisinde uzanan yörüngeleri kaldırarak çıkarmaktır. Ön ve arka plan görünüm modelleri inşa edildikten sonra, ön yada arka plan etiketlenmesine en uygun akıllı bir piksel, sonradan ortaya çıkan verimli bir maksimize fonksiyon

tarafından elde edilir. Rita Cucchiara ve diğ. [8], yaptıkları çalışmada genel amaçlı bir metot olan istatistiksel varsayımların bir bileşimidir yani görünen nesneler (hayaletler), önceki karelerin süreçlerinden elde edilen hareketli nesne seviye bilgisini önerir. Hareketli nesnelere ait olan pikseller, hayaletler ve gölgeler nesne tabanlı seçici güncellemeyi sağlamak amacıyla farklı bir şekilde işlenmiştir. Önerilen yaklaşım; renk tespiti için de kullanılır. Hem arka plandaki çıkarım hem de nesne segmentasyonu ile gölge tespitini açıklar. Bu yaklaşım, arka plan değişikliklerinin piksel doğruluk ve tepkime bakımından; hızlı, esnek ve hassas olduğunu kanıtlar. Ashit Talukder ve diğ. [9], hareket mekanizmasını platformdan alan gerçek zamanlı objelerin çoğu oluşan özellikleri veya varsayılan düz nesne yapılarını kullanır. Son zamanlarda, gerçek zamanlı yoğunluk stereo gerçek zaman içeren ve daha fazla anlaşılır hareket manzara analizleri geliştirilmiştir. Bu çalışmada algoritmalar büyük oranda yoğun akış ve yoğunluk stereo hareketinin robotlarda 6DOF robot hareketiyle tanımlanmışlardır. Robot kendisi hareket ederken başka hareket eden nesneleri belirlemek için daha sonra ses yoğunluğunu ve bireysel hareket tahminini kullanılmıştır. Bağımsız hareket eden nesneler ve genel 6DOF robot hareketi altında insan hareketinin tespit edilmesi ve gerçek bireysel hareket tahmini sonuçları sunulmuştur. Bu sistem 1.4 ghz'lik Pentium işlemci bulunan sistemde 18.3 hertz ve 160*120 çözünürlük haritalarında ve optik akış (takip) alanlarında bireysel hareket ve hareket eden nesnelerde çalışır. Hareketli robotlar için sınırsız sahne analizinde gelişmiş GPS'lerin bulunmadığı ortamlarda önemli bir adım olduğu tespit edilmiştir. Jinman Kang ve diğ. [10] görüş açısının zor olduğu durumlarda kamera hareket ettirerek, 3 boyutlu manzara gözlemi yapılarak yani bağımsız olarak hareket eden nesneleri belirlemek ve takip etmek için yeni bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Bağımsız hareket eden bölgelerde veya görüş açısındaki bölgelerde hareketli nesnelerin tespitinde sınırlandırılmış 2 geometrik analiz yapılarak belirlenmiştir. Bunlar; yaygın olarak kullanılan kutuplaşma baskısı ve yapısal hareket baskısıdır. İkinci baskı, kuş bakışı çalışma alanında ve ikili doğrusal ilişki yoluyla, yaklaşık görüntünün onun olağan derinliğine getirilmesiyle gerçekleşir. Bu yeni elde edilen ilişki üçlü doğrusal tensorle ilişkilendirilir. Ama 3 çerçeveden daha fazla çerçeveye de uygulanabilir. Yani sahneye sabit yerden bakmak ve böylelikle elle kullanımını ortadan kaldırmak anlamına gelmez. Sınırlandırılmış görüş açısı şeması, piksel sınıflandırılması için olası haritanın tahmini yeni geometrik baskı hatalarını hesaplamayı gerektirir. Olası harita çalışma alanı uzaysal zamansala dayanır. Buda *JPDAF* (ortak olası veri birleştirme filtresi) ile birleştirilmiştir. Hareket eden nesnenin yörünge alanı ve yörüngesi, sabitlenmiş

tampon ölçüsüyle uygun yola en yüksek bağlanabilme olasılığını gösterir. Görüş açısının önemli olduğu yerlerde önerilen yaklaşımların performanslarını gerçek video aralığında gösterebilir. Rita Cucchiara ve diğ. [11], video gözetim ve trafik analiz sistemleri; vizyon tabanlı teknikleri kullanarak ayırtırmak, yönetmek ve sahnedeki nesneleri belirlemek için büyük ölçüde geliştirilebilir. Buna rağmen gölgeler yüzünden problemler ortaya çıkabilir. Özellikle, hareket eden gölgeler gerçek yerlerini, ölçümelerini ve hareket eden nesnelerin saptanmasını etkileyebilir. Bu çalışma hareketli nesnelerin saptanmasında ve izlenmesinde nesnelerin belirlenmesinde ve gizlenmesinde kullanılan bir tekniği göstermeyi amaçlamaktadır. Gölge saptanmasındaki çoklu yenilik, gölgedeki açıklığı geliştirmek için HSV renk boşluğunda gerçekleştirilen bir analizdir. Önerilen sinyal işleme ve optik uyarlama yaklaşımı tanımlanmıştır. Birleştirilmiş ve ayırtırılmış gölge saptama sisteme module edilmiş, belirtilmiş ve geçerli sonuçlar gösterilmiş ve geliştirilmiştir. M. Van Droogenbroeck ve diğ [12], devinim sezimi çoğu video merkezli uygulamalarda önemli bir rol oynar. Devinim tespit etme olasılığında birçok yoldan biri de arka plan çıkarmayı içerir. Bu çalışma ViBe adı verilen özel bir teknik olan arka plan çıkarma için gerçekleştirilen deneyleri tartışır. Bu teknik arka planı her piksel için bir grup örnekle modeller ve yeni çerçeveleri bir pikselin arka plana mı ön plana mı ait olduğunu belirlemek için piksel piksel karşılaştırır. Orijinal sürümünde, ViBe'nin kapsamı arka plan modellemesiyle sınırlıdır. Bu çalışmada, iç sınırların etrafındaki yayılmanın engellenmesi, güncelleme ve bölümlendirme maskeleri arasındaki farklılık ya da çıktının işlenmesi, örneğin; “bağlı öğeler üzerindeki birkaç işlem” gibi ViBe'nin çalışmasını değiştiren bir dizi değişiklik tanıtılmıştır. Çalıştay alanında sağlanan video serisi için elde edilen deneysel sonuçlar, önerilen değişikliklerdeki gelişmeleri geçerli kılar. Peter Dunne ve diğ.[13], yerleşmiş nesne sezimine, arka plan görüntüsü yapmaya ya da nesne modellemesine bağlı olmayan bir yaklaşım sunmuşlardır. Görsel sinyal işlemcisinde yedek işlem kapasitesi kullanan, kamera gömülü yazılım aracılığıyla çalışmak için tasarlanmıştır. Yerel geçici farklılık değişim detektörü ve olası izlenebilir nesneleri muhtemelen tespit edebilen ve partikül filtre iz sürücüsünün başlatılabileceği tespit edilen nesne noktasına bunları kullanır. Isaac Cohen ve diğ[14], hareket eden nesnelerin buluş ve takip problemini, hareketli bir hava platformundan elde edilen bir video akımında belirleriz. Önerilen yöntem, geçici uyumu kuvvetlendirerek hareket eden her nesnenin, bir dinamik şablonunu üretmeye ve bunu sürdürmeye izin veren hareketli nesnelerin grafik sunumuna dayanır. Yaklaşımlarında kullanılan grafik sunumla beraber çıkarılan bu şablon, bir grafikteki nesnelerin

yörüngelerini en uygun yöntem olarak karakterize edilmesini sağlar. Önerilen seri, kısmi kapatmalarla uğraşılmasına, çok zor durumlarda hareketin sağlanmasına ve durdurmamıza izin verir. Sonuçlar, pek çok farklı gerçek durumlarla kanıtlanır. O zaman, sonuçları ölçmek ve takibin var olan hatalarının üzerinden nasıl geleceğini göstermek için bir değerlendirme metodolojisi belirlenebilir. William B. ve diğ.[15], hareket eden nesnelerin sezimi birçok açıdan önemlidir. Bu çalışma ilk olarak görsel akış temelinde hareket eden nesnelerin sezimini inceler. Bu durum gerçekçi durumlarla sonuçlandırılabilir, görsel bilgiyi kullanmanın tespiti tek başına oldukça zordur. Kamera hareketi veya görüntü yapısı hakkındaki ek bilginin ulaşılabilirliği büyük ölçüde sorunu basitleştirir. Tekniklerin iki genel sınıfı incelenmiştir. Birincisi, epipolar hareket kısıtlama üzerine temellendirilmiştir. Dönüşümsel hareket ışınsal olarak “odaklanma genişlemesinden” gelişen bir akış alanı üretir. Epipolar metodlar kamera dönüşümü ya da rotasyonu hakkında en azından kısmi bilgi sahibi olmaya dayanır. Metodların ikinci türü gözlenen optik akışların derinlik hakkında başka bilgiyle, örneğin stereo görüşüyle karşılaştırılmasına dayanır. Bu tekniklerin birçok örneği sunulmuştur. Yiğithan Dedeoğlu [16], nesne bulma, sınıflandırma ve takip etme yeteneklerine sahip bir “akıllı” video gözetim sistemi sunmuştur. Sistem sabit bir kameradan elde edilen renkli ve renksiz görüntüler üzerinde çalışabilmektedir. İç ve dış mekanlarda değişen ışık koşulları altında çekilen video görüntülerinde yer alan nesneler bulunabilmektedir. Nesne sınıflandırma algoritması bulunan nesneleri şekillerinden ve nesne takip etme algoritmasından yararlanarak önceden tanımlanmış olan insan, insan grubu ve araç gibi sınıflara ayırabilmektedir.

2. RENK UZAYLARI VE VIDEO

Rengin doğadaki kaynağı güneştir. Rengin fiziksel bir olayla beyaz ışığın parçalanmasından oluştuğunun bilimsel olarak ilk kanıtını 1670 yılında Isaac Newton yapmıştır. Karanlık bir odaya açılan bir açıklıktan içeriye verilen güneş ışınlarının bir prizmadan geçirilerek; beyaz bir perdeye düşürülmesi sonucu; mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renkler görülmüştür. Günlük hayatta kullandığımız sayısız renkler aslında temel renklerden olan kırmızı, yeşil ve mavinin belli oranlarda karıştırılması ile oluşur. Bu üç rengin aynı parlaklık seviyelerinin toplanmasıyla gri renk elde edilirken saf hallerinin toplanmasıyla beyaz renk elde edilir. Bölütleme ve hareketli nesnelerin tespit algoritmaları bu renkleri doğrusal veya doğrusal olmayan dönüşüm yöntemleri ile çeşitli renk uzayları oluştururlar. Bu dönüşümdeki amaç renkleri sayısal olarak daha işlenebilir hale getirip görüntüdeki renkleri ve dokuları elde etmektir. Ancak görüntüleri daha iyi ve etkili işlemek için renklerin hangi renk uzayına dönüştürüleceği hala net değildir. Bazı görüntülerde iyi sonuç veren bir renk uzayı başka görüntüde aynı başarıyı sergileyememektedir. Bunun için renk uzayı seçimi hala görüntü işleme zorlukları arasındadır [17].

Bir rengi uzayda temsil etmek için genel olarak şu öğeler kullanılır: temel renk bileşenleri, parlaklık, renk tonu ve doygunluk[18].

Her görüntüleme ve işleme cihazlarının kullandıkları farklı renk uzayları vardır. Örneğin televizyon, bilgisayar monitörleri ve tarayıcılar RGB renk uzayını, yazıcı ve çiziciler CMY((Cyan-Magenta-Yellow) renk uzayını kullanır. Renk uzayları genel olarak cihaz bağımlı ve cihaz bağımsız renk uzayları olarak iki gruba ayrılır. Cihaz bağımlı renk uzaylarında renkler cihazın özelliklerine bağlı olarak üretilir. Yani tamamen cihazın teknik özelliklerine bağlıdır. Cihaz bağımsız renk uzayları ise CIE (Commission Internationale de L'Eclairage: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından geliştirilen ve bütün renkler için renk ölçümünü sağlayan yani renkmetride (Colorimetry) kullanılan uzaylardır.

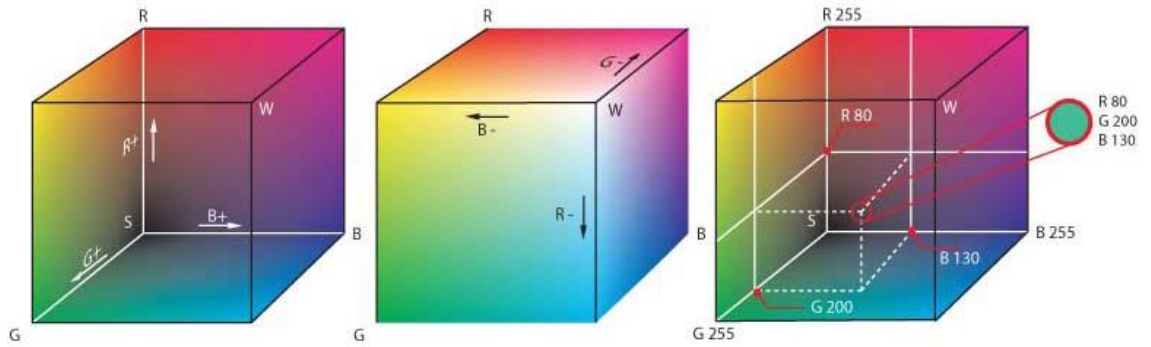
Colorimetry kanunları şu şekildedir [18]:

- Herhangi bir renk bu üç temel renk ile oluşturulabilir ve bu üç rengin oluşturduğu bileşim tekdir.
- Eğer iki renk eşit ise, bu rengin her üç bileşeni aynı sayı ile çarpılır ya da aynı sayıya bölünse bile bu renkler yine eşit çıkacaktır.

- Bir renk karışımının parlaklığı, her bir rengin parlaklıklarının toplamına eşittir.

2.1. RGB Renk Uzayı

RGB, televizyonlar ve dijital kameraların sahip olduğu görüntüler için en yaygın kullanılan modeldir. Video monitörleri, renkli görüntüleri görüntünün her bir pikselinde bu üç temel rengin yoğunluklarını ayarlayarak görüntülerler. RGB, renk gösterimi için uygundur fakat renk bileşenleri arasındaki yüksek bağımlılıktan dolayı renkli görüntü bölütleme ve analizi için uygun olmayabilmektedir. Yüksek bağımlılık ile anlatılmak istenen, eğer yoğunluk değişirse tüm bu üç renkte yoğunluklarının buna bağlı olarak değişeceği bilgisidir. Ayrıca, RGB uzayındaki bir rengin ölçümü tek bir ölçekte renk farklılıklarını göstermez ve bu nedenle RGB uzayındaki mesafe farkından iki rengin benzerliğini değerlendirmek imkansızdır.



Şekil 2.1. RGB renk uzayının üç boyutlu küp şeklinde gösterimi

Tablo 1. Küp köşegenlerinde elde edilen renk tonları[19].

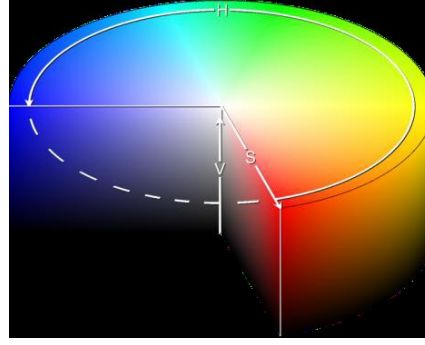
	Aralık	Beyaz	Sarı	Camgöbeği	Yeşil	Eflatun	Kırmızı	Mavi	Siyah
R	0-255	255	255	0	0	255	255	0	0
G	0-255	255	255	255	255	0	0	0	0
B	0-255	255	0	255	0	255	0	255	0

2.2.HSV

HSV (*Hue Saturation Value*) renk uzayı, bir renk paleti ya da yelpazesinden renklerin seçilmesi için sıklıkla kullanılan bir renk uzayıdır. HSV renk uzayı RGB renk uzayına oranla insanların renk ayırt etme yeteneklerine daha yakındır. Hue değerinin sıfırdan bire doğru değişmesi, rengin kırmızıdan sarı, yeşil, yeşilimsi mavi, mavi ve morumsu kırmızıya ve nihayetinde de kırmızıya değişmesi anlamına gelir ki bu durumda kırmızı değeri gerçekte 0 ve 1 değerini almaktadır. *Saturation* (doygunluk) değerinin sıfırdan bire değişmesi renklerin (*hue*) doygun olmayan formdan (gri tonları) tam doygunluğa (beyaz bileşen içermemesi) erişmesi anlamına gelmektedir. *Value* yani parlaklık (*brightness*) değerinin sıfırdan bire değişmesi renklerin artan ölçüde parlak hale gelmesini ifade etmektedir[20].

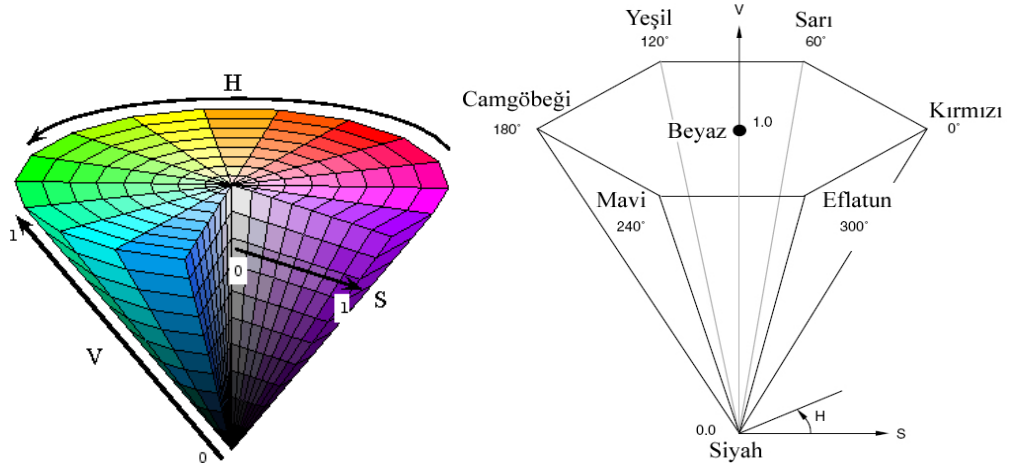
2.2.1. HSV' nin Gösterimi

HSV uzayı, ilk tanımlandığı zamanlarda konik bir biçime sahipti. Ancak sonraki yıllarda, gerçek zamanlı geçerli koordinat denetimi için zamanın bilgisayarları yeterli olmadığından silindirik biçimine dönüştürüldü. Açmak gerekirse, konik biçimde, aydınlık düzeyi azaldıkça koninin genişliği azalır, dolayısıyla, insan görüşüne uygun olarak, düşük aydınlıkta algılanabilen farklı doygunluk düzeyleri de azalır. Diğer yandan, silindirik biçimi ile sıfır aydınlık düzeyinde bile yüksek doygunluk düzeyleri tanımlanabilir ve böylece geçersiz renkler elde edilebilir. Dolayısıyla görüntü işleme uygulamalarında konik biçimi tercih edilirken, renk seçimi görevlerinde silindirik biçimi kullanılma eğilimini gösterir.



Şekil 2.2. HSV renk uzayının silindir biçimli gösterimi

Şekil 2.2.'de altıgen huni şeklinde HSV renk uzayını göstermektedir. Altıgen huninin en alt kısmı siyah yani $V=0$ 'dır, tepesi ise $V=1$ yani beyaz renge karşılık gelmektedir. Bu konumda en yoğun renkler elde edilmektedir. Kırmızı 0° olmak üzere tamamlayıcı renkler H 'ye göre 180° karşılıklıdır. S ile gösterilen ve 0 ile 1 arasındaki değere *oran* denilmektedir. $S=0$ iken ve $V=1$ beyaz rengi ve V 'nin diğer değerleri ise grileri göstermektedir. $S=0$ iken H değerinin önemsiz olduğu görülmektedir. $V=1$ ve $S=1$ olduğunda da katıksız renkler görülmektedir. V değerini değiştirmeden S 'i azaltarak renge beyaz ekleyebilmek, S 'i değiştirmeden V 'yi azaltarak renge siyah eklemek mümkündür. Tonlar ise hem S , hem de V 'yi azaltarak elde edilebilmektedir



Şekil 2.3. Altıgen huni şeklinde HSV renk uzayı[21].

2.3. Video

Video; hareketi oluşturan sabit karelerin kaydedilmesi, işlenmesi, saklanması, bir yerden bir yere iletilmesi ve bu karelerin sıralanmasıyla görüntünün oluşturulması teknolojisine verilen isimdir [22]. Birçok çeşit ve uygulama tekniği olduğu halde video sinyalleri, temel olarak görsel bilgiyi bir noktadan başka bir noktaya taşıma yoludur. Bugüne dek çoğu video cihazı birincil olarak analog video için tasarlanmış ve sayısallaştırılmış video, düzenleme işlemleri gibi profesyonel uygulamalarla sınırlandırılmıştır [23].

2.3.1. Video Dosya Formatları

Temel olarak tüm video dosya formatları, karelerden oluşan video verisini kayıplı olarak saklayıp, daha sonra bir yazılım sayesinde videoyu tekrar oluşturan karelere dönüşüm yapılabilen dosyalardır.

2.3.1.1. AVI

AVI, Microsoft tarafından geliştirilen ve tanıtımı 1992’de yapılan çoklu ortam formatıdır. AVI dosyaları, eş zamanlı olarak video ve ses içeriğini saklamaktadır. AVI sanılanın aksine bir sıkıştırma formatı değil, bir dosya yapısı formatıdır [22]. AVI, Microsoft’un RIFF dosya yapısının özel bir uygulamasıdır. Bu yapı, Electronic Arts’ın 1980’lerin ortasında geliştirdiği IFF dosya yapısının bir kopyasıdır.

RIFF ve IFF dosyanın içeriğini chunk adı verilen veri blokları şeklinde tutar. Her veri bloğu 4 byte’lık başlık bilgisiyle ayırt edilir. İlk veri bloğu “hdrl” başlık bilgisine sahiptir ve bu blok videonun yapısı hakkında bilgileri içerir. İkinci veri bloğunun başlığı movi’dir ve videoyu oluşturan görüntü ve ses verisini içerir. “idx1” başlık bilgisine sahip veri bloğu ise tüm veri bloklarının adreslerinin indekslerini tutmaktadır [21].

Movi bloğunun içindeki data; sıkıştırılmamış veri blokları veya MPEG, Real Video, MPEG4 gibi sıkıştırma formatlarıyla sıkıştırılmış olabilir.

2.3.2.Video Sıkıştırma Formatları

Başlangıçta analog video sistemleri yaygın olarak kullanılmaktayken, ucuzlayan ve gelişen donanım maliyetleri, dijital videonun kullanılmasını olanaklı hale getirmiştir. Her ne kadar donanım maliyetleri düşse ve donanım kapasiteleri çoğalsa da, video verisinin sıkıştırmasız olarak bilgisayarlar ve dijital depolama aygıtları üzerinde saklanması ve iletilmesi olanaksızdır. Örneğin 360*288 çözünürlükte renkli, saniyede 25 kare içeren 1 saniyelik veri içeren sıkıştırmasız bir video dosyası ortalama 7MB yer kaplamaktadır (360x288x3x25) [22]. Bu sebepten dolayı, kayıplı sıkıştırma yöntemleri kullanılarak video verisinin dijital ortamlarda efektif olarak kullanılması sağlanmıştır.

Sayısallaştırılmış video yüksek kalitede ses ve resim gibi avantajlar sağlamanın yanında görüntü kalitesini uzun süreler boyunca koruyabilmektedir. Tüm pozitif özelliklerine rağmen video verisi, kapladığı alan bakımından geleneksel veriden farklılık göstermektedir. Sayısallaştırılmış video görüntüleri büyük miktarda yer kaplamaktadır ve iletim zorlukları bulunmaktadır. Sayısallaştırılmış bir video görüntüsünün gerçek zamanlı olarak iletilebilmesi için, bugünün imkânlarında bile çok yüksek sayılabilecek, yaklaşık 200 Mbps'lik bir bant genişliğine ihtiyaç duyulmaktadır [22].

2.3.2.1. Real Video

Real Video, 1997 yılında Real Networks şirketi tarafından geliştirilen ve temellerini H.263'ün oluşturduğu kayıplı sıkıştırma formatıdır. Bu format pek çok işletim sisteminde ve taşınabilir cihaz üzerinde çalışabilmektedir. Günümüzde internet üzerinden yapılan video yayınlarında popüler olarak kullanılmaktadır. Real Video 8. sürümüne kadar H.263 tabanlı sıkıştırma formatını kullanmıştır. 8. sürümden sonra kendi sıkıştırma formatlarını geliştirmeye başlamışlardır. RV10 ve RV20 H.263 tabanlı, RV30 ve RV40 Real Networks'ün patentli sıkıştırma formatlarıdır.

İlk Real Video sürümü RV10'u kullanırken Real Video 10, RV40'ı kullanmaktadır. Real Video'nun ilk sürümünde Iterated Systems'in Clear Video teknolojisi kullanılmış fakat sonraki sürümlerde bu teknoloji Real Video'dan çıkarılmıştır. Real Video; RealMedia dosyası üzerinden veya ag üzerinden Real Time akış protokolünü kullanarak görüntülenebilmektedir [3].

2.3.2.2. H.261

H.261, 1990 yılında ITU-T tarafından tasarlanmış ve pratiğe dökülebilen ilk video sıkıştırma formatıdır. Bu formatın asıl amacı video görüntüsünün ISDN hatları üzerinden iletebilecek boyutlara getirilebilmesidir. Her ne kadar 1984 yılında yayınlanan H.120, ilk video sıkıştırma standardı olsa da hayata geçirilememiştir (The International Telegraph and Telephone Consultative Comitee, 1990). MPEG çalışma grubunun oluşturduğu MPEG-1, MPEG-2 vb. formatların temelini H.261 oluşturmaktadır [3].

2.3.2.3. MPEG

Video verisinin kapladığı alan ve bant genişliği gereksinimlerinden dolayı sıkıştırılması gerekmektedir. Günümüzde neredeyse tüm video gösterici cihazlar depolama, bant genişliği ve daha da önemlisi, maliyeti düşürmek için sıkıştırma metotlarına dayanmaktadır. Video verisinin sıkıştırılmasında geleneksel verilere uygulanan yöntemler kullanıldığında yüksek sıkıştırma oranları yakalanamamaktadır.

Büyük miktarda görsel veri içeren sayısallaştırılmış video eşsiz bir yapıya sahiptir. 1988 yılında video dosyalarının sayısallaştırılması ve video dosyalarına özel, sıkıştırma yöntemlerinin standartlaşması için ISO tarafından MPEG standardı sunulmuştur. Bu standart adını Hareketli Görüntü Uzmanları Birliği (Moving Picture Experts Group; MPEG)'nin baş harflerinden almaktadır [11]. ISO/IEC'nin sayısal olarak kodlanmış ses ve görüntü temsili için standart geliştirmekten sorumlu çalışma birliğidir. Bu grubun çalışmaları sonucunda oluşturulan MPEG video sıkıştırma yöntemi günümüz video depolama ve iletiminin temelini teşkil etmektedir. Benzersiz ve yüksek sıkıştırma oranları MPEG video sıkıştırmasını vazgeçilmez kılmış ve video verisinin geleneksel verilerden farklı bir biçimde ele alınması durumunda ne kadar başarılı olunabileceğini göstermiştir [23].

MPEG video standartlarının temel yapısında kareler I, B, P olarak sınıflandırılarak B, P sınıfındaki kareler diğer karelerden oluşturulmaktadır. Bu her karenin tüm bilgisini saklamak yerine, I karelerinin tüm bilgisini saklayıp, B ve P karelerinin ise sadece farklarını saklayarak büyük ölçüde kayıplı sıkıştırma sağlamaktadır. Ayrıca saklanan karelerin içeriği DCT ile sıkıştırıldığından I karelerinin de boyutları düşürülmüştür [21].

Sıkıştırma işleminde, görüntü kareleri arasındaki değişimler analiz edilir ve bir MPEG kodlayıcı ile dosya boyları yaklaşık 1/200 oranında sıkıştırılır.

MPEG, bilgisayar ve TV ve radyo yayın sektörleri tarafından en geçerli standartlardan biri olarak kabul edilmiştir.

2.3.2.3.1. MPEG-1

MPEG-1 MPEG grubu tarafından standartları kabul edilmiş ses ve görüntü kodlama biçimidir. MPEG-1 görüntü biçimi VCD'ler tarafından kullanılır. Görüntü kalitesi VHS kasetlerinin bit oranına yaklaşıktır.

2.3.2.3.2. MPEG-2

MPEG grubu tarafından standartları kabul edilmiş ses ve görüntü kodlama biçimidir. ISO/IEC tarafından 13818 uluslararası standart olarak belirlenmiştir. MPEG-2 genellikle uydu yayınları ve kablolu televizyonlar dahil canlı yayınlar için ses ve görüntü sıkıştırmasında kullanılır. Ayrıca MPEG-2 bazı değişikliklerle DVD filmlerinin kodlanmasında kullanılabilmektedir.

2.3.2.3.3. MPEG 4

MPEG grubu tarafından geliştirilen ve geliştirilmesine devam edilen çoklu-iletişim görüntü kodlama standardıdır. MPEG-4 standardı, şu anda kullanılan MPEG-2 standardına göre daha yüksek sıkıştırma olanakları ve yeni kodlama araçları sunmayı amaçlamaktadır. MPEG-4 sesli ve görsel sayısal verilerin görüntü sıkıştırmasını tanımlayan metotlar bütünüdür. İlk olarak 1998 yılı sonlarında yayınlanmıştır ve ISO/IEC ile MPEG 'in ISO/IEC 14496 standardı olarak üzerinde uzlaştıkları bir grup ses ve görüntü kodlama formatı ile ilgili teknolojilerin standardizasyonunu ifade eder. Kullanım alanları arasında AV web dosyaları (gerçek zamanlı veri akışı), kompakt disk (CD), ses (telefon, videofon) ve televizyon yayınları sayılabilir [3].

MPEG-4 içinde bulunan pek çok özelliği uygulayıp uygulamamak yazılım geliştirinin seçimine bırakılmıştır. Bu durum, olasılıkla MPEG-4'ün hiçbir tam uygulaması olmadığı anlamına gelir. Bu durumu adreslemek için standart içinde, bir uygulamalar alt

kümesine özel belirli bir kabiliyetler grubunun tanımlanabilmesi amacıyla "profiller", "seviyeler" ve "bölümler" denilen kavramlar bulunmaktadır.

MPEG-4 uyumluluğunu destekleyen firmalar çoğu zaman hangi "bölüm" düzeyinde uyumluluk sağladıklarını açıklıkla ifade etmemektedir. Bilinmesinde fayda olan önemli bölümler MPEG-4 Bölüm2; DivX, Xvid, NeroDigital ve 3ivx gibi çözümler Quicktime 6 tarafından kullanılan gelişmiş basit profili ihtiva eder. MPEG-4 Bölüm 10; MPEG-4 AVC/H.264 ya da gelişmiş görüntü kodlama, x264 çözümleri, Nero Digital AVC, Quicktime 7. HD DVD, Blu-ray gibi yeni kuşak DVD formatları tarafından kullanılır [21].

Başlarda MPEG-4 öncelikli olarak düşük bit-oranlı görsel iletişim için tasarlanmasına rağmen zaman içinde daha fazlasıyla bir çoklu ortam kodlama standardı olacak şekilde kapsamı genişletilmiştir. Saniyede birkaç kilobitten onlarca megabite kadar değişen veri hızlarında etkili olarak çalışmaktadır.

MPEG-4 aşağıdaki işlevsel özelliklere sahiptir[21]:

- Geliştirilmiş kodlama verimi
- Görüntü ve ses ihtiva eden karma ortam verilerini kodlayabilme yeteneği
- Sağlıklı veri nakli için hatalara karşı elastikiyet
- Almacıta oluşturulan sesli ve görsel sahneyle etkileşim olanağı

3. NESNE TAKİP YÖNTEMLERİ

Nesne takip problemi, video görüntüleri içerisinde hareket etmekte olan bir nesnenin gerçekleştirdiği hareket planının tahmin etme zorluğudur. Daha teknik bir ifadeyle, ardışık video imgelerinin analizi sonucunda hareketli nesnelerin algılanarak her bir nesneye eşsiz bir etiket (örneğin numara) verme işlemidir [24]. Bu problem, deterministik olmayan polinom (NP) tipinde bir problemdir ve problemin çözümünü zorlaştıran etkenler aşağıda listelenmiştir[25];

• 3-boyutlu gerçek nesne görüntülerinin 2-boyutlu imge alanında sunulması ile meydana gelen veri kaybı

- İmgelerdeki görüntü bilgisinin yanında gürültü içermesi
- Video çekimi esnasında ani ışık değişimlerin yaşanması
- Arka plan görünüm bilgisinin değişken olması
- Nesne hareketlerinin karmaşık oluşu
- Nesne şekillerinin karmaşık oluşu
- Bazı nesnelerin ayırt edilebilir fiziksel bir yapıya veya renge sahip olmayışı
- Nesne görüşlerinin engellenmesi
- Nesne görüşlerinin bozulması
- Gerçek zamanlı uygulamaların gereksinimleri

Belirtilen bu zorlukları giderebilmek ve tahmin edici bir takip işlemi gerçekleştirebilmek için literatürde fazlaca yaklaşım önerilmiştir. Farklı işlevsel özelliklere sahip bu yaklaşımların doğru anlaşılabilmesi ve geliştirilebilmesi için bir sınıflandırma yapılmıştır. Önerilen her bir nesne takip yöntemine aşağıdaki dört soru yöneltilmiştir;

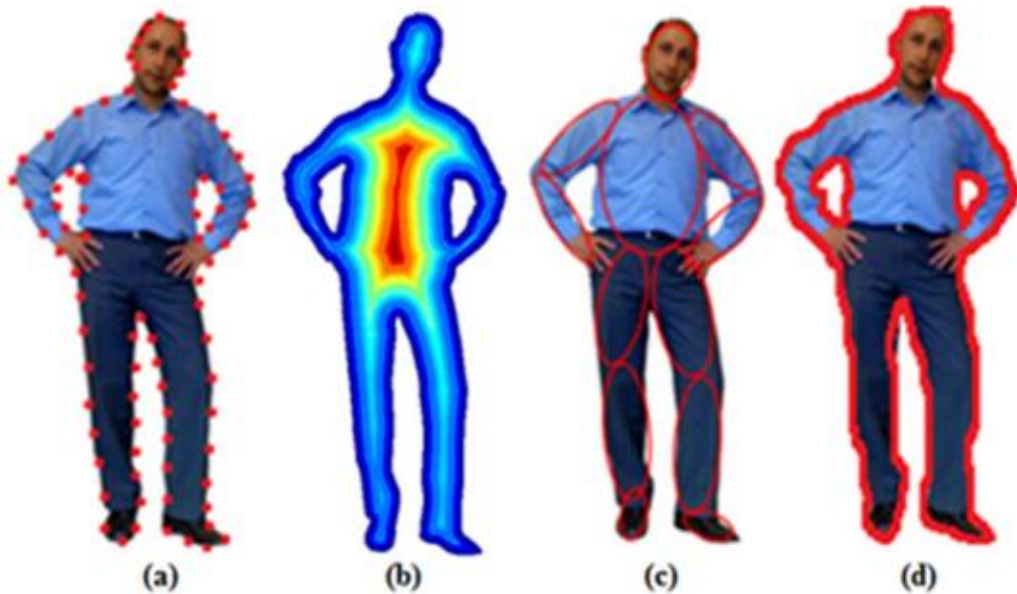
- 1) Takip edilen nesne için hangi nesne sunumu seçilmiştir?
- 2) Takip edilen nesnenin ayırt edici özellikleri nelerdir?
- 3) Takip edilen nesnenin ilk pozisyon tespiti nasıl gerçekleştirilir?
- 4) Başlangıç pozisyonu bilinen bir nesnenin imgeler boyunca takibi nasıl gerçekleştirilir?

Nesne takip edicilere yöneltilen bu dört sorunun ilk üçü; nesne sunumu, özellik seçimi ve nesne yakalama konuları ile ilgili olmasına karşın sonuncu soru doğrudan nesne takibi ile ilgilidir. Ancak; bir nesne takip edicinin tasarlanabilmesi için sırasıyla nesne sunumu, özellik seçimi, nesne yakalama ve nesne takibi aşamalarının titizlikle belirlenmiş

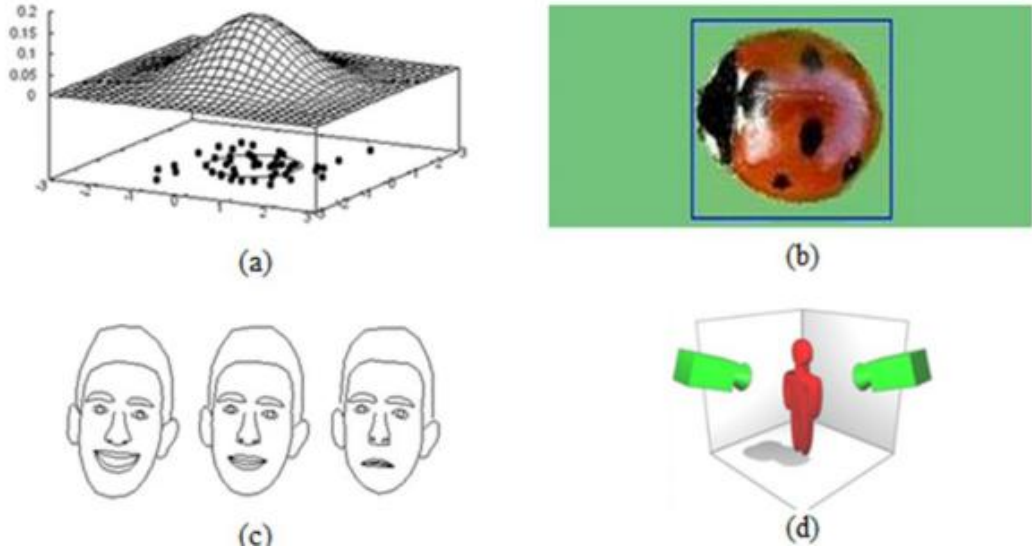
olması gerekir[3]. Çünkü bu aşamaların başarısı nesne takip edicinin başarısını doğrudan etkilemektedir.

3.1. Nesne Sunumu

Nesne sunumu ile nesne takibi arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Nesne sunumu, takip edilecek nesnenin şekil ve görünüm bilgilerinin nasıl ifade edileceğini belirler. Örneğin, yerdeki karıncaları, gökyüzündeki kuşları, inşaat, sanayi, vb. yerlerde çalışan insanları veya insan beyni üzerindeki tümörü, bağımsız bir nesne olarak ifade edebilmek için bu nesnelere ait şekil ve görünüm bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Nesnelere ait şekil ve görünüm bilgileri farklı şekillerde ifade edilmektedir [26]. Literatürde sık kullanılan nesnenin şekilsel sunum türleri şunlardır: 1) Noktasal sunum [27, 28]; 2) Geometrik sunum [29]; 3) Siluet veya dış hat sunumu [30-31]; 4) Yapay modellenmiş sunum [32]; 5) iskelet sunumu [33]; 6)Seviye kümesi sunumu [109, 110]. Şekil 3.1.'de sık kullanılan şekilsel sunum türleri gösterilmektedir. Literatürde sık kullanılan nesnenin görsel sunum türleri şunlardır: 1) Olasılık yoğunluğu [34-35]; 2) Şablonlar [36]; 3) Aktif şekil/görünüm modelleri [37-38]; 4) Çoklu görüş modelleri. Şekil 3.2.'de literatürde nesne takibi alanında sık kullanılan görsel sunum türlerinden birkaç tanesi gösterilmiştir.



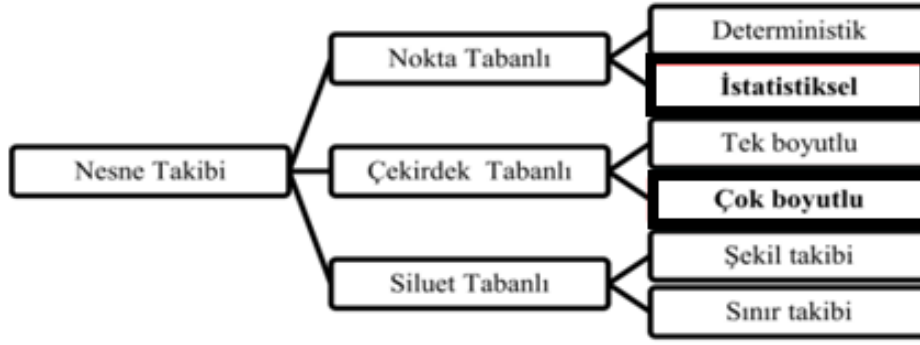
Şekil 3.1. Sık kullanılan Şekilsel sunum türleri (a) İşaretçi sunumu (b) Seviye kümeleri sunumu (c) Yapay model sunumu (d) Dış hat sunumu.



Şekil 3.2. Sık kullanılan görsel sunum türleri **(a)** Olasılık yoğunluğu **(b)** Şablonlar **(c)** Aktif Şekil/görünüm modelleri **(d)** Çoklu görüş modelleri.

3.2. Nesne Takip Yöntemleri

Nesne takip yöntemleri, genel özellikleri bakımından nokta tabanlı, çekirdek tabanlı ve silüet tabanlı olmak üzere üç başlık altında gruplandırılmıştır [26]. Nesne takip yöntemleri literatürde çok farklı uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Örneğin; şüpheli hareketlerin veya aniden ortaya çıkan hareketlerin tespit edilebilmesi için sabit bir ekran görüntüsünün izlenmesi [39]; çoklu ortam veritabanında bulunan videolara hızlı bir şekilde ulaşılabilmesi [40]; insan vücut uzuvlarının takip edilerek ortaya konulan hareketler ile ilgili bilginin üretilmesi [32,33]; trafik akış yoğunluğunun belirlenerek sürücünün bilgilendirilmesi veya trafikte seyir halinde olan araçların takibi [40, 41]; aracın kullanıcısız veya yol çizgilerini takip edebilmesi [42] gibi birden fazla değişik alanda nesne takip yöntemlerinin uygulamalarını görmek mümkündür.



Şekil 3.3. Nesne takip yöntemlerinin sınıflandırılması [26].

3.2.1. Nokta Tabanlı Nesne Takibi

Nokta tabanlı takip yöntemleri iki adımdan oluşmaktadır [27]; 1) Her bir objenin tek bir nokta ile ifade edilmesi (nesne yakalama); 2) Belirlenen noktalar ile önceki imgede tespit edilen noktalar arasındaki nokta benzerlik değerlerinin hesaplanması (veri bağı problemi). Nesnelerin nokta ile ifade edilebilmesi için başlangıç pozisyon bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için harici bir nesne yakalama yöntemi kullanılmakta veya kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Nokta benzerliğinin kurulabilmesi işlemi, özellikle obje görünümünün kaybolması, yanlış nesnelerin belirlenmesi, nesnenin imgeye ilk giriş/çıkışı gibi durumlarda karmaşık bir hale dönüşebilir. Nokta benzerlik probleminin çözümü için önerilmiş yöntemlerini genel olarak iki başlık altında incelenmektedir: 1) Belirleyici yöntemler; 2) İstatistiksel yöntemler. Belirleyici yöntemler, benzerlik problemini sınırlamak için hareket bilgilerini kullanır. Diğer taraftan istatistiksel yöntemler, nesne ölçümlerini kullanarak nokta benzerliğinin kurulmasında belirsizlikleri (gürültü değerlerini) göz önüne alır.

3.2.1.1. Belirleyici Yöntemler

Belirleyici yöntemler, $(t - 1)$ anında imgede bulunan herhangi bir nesneyi t anında bulunan tek bir nesneye bağlama maliyetini (benzerlik maliyeti) tanımlamaktadır [28]. Bu işlemi yaparken nesne hareketleri üzerinde gerekli sınırlamalar yapılmaktadır. Örneğin; nesnelerin birbirlerine göre uzaklıkları, maksimum veya minimum hızları, sertlik ya da yumuşaklık özellikleri gibi bilgiler nesne hareketlerini doğrudan etkilemektedir. Benzerlik

maliyetinin en aza indirgenmesi, optimizasyon problemi olarak formüle edilmektedir. Literatürde en çok kullanılan optimizasyon algoritmalarına Hungarian [44] ve greedy algoritması [44] örnek olarak verilebilir.

3.2.1.2. İstatistiksel Yöntemler

İstatistiksel yöntemler, nesne takip probleminin çözümünde kullanılabildiği gibi zamanla değişim gösteren herhangi bir sistemin durum tahminini gerçekleştirmek için de **kullanılabilmektedir**. Örneğin, nesne sınırlarının izlenmesi, hareketlerinin algılanması, hareket yapılarının belirlenmesi gibi sistemlerde istatistiksel yöntemler fazlaca kullanılmaktadır [45].

Gerçek ortamlardan elde edilen video kayıtları gürültü bilgisini içermekle birlikte takip edilen nesne birtakım istenmeyen etkilere maruz kalabilir. Tüm bu olumsuzluklara rağmen, istatistiksel yöntemler, nesnenin durum tahminini hesaplayabilmek için güncel ölçüm değerlerini ve model belirsizliklerini kullanabilmektedir. Nesnenin güncel imgedeki pozisyon, hız veya ivme verileri ölçüm bilgisi olarak kullanılmaktadır.

Nesne takip problemlerinin çözümünde istatistiksel yöntemlerin nasıl kullanıldığını doğru anlayabilmek için problemi net bir şekilde tanımlamak gerekmektedir. Ekranda hareket eden bir nesne varsayalım. Takip edilecek nesnenin durum bilgisi $X^t: t = 1, 2, \dots$ şeklinde bir dizi olarak tanımlanmaktadır. Zaman boyunca durum bilgisi üzerindeki değişim denklem 3.1.'de ifade edilmektedir [43].

$$X^t = f(X^{t-1}) + W^t \quad 3.1$$

Denklem (3.1.)'deki $f(\cdot)$, doğrusal olmayan sistem modelidir ve durum bilgisinin $(t - 1)$ anından t anına geçerken nasıl bir dönüşüme maruz kalacağını tanımlar. $W^t: t = 1, 2, \dots$ beyaz gürültüdür. Ölçüm verisi ile durum bilgisi arasındaki ilişki ise denklem 3.2.'deki gibi ifade edilir [43];

$$Z^t = h(X^t) + N^t \quad 3.2$$

Denklem (3.2)'deki N^t beyaz gürültüdür ve W^t 'den bağımsızdır. İstatistiksel yöntemlere dayalı nesne takip eden yöntemlerin temel amacı, t anına kadar ki tüm ölçüm

değerlerini göz önüne alarak X^t durum değişkenini tahmin etmektir. Yani, sonrasal olasılık yoğunluk fonksiyonu $p(X^t|Z^{1,...,t})$ değerini elde etmek demektir. Teorik olarak en uygun çözüm, problemi iki adımda çözebilen tekrarlamalı Bayesian süzgeci [44] yöntemini kullanmaktır. Bayes süzgeci, tahmin ve düzeltme olarak bilinen iki adım içermektedir. Tahmin adımı, dinamik bir eşitlik kullanmakta ve güncel durumun $t - 1$ anındaki öncesel olasılık yoğunluk fonksiyonu $p(X^t|Z^{1,...,t-1})$ değerini hesaplamaktadır. Düzeltme adımı ise, güncel ölçümün maksimum olabilirlik fonksiyonunu, yani $p(Z^t|X^t)$ 'i kullanmaktadır. Buna göre, sonrasal olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki denklem kullanılarak elde edilmektedir [43];

$$p(X^t|Z^{1,...,t}) = \frac{p(X^t|Z^{1,...,t-1})p(Y^t|X^t)}{p(Y^t|Z^{1,...,t-1})} \quad 3.3$$

Denklem (3.3.)'deki gibi $p(Y^t|Z^{1,...,t-1})$ değişkeni normalizasyon katsayısını göstermektedir. Görüntü içerisinde yalnızca tek bir nesnenin olması durumunda, nesnenin durum bilgisi, tahmin ve düzeltme adımı kullanılarak kolaylıkla elde edilmektedir. Diğer taraftan, imge içerisinde birden fazla nesnenin olması durumunda ise elde edilen ölçümler ile ilgili nesneler arasında gerekli bağlantıların kurulma ihtiyacı ortaya çıkar.

3.2.1.2.1. Tek Nesneli Durum Tahmini

İmge içerisindeki tek bir nesnenin takibi gerçekleştirilirken aşağıda belirtilen durumlarla karşılaşıldığında, kullanılabilecek en uygun çözüm Kalman süzgeci yöntemi [46, 47] tarafından sağlanmaktadır.

- f^t ve h^t fonksiyonları doğrusal olmalıdır.
- Nesnenin başlangıç durumu X^t Gauss dağılımına sahip olmalıdır.
- İşlem gürültüsü Gauss dağılımına sahip olmalıdır.

Yukarıda bahsedilen durumlardan herhangi birinin mevcut olmaması halinde en uygun çözüm Parçacık süzgeci yöntemi [58] tarafından sağlanmaktadır.

3.2.1.2.2. Kalman Süzgeci Yöntemi

Kalman süzgeci yöntemi, doğrusal sistemlerin durum tahminlerini gerçekleştirmek için kullanılmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta; sistem gürültüsünün Gauss dağılımına sahip olması gerekliliğidir. Kalman süzgeci yöntemi, Bayesian süzgeci yöntemi gibi tahmin ve düzeltme adımlarını içermektedir. Tahmin adımında, değişkenlerin yeni durum tahminini gerçekleştirmek için durum modelini kullanmaktadır [43].

$$\bar{X}^t = DX^{t-1} + W \quad 3.4$$

$$\bar{\Sigma}^t = DX^{t-1}D^t + Q^t \quad 3.5$$

Denklem (3.4) ve (3.5)'de kullanılan $\bar{X}^t$ ve $\bar{\Sigma}^t$ değişkenleri, t anındaki durum ve kovaryans tahminlerini vermektedir. Her iki denklemde kullanılan D değişkeni, t ile $t-1$ anındaki durum değişkenleri arasındaki ilişkiyi tanımlayan durum dönüşüm matrisidir. Q değişkeni, W gürültüsünün kovaryansıdır.

Düzeltilme adımında, güncel gözlem değeri (Z^t) nesne durumunu güncellemek için kullanılmaktadır. Buna göre Kalman süzgeci yönteminin düzeltme adımı aşağıdaki eşitliklerle tanımlanmaktadır [43];

$$K^t = \bar{\Sigma}^t M^t [M^t \bar{\Sigma}^t M^t + R^t]^{-1} \quad 3.6$$

$$X^t = \bar{X}^t + K^t \underbrace{[Z^t - M^t \bar{X}^t]}_v \quad 3.7$$

$$\Sigma^t = \bar{\Sigma}^t - K^t M^t \bar{\Sigma}^t \quad 3.8$$

Denklem 3.7.'deki v değişkeni, “Kalman yeniliği” olarak adlandırılmaktadır. M değişkeni ölçme matrisini göstermektedir. K , durum modelinin yayılımı için kullanılan kalman kazancıdır. Dikkat edilmesi gereken nokta, güncellenen X^t durumu yine bir Gauss dağılımını göstermektedir. Eğer f^t ve h^t fonksiyonlarının doğrusal olmadığı bir durum söz konusu olursa, o zaman bu fonksiyonlar Taylor seri açılımları kullanılarak doğrusallaştırılabilir. Bahsedilen bu süzgeç tekniği literatürde “Genişletilmiş Kalman” Süzgeci [49] olarak bilinir. Birkaç değişik versiyonu bulunan Kalman süzgeç yöntemi, veri

bağı problemi çözüldükten sonra çoklu nesnelerin takip edilebilmesinde kullanılabilmektedir [49].

3.2.1.2.3. Çok Nesneli Durum Tahmini

Kalman ve parçacık süzgeci yöntemleri, bir anda tek bir ölçüm değerinin olduğuna varsayım yapmaktadır. Yani bu süzgeç yöntemleri, imge içerisinde eş zamanlı sadece tek bir nesnenin durum tahminini gerçekleştirebilmektedir. Bu nedenle, çoklu nesnelerin takibi işlemi için veri bağı ve durum tahmini problemlerinin çözümünü bir arada gerçekleştirebilen yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır [50, 51]. Çoklu nesne takibi yönteminde, ölçüm değerleri kullanılarak tespit edilecek nesnelerin güncel durum vektörleri tahmin edilmektedir. Eğer ölçüm değeri üreten nesne sayısı sabit ise ve biliniyorsa, çoklu nesne takip problemi, tekli nesne takip problemine indirgenebilir.

Böylece, birbirinden bağımsız hedeflerin durum tahminleri için standart bir süzgeç algoritması (Kalman veya Genişletilmiş Kalman) kullanılabilir. Ancak, takip edilecek nesne sayısının bilinmesi, çok az görülen bir durumdur. Örneğin, sabit bir kamera yardımıyla karayollarında ki trafik akışının veya oyun bahçesindeki çocukların izlendiği düşünüldüğünde, kameranın görüş alan ortamı içerisine sürekli nesne giriş çıkışı olabilir. Bununla birlikte, takip edilen hedef nesnelerin üst üste gelmesi veya aniden ortadan kaybolması gibi durumlarla karşılaşılabilir. Bu nedenle, takibi gerçekleşecek hedef nesne sayısının ve ölçüm bilgisinin bilinmesi az rastlanan bir durumdur. Hedef sayısının belli olmaması veya zaman içerisinde bu sayının değişime uğraması, "veri bağı" veya "veri ilişkisi" probleminin ortaya çıkmasına neden olur. Böylece, nesne takip probleminin karmaşıklığı da artmış olur [51].

Veri bağı probleminin en basit çözümü, en yakın komşu yaklaşımıdır. Ancak takip edilen nesnelerin birbirlerine yakın olduğu durumlarda, en yakın komşu yaklaşımı uygun sonuç vermemektedir. Veri bağı problemi, nesne takibi işleminin başarısını doğrudan etkilemektedir. Literatürde veri bağı problemi için sunulan çözüm önerileri iki farklı sınıf altında toplanmaktadır: 1) Tüm Komşulu Veri Bağı (örneğin, JPDA); 2) Eşsiz Komşulu Veri Bağı. Bu yöntemlerin çalışma prensipleri arasındaki temel fark şu şekilde özetlenebilir: MHT’ de her bir ölçüm değeri, önceden oluşturulan izlerden sadece biri ile ilişkilendirilir. JPDA’da ise, tüm ölçüm değerleri, izlerin tamamını güncellemek için

kullanılır. MHT ve JPDA yöntemleri hakkında daha kapsamlı bilgi için [50, 51] numaralı çalışmalar incelenebilir.

3.2.1.2.4. Ortak Olasılıklı Veri Bağı

Bir nesnenin video imgeleri içerisinde gerçekleştirmiş olduğu hareket güzergâhını “iz” olarak adlandıralım ve N nesne için N tane iz’in olduğunu varsayalım. Bunun yanında t anında m tane ölçüm değerinin olduğunu ve bu ölçümlerin var olan iz’lere atanmak istenildiğini düşünelim. İz sayısının zaman ilerledikçe değişmeyeceği düşünülerek iz’ler ile ölçüm atamalarının bir kümesini η ile ifade edelim. $v_{i,l}$, l . iz ile i . ölçüm arasındaki yenilik değeridir ve bu durum aşağıdaki gibi ifade edilir [43];

$$v^l = \sum_{i=1}^{m_k} \beta_i^l v_{i,l} \quad 3.9$$

Denklem (3.9)’daki l . iz’e sahip nesnenin i . ölçüme ait sonrasal yoğunluk değeri β_i^l ile ifade edilir ve aşağıdaki gibi hesaplanır [43].

$$\beta_i^l = \sum_{\eta} P(\eta_l(k)|Z^t) \tau_{i,l}(\eta) \quad 3.10$$

Denklem (2.10)’daki, $\tau_{i,l}$, $i = 1, \dots, m_k$ ve $l = 1, \dots, N$ indekslerine bağlı hızlandırıcı değişkendir. Eğer $z_i(k)$ ölçümü l izi ile bağlantılı ise 1 diğer durumlarda 0 sonucunu üretir. Bu yöntemin en büyük dezavantajı, izlenecek nesne sayısının sabit olma zorunluluğudur. Ayrıca bu yöntem, veri bağı probleminin çözümü için sadece ardışık iki imge bilgisine ihtiyaç duyar.

3.2.1.2.5. Çoklu Hipotez Takibi

Veri bağı probleminin çözümünde ardışık iki imgenin kullanılması durumu, istenmeyen nesne ilişkilerinin elde edilme sorunun ortaya çıkma olasılığını artırır. Bunun yerine, nesneler arasındaki veri bağı ile ilgili bir karar verilirken güncel birkaç imgenin birlikte incelenmesi, daha doğru bir kararın verilmesinde etkili olmaktadır. Çoklu hipotez takibi algoritması [53], her bir nesne için birkaç muhtemel ilişkinin sürdürülebilmesi

anlayışına dayanmaktadır. Nesnenin nihai izi, zamanla elde edilen ilişkiler içerisindeki en büyük olasılık değerine sahip olan izlerin bir kümesidir. Algoritma, görüş alanına yeni giren nesneler için yeni izler oluşturabilir veya görüş alanındaki nesne izlerini yok edebilir. Aynı zamanda kısmi veya tam üst üste gelme problemine de çözüm sağlayabilir. Daha açık bir deyişle, nesne ölçümlerinden bazı bilgiler kaybolursa bile, nesneye ait izler sürdürülebilir.

Çoklu hipotez takibi algoritması tekrarlanan bir algoritmadır ve her bir adımda güncel hipotezlerden oluşan bir iz kümesi bulunur. Her bir hipotez, ayrı izlerin bir toplamıdır ve her biri için sonraki imgede bir tahmin yapılır. Daha sonra tahminler güncel ölçümler ile karşılaştırılır ve her bir hipotez için bir ilişki kümesi kurulur. Her bir yeni hipotez, yeni ölçümlere dayanan bir iz kümesini ifade eder. Dikkat edilmesi gereken nokta; herhangi bir güncel ölçüm değeri, görüş alanına yeni giren bir nesneye, daha önceden takip edilen bir nesneye veya sahte bir nesneye ait olabilir. Ancak her nesneye bir ölçüm atanmayabilir. Çünkü takip edilen nesne görüş alanının dışına çıkabilir veya bir nesneyle ilgili bir ölçüm elde edilemeyebilir. Bu durumda nesne kaybolabilir ya da gürültüden dolayı algılanamaz.

Çoklu hipotez takibi algoritması muhtemel tüm nesne bağlantılarını kapsamlı bir şekilde ifade etmektedir. Bu nedenle algoritmanın hafıza ve zaman tüketimi aşırı derecede fazladır. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için [54] numaralı çalışmada istatistiksel bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntem ile nesneler arasındaki her bir bağlantı, bağımsız bir rastgele değişken olarak düşünülmektedir. Böylece nesne ilişkileri düşük olan iz'ler göz ardı edilmektedir. Bunun sonucunda, hafıza daha verimli kullanılmış olacaktır. Ayrıca, çoklu hipotez takibi ile görüntüsü engellenen veya deforme olan nesnelerin takibi gerçekleştirilmektedir. Özellikle, kalabalık ortamlarda insan takibinin yapılabilmesi konusu, son yıllarda ilgi çeken bir çalışma alanı olmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalarda, görüş alanına giren her bir insana eşsiz bir numara verilir ve takip işlemi başlar. Sonraki ardışık imgelerde, kişiler ilk atanan bu numaralar ile ifade edilmektedir. Önerilen takip yöntemlerinin en önemli özelliği, insan görünümünün bir kısmının kaybolması (bir başka insan veya nesne tarafından engellenmesi) durumunda bile takip etme işleminin devam edebilmesidir.

4. ÖN PLAN NESNELERİNİN TESPİTİ

Bu bölümde, imge içerisinde hareket etmekte olan ön plan nesnelerinin dinamik olarak değişebilen arka plan görünümünden nasıl ayırt edildiği hakkında bilgiler verilmektedir. Buna göre, renkli video imgesinin her pikseli, dinamik arka plan çıkarım algoritmaları yardımıyla siyah/beyaz sınıflarından birine atanmaktadır. Elde edilen sonuç imgesinde, beyaz pikseller hareketli ön plan nesnelerini gösterirken siyah pikseller hareketsiz arka plan nesnelerini göstermektedir.

Ön plan nesnelerinin tespit yöntemleri tekrarlamalı ve tekrarlamasız olmak üzere ki başlık altında incelenmektedir [56]. Tekrarlamasız teknikler, ön ve arka plan nesnelerini ayırt etmek için kayan pencere yaklaşımını [57] kullanmaktadır. Bu yaklaşım ile boyutu belirlenmiş bir pencere, video imgeleri üzerinde gezdirilmektedir. Bu yaklaşımın dezavantajı, hafızaya yüklenmiş sabit sayıdaki video imgesi üzerinde çalışabilmesidir. Tekrarlamalı tekniklerde, geçmiş imgeler hafızaya yüklenmez ve tek bir arka plan modeli belirlenerek zamanla güncellenir. Bu sayede tekrarlamalı tekniklerin hafıza kullanımı çok daha iyidir. Literatürde farklı süzgeçleme teknikleri (Median, Kalman, Gauss karışımı) kullanılarak ön plan nesnelerinin tespiti yapılmaktadır. Kalman süzgeci yöntemi, arka plan modelini tek bir Gauss fonksiyonu ile ifade ederek bu dağılımın değişimini imgeler boyunca takip eder. Gauss karışımı yönteminde ise imgedeki her bir pikselin renk dağılımı için ayrı bir Gauss modeli kullanılmakta ve tüm modellerin eş zamanlı çalışması sağlanmaktadır

Klasik ön plan çıkarım yöntemlerinde piksel olasılığının hesaplanabilmesi için t anında RGB renk uzayındaki x^t pikselinin güncel renk değeri aşağıdaki gibi kontrol edilmektedir [43];

$$p(x^t|BG) > \epsilon \tag{4.1}$$

Denklem (4.1)'deki ϵ değişkeni, güncel eşik değerini göstermektedir ve çok küçük bir sabit değere sahiptir. Bu değerinin sabit olması, sınıflandırıcının birçok durumda istenilen sonucu üretememesine neden olur. Çünkü ortamın arka plan görünümü zamanla değişebilir (örneğin, ışık yoğunluğunun gün boyu değişebilmesi). Bu nedenle dinamik arka plan çıkarım tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır.

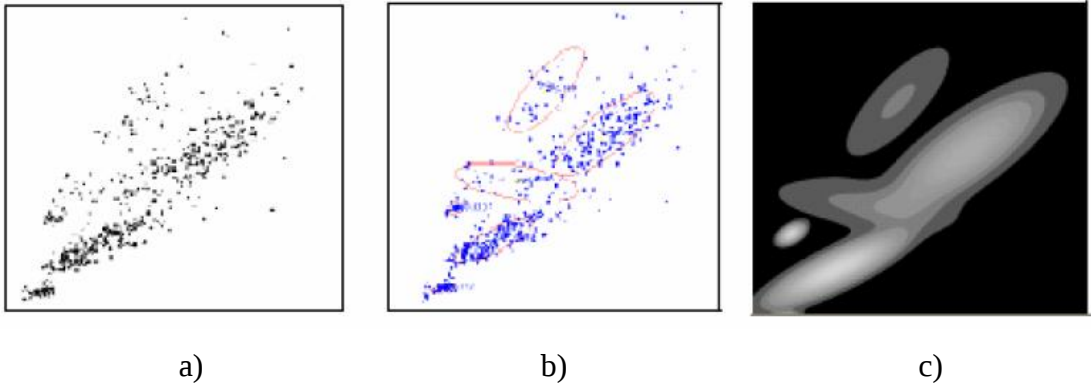
Geliştirilen çoklu insan takip yönteminde, piksel seviyesinde Gauss karışım modelini kullanan dinamik arka plan çıkarım yöntemi kullanılmıştır. Bahsedilen yöntemde, her bir piksel için olasılıksal bir model inşa edilmekte ve güncel imgenin piksel değerleri bu modeller kullanılarak sınıflandırılmaktadır. [57] numaralı çalışmada geliştirilen arka plan çıkarım tekniği imgedeki her bir piksel için bileşenli Gauss karışım modelini kullanarak sınıflandırma işlemini gerçekleştirmektedir. Bu karışım modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

$$p(x|X_T, BG) \sim \sum_{m=1}^B \pi_m \eta(x, \mu_m, \sigma_m^2) \quad 4.2$$

$$\eta(x, \mu, \sigma^2) = \eta([x_r, x_g, x_b], [\mu_r, \mu_g, \mu_b], [\alpha_r, \alpha_g, \alpha_b]^2)$$

$$\propto \exp \left[- \left(\frac{x_r - \mu_r}{\alpha_r} \right)^2 - \left(\frac{x_g - \mu_g}{\alpha_g} \right)^2 - \left(\frac{x_b - \mu_b}{\alpha_b} \right)^2 \right] \quad 4.3$$

Denklem (4.2)'de kullanılan μ_m ve σ_m değişkenleri sırasıyla GMM' nin ortalama ve varyans değerlerini ifade etmektedir. Denklem (4.2)'deki π değişkeni, GMM'de kullanılan bileşenlerin ağırlık değerlerini göstermektedir. GMM algoritmasında her piksel için gerekli olan bileşen sayısı otomatik hesaplanmakta ve π, μ ve σ değişkenleri uygun bir tekrarlı fonksiyon kullanılarak güncellenmektedir. Güncelleme işlemi, imge içerisindeki hareketsiz pikseller üzerinde gerçekleşmektedir. Bu sayede istenmeyen arka plan görünümü ön plan nesnelerinden ayrılmaktadır. Bu yöntemin yanında daha karmaşık arka plan çıkarım modelleri de mevcuttur [58].



a) Örnek bir biyolojik veri b) Bu verinin GKM ile bulunan sınıf sınırları
c) Verilerin sınıflara aidiyet dereceleri

4.1. BM Algoritması

BM algoritması, istatistiksel veri analizi , konuşma tanıma , gürültünün kaldırılması gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. BM algoritmasının geniş kullanılmasının nedeni her bir özyinelemeden sonra benzerlik fonksiyonu artışını garanti edip pek çok karışık kestirim problemleri için güçlü yapıya sahip olmasıdır.

4.1.1. Beklenti Adımı

Karışım modelimizin ilk tahminleri için, her bileşim dağılımındaki her veri noktasının kısmi üyeliği, her bir veri değeri üyelik değişkenleri için hesaplanan beklenti değerleriyle hesaplanır. Yani her bir veri noktası x_j ve dağıtım Y_i , için üyelik değeri $y_{i,j}$ dir.

$$y_{i,j} = \frac{\alpha_i f_Y(x_j; \theta_i)}{f_X(x_j)} \quad 4.4$$

4.2.2. Maximize Yapma Adımı

Grup üyelikleri için, eldeki beklenti değerleriyle, giriş yerleriyle ilgili kestirimler dağıtım parametreleri için yeniden hesaplanır. α_i karışım katsayıları, N veri noktaları üzerinde üyelik değerleri anlamına gelir.

$$\alpha_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_{i,j} \quad 4.5$$

θ_i bileşim modeli parametreleri üyelik değerleri kullanılarak ağırlıklandırılan, x_j veri noktalarını kullanılan beklenti maksimizasyonu ile hesaplanır. Örneğin; θ bir μ ortalamasıysa;

$$\mu_i = \frac{\sum_j y_{i,j} x_j}{\sum_j y_{i,j}} \quad 4.6$$

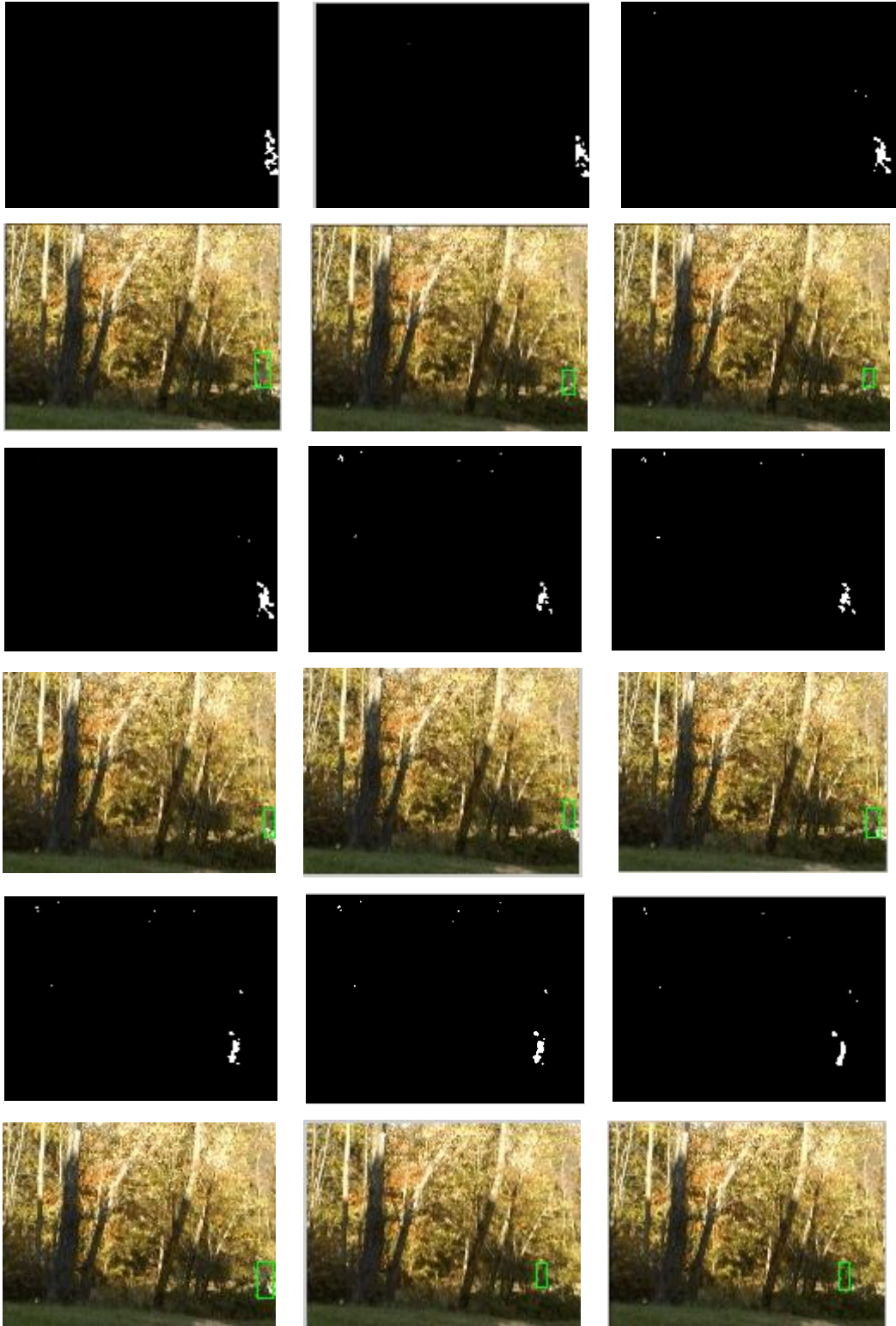
α_i ve θ_i 'ler için yeni kestirimlerle, Beklenti adımı, yeni üyelik değerlerini tekrar hesaplamak için tekrarlanır. Model parametreleri birbirine yaklaştıkça, tüm prosedür tekrarlanır.

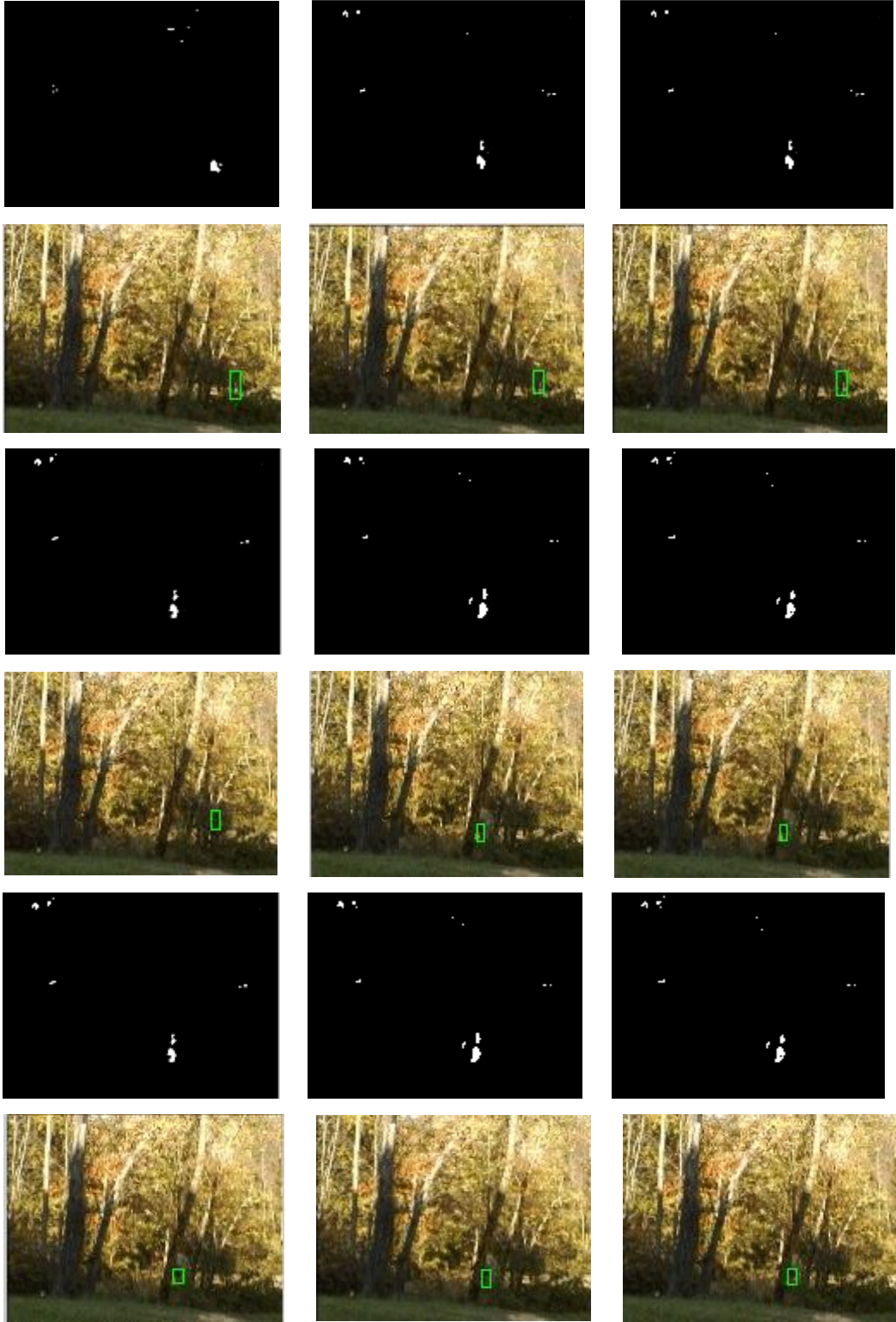
5. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölümde, önerilen nesne takip yöntemi MATLAB ortamında gerçekleştirilmiştir. Yazılımın test edilmesi için üç farklı video kullanılmıştır. Bunlar sırası ile “top” ve “yürüme” adlı iki farklı videodur. Fakat yürüme videosunun hem renkli hem de gri ton hali kullanıldığı için üç farklı video olmaktadır. Gerçekleştirilen tüm deneylerde gauss karışım modelinin gerek duyduğu beş adet üyelik dereceleri değerleri verilmiştir. Bunlar; video dizisinin başlangıcında arka plan modellemesi için gerekli eğitim çerçeve sayısı 150, eşik değeri 0.7, gauss sayısı 5, varyans değeri ise 0.0138408’dir. MATLAB iki farklı görüntü sunmaktadır. Bunlardan ilki Gauss karışım modeli sonucu elde edilen binary görüntüdür. İkincisi ise hareketin gerçek görüntü üzerinde gösterildiği gerçek video görüntüsüdür. Tespit edilen hareket gerçek video görüntüsü üzerinde yeşil renkli bir dikdörtgen kutu ile gösterilmiştir. Hareket eden nesnelerin gösterilmesini sağlayan yeşil renkli dikdörtgen kutu için; alan ve sınırlayıcı kutu çıkışları tek, videoya giren etiketli bölgelerin maksimum sayısı 250, minimum kutu alanı piksel cinsinden 100, maksimum kutu alanı ise 3600 piksel olarak atanmıştır. Hareket tespiti için gerekli olan istatistiksel veri analizi BM algoritmasıyla gerçekleştirilmiştir. Diğer bir değişle, öncelikle ilgili parametre rastgele farklı değerler verilir. Algoritmanın beklenti adımında girilen veriden örneklem oluşturulur. Maksimizasyon adımın da ise örneklemin en çok olabilirlik tahmini hesaplanır. Bulunan parametrenin beklenen fonksiyonu ile bir önceki parametrenin beklenen fonksiyonu karşılaştırılır, aralarındaki fark azalırsa algoritma durdurulur. Eğer fark mevcutsa, hesaplanan parametre, bir önceki parametreyle yer değiştirilip tekrar hesaplanır.

Gerçekleştirilen uygulama sonuçları sırası ile Şekil 5.1., Şekil 5.2. ve Şekil 5.3 gösterilmiştir. Gösterilen her bir şekilde, tespit edilen hareketin gösterildiği binary görüntüler ve tespit edilen hareketin gerçek görüntülerde işaretlenmiş olarak gösterildiği görüntüler verilmiştir. Bu şekillerden de görüleceği gibi kullanılan Gauss karışım modeli ilgili hareketi tespitini başarı ile gerçekleştirmiştir.

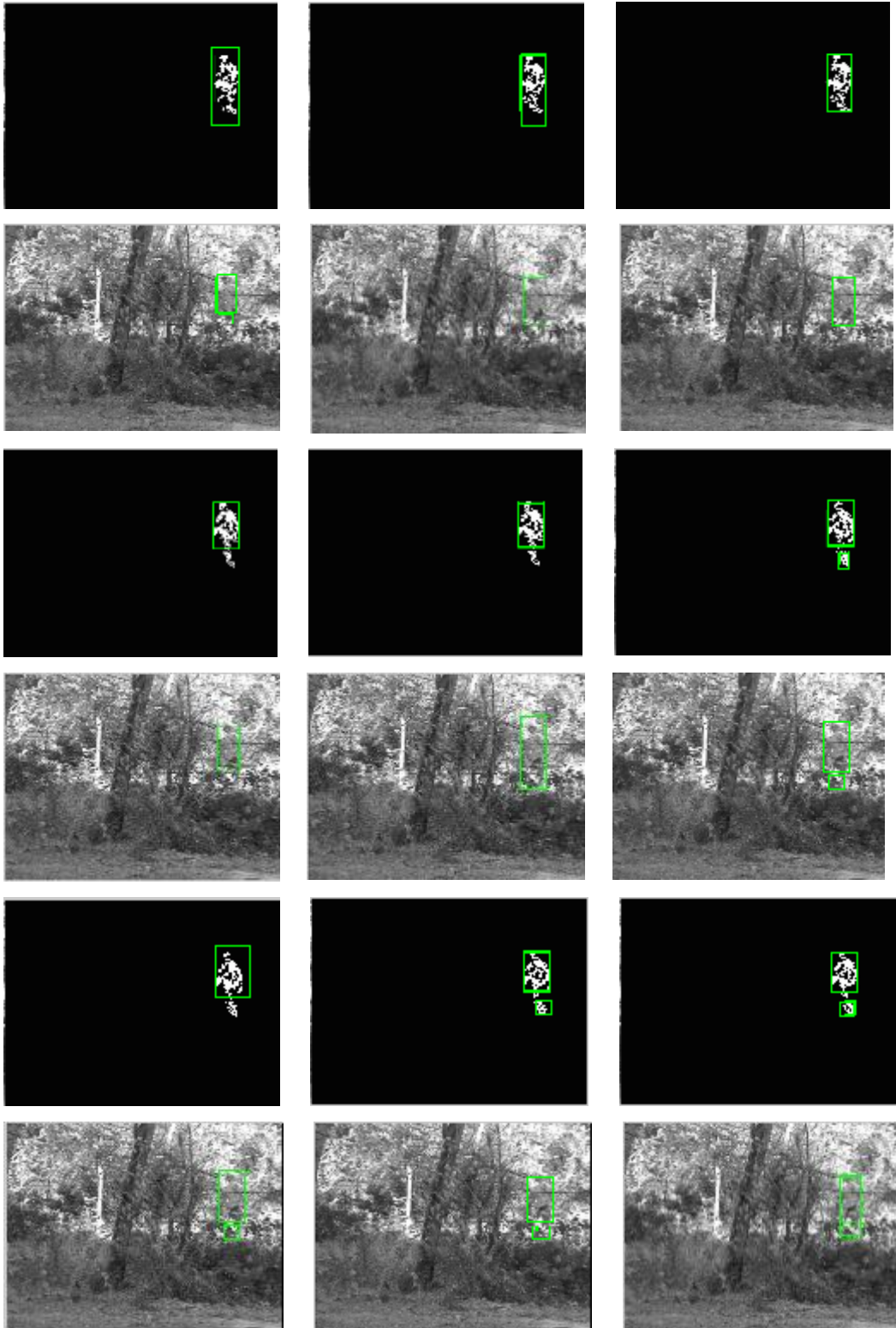
Şekil 5.1’de 36 çerçeveden oluşan ve her bir çerçeve boyutu 128x190 olan “yürüme” görüntü dizisi üzerinde, kullandığımız yöntem kullanılarak takip işlemi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Görüldüğü gibi nesne görüntüsü takip işlemi başarılı bir şekilde sürmektedir.

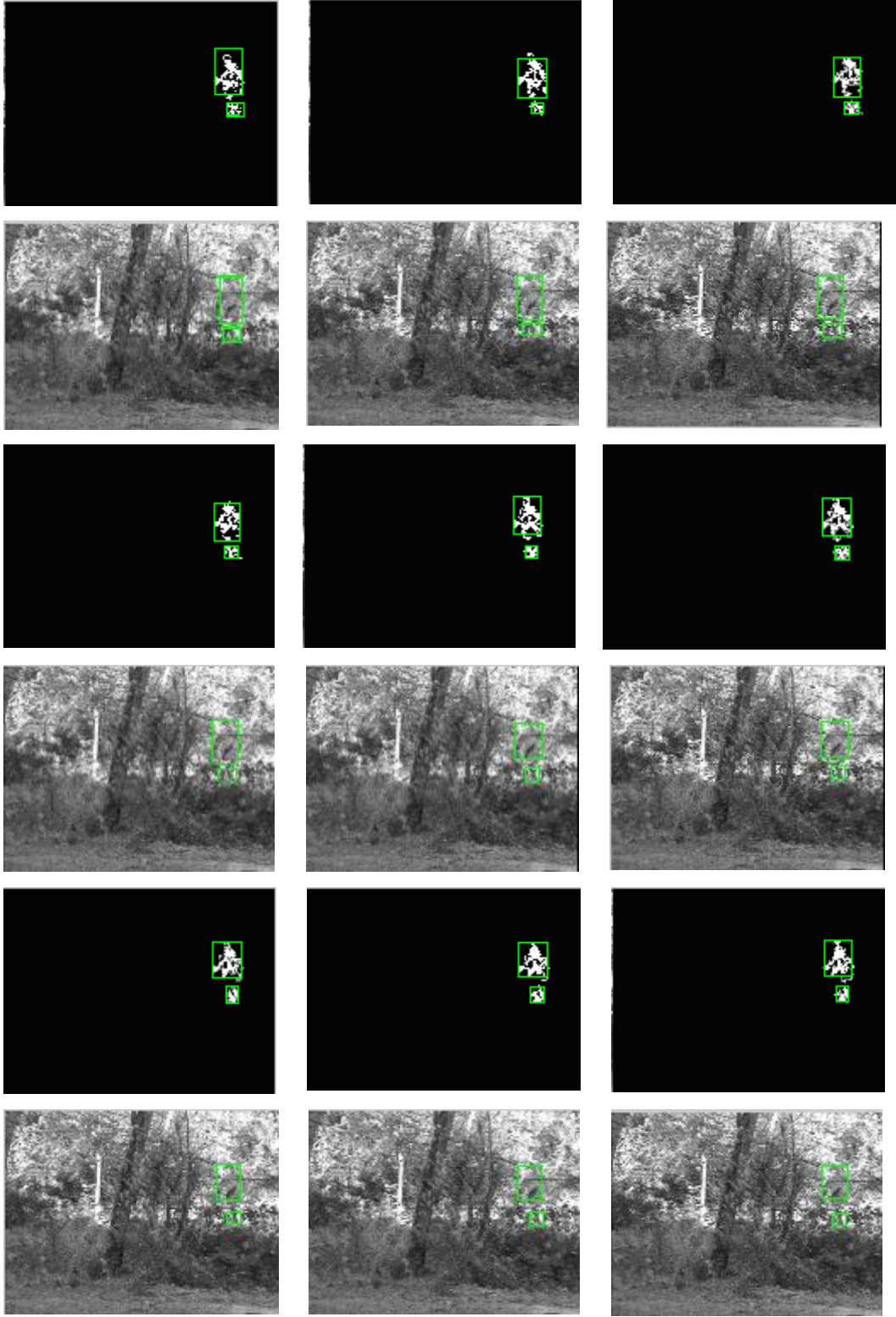




Şekil 5.1. Renkli görüntülerde hareket tespiti

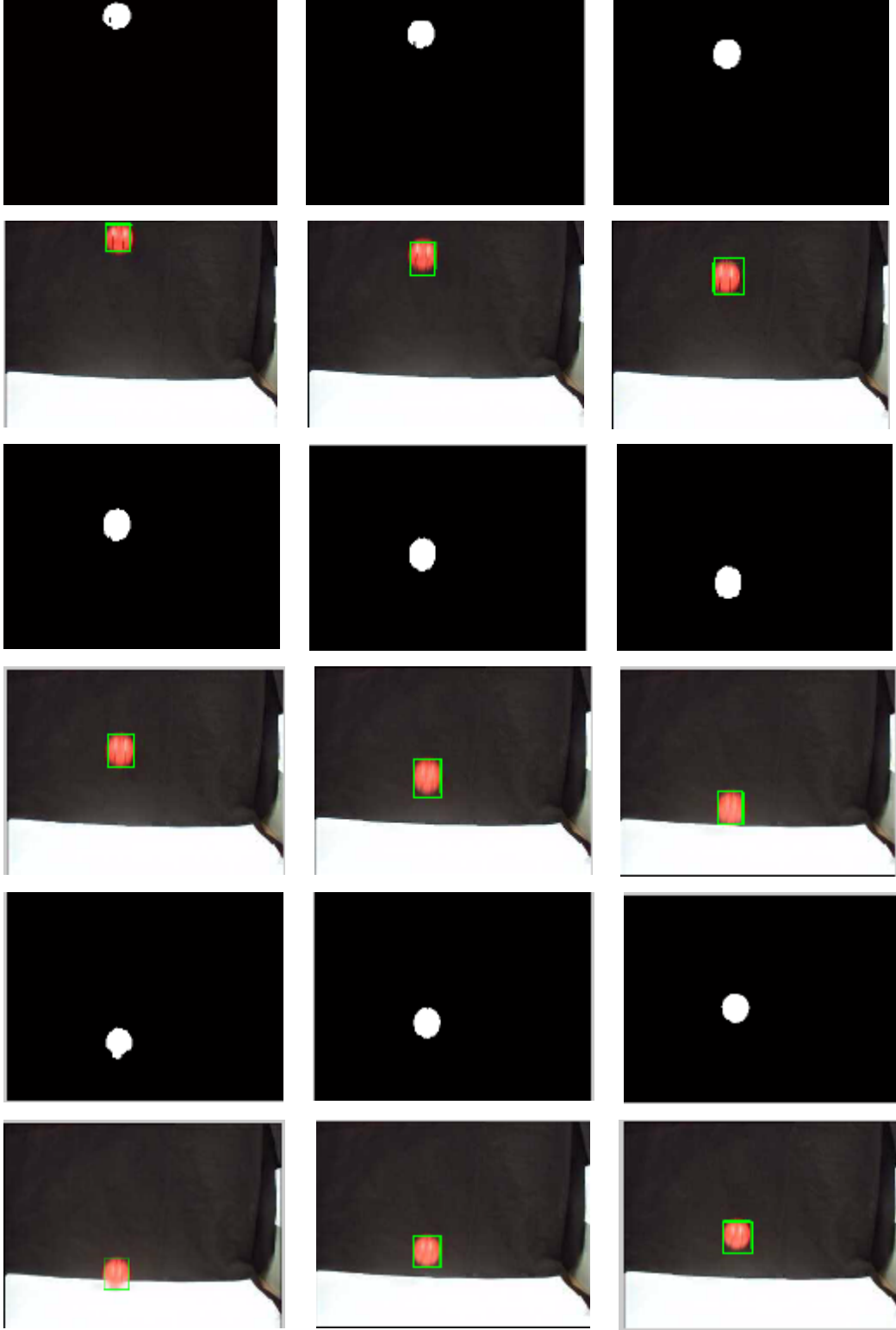
Dikkat edilecek olunursa, Şekil 5.1’de gösterilen sonuç görüntülerinde, tespit edilen hareketli nesneyle birlikte rüzgar etkisi ile oluşan ağaç hareketleri de tespit edilmiştir. Bu durum, binary görüntülerde binary gürültü gibi görünmektedir. Bunların giderilmesi için 5x5’lik bir medyan filtre kullanılmıştır. Fakat bu filtrenin kullanılması bazı çerçevelerde iyi sonuç vermediği için medyan filtre arka arkaya birkaç kez uygulanmıştır. Bu gürültülerin hareket eden nesne gibi algılanmayıp yeşil renkli kutu ile gösterilmemesinin nedeni yeşil renkli kutu parametrelerini ayarlarken minimum piksel yoğunluğuna 100 değerinin verilmesidir. Arka planda ki gürültüler, piksel yoğunluğuna verdiğimiz parametre değerinin altında olduğundan yeşil renkli dikdörtgen kutu ile gösterilmemiştir.

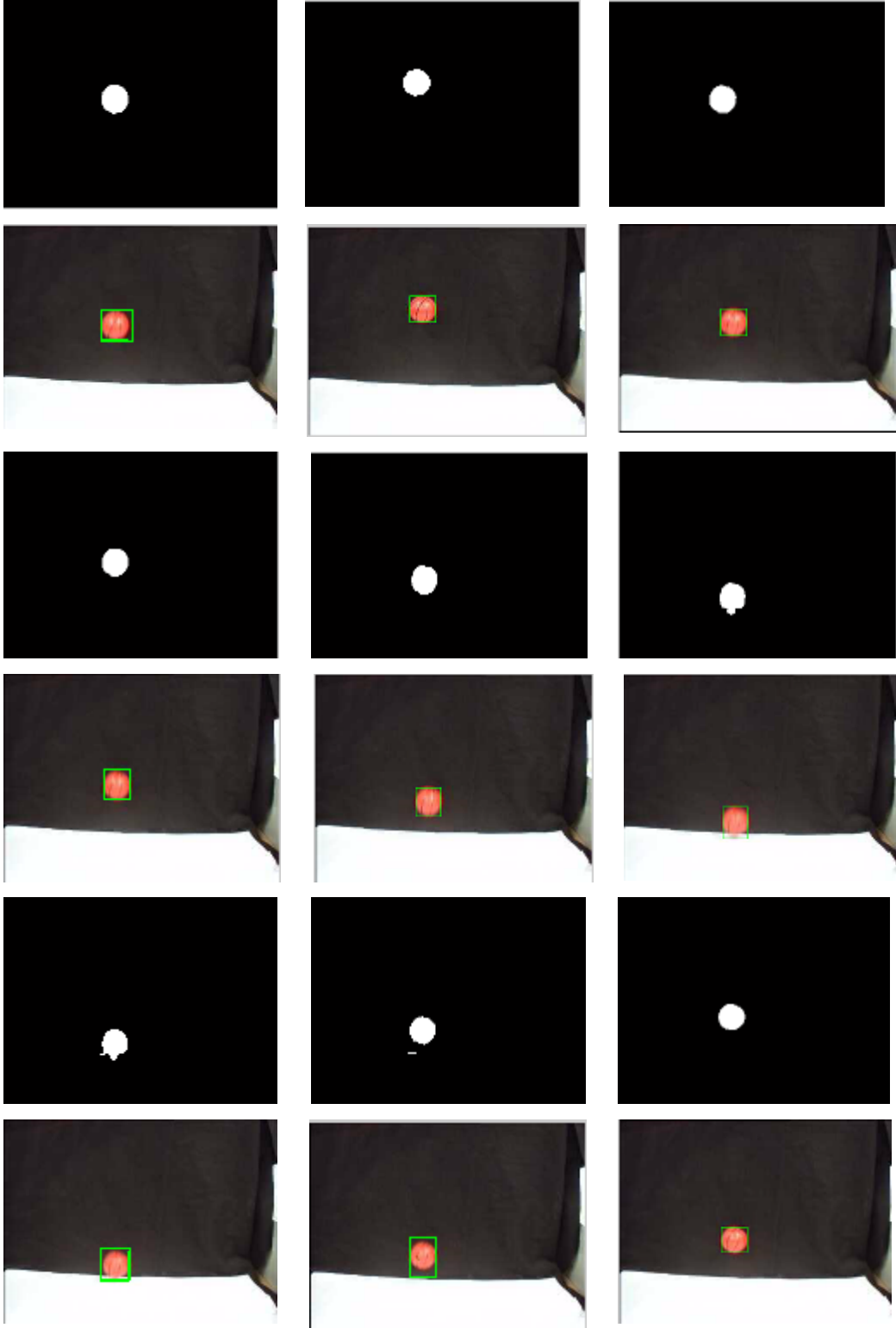




Şekil 5.2. Gri seviyeli görüntülerde hareket tespiti

Şekil 5.2’de 36 çerçeveden oluşan ve her bir çerçeve boyutu 128x190 olan kullanılan yöntemin gri seviye bir videoda uygulanması sonucu elde edilen bazı görüntü çerçeveleri verilmiştir. Görüntüler dikkatle incelendiğinde hareketin tamamen tespit edildiği, görüntünün dış mekanda çekilmiş olmasına rağmen binary gürültü tespit edilmemiştir.





Şekil 5.3. Renkli görüntülerde hareket tespiti

Geekleřtirilen son uygulamada şekil 5.3.’de 36 çerçeveden oluşan ve her bir ereve boyutu 128x190 olan “top” görüntü dizisi üzerinde iç mekanda kaydedilmiş düşen bir top görüntüsü kullanılmıştır. Görüntüler dikkatle incelendiğinde hareketin tamamen tespit edildiği, görüntünün iç mekanda çekilmiş olmasından dolayı doğal dinamik zorluklardan arındığı için gürültü tespit edilmemiştir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, arka plan modellemede gauss karışım modeli kullanılarak hareketli nesnelerin tespiti gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, bir piksel değeri, zamandaki ve uzaydaki komşularından bağımsız olarak ele alınmakta ve görüntüdeki arka plan ışıktandırmasının değişken olabileceği göz önünde tutulmaktadır. Bu sebeplerle, boyutları sabit olan görüntüdeki her piksel için gauss karışım dağılım modeli uygulanmaktadır. Genel olarak bir Gauss karışımlar modelini, incelenen verinin, ortalama ve varyans değerleri farklılık gösteren ve model içinde farklı ağırlıklara sahip birkaç gauss dağılımının toplamı ile betimlenmiştir.

Bu çalışmada gerçekleştirilen tüm deneylerde gauss karışım modelleri algoritmasının gerek duyduğu beş adet üyelik dereceleri değerleri verilmiştir. Tespit edilen hareket gerçek video görüntüsü üzerinde yeşil renkli bir dikdörtgen kutu ile gösterilmiştir. Hareketli nesne ile birlikte video sıkıştırma yöntemlerinden oluşan farkları, arka plan modelleme yönteminden oluşan istenmeyen verileri içerebilir. Bu tür istenmeyen verilerden hareketli nesneyi ayırt etmek için medyan filtresi kullanılmıştır. Yöntemin uygulanması sonucu oluşan sonuçlar 36 çerçeveden oluşan ve her bir çerçeve boyutu 128x190 piksel olan görüntü dizeleriyle sunulmuştur.

Uygulanan teknik, dijital videolarda hareketli nesnelerin tespitinde iyi sonuçlar sunmasına ve hareketli nesnelerin takibini başarılı bir şekilde gerçekleştirmesine rağmen, gerçek zamanlı videolarda geçerli olmaması yöntemin eksikliği olarak söylenebilir. İleride bu yönde çalışmalar yaparak gerçek zamanlı videolarda da hareketli nesnelerin tespitini sağlayan bir yöntem geliştirmek mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1]. Ding, Y., Li W., Fan J., Yang H., “A fuzzy background model for moving object detection”, Computer-Aided Design and Computer Graphics, 2009. CAD/Graphics '09. 11th IEEE International Conference on, sayfa 610, 19-21 Ağustos 2009.
- [2]. Türdü, D., Erdoğan, H. , “Gauss Karışım Modeli Tabanlı Uyarlamalı Arka plan Modelinin Histerezis Eşikleme ile İyileştirilmesi”, Signal Processing and Communications Applications, 2007. SIU 2007. IEEE 15th, sayfa 1-4, 11-13 Haziran 2007.
- [3]. Kutluay, H., “ Dijital Videolarda Arka Plan Çıkarımı ve Hareketli Nesne Çıkarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne, Türkiye, 2008.
- [4]. Yao H., Ahmad I., “Adaptive Foreground Segmentation Using Fuzzy Approach” Digital Information Management, 2009. ICDIM 2009. Fourth International Conference on ,sayfa 103-108, 1-4 Kasım 2009.
- [5]. Ergezer, H., “Visual detection and tracking of moving Objects” , Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Middle East Technical University, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kasım 2007
- [6]. Vaswani, N., Agrawal, A., Zheng, Q., Chellappa R., “Moving Object Detection And Compression in Ir Sequences”
- [7]. Sheikh, Y., Javed, O., Kanade, T., “Background Subtraction for Freely Moving Cameras”
- [8]. Cucchiara, R., Grana, C., Piccardi, M., Prati, A., “ Detecting Moving Objects, Ghosts, and Shadows in Video Streams
- [9]. Talukder, A. and Matthies, L., “ Real-time Detection of Moving Objects from Moving Vehicles using Dense Stereo and Optical Flow
- [10]. Kang, J., Cohen, I., Medioni, G., Yuan, C. “Detection and Tracking of Moving Objects from a Moving Platform in Presence of Strong Parallax”
- [11]. Cucchiara, R., Grana, C., Piccardi, M., Prati, A., Sirotti S., “Improving Shadow Suppression in Moving Object Detection with HSV Color Information”
- [12]. Droogenbroeck, V. And Paquot, O. “Background Subtraction Experiments and Improvements for ViBe”
- [13]. Dunne, P. and Matuszewski, B. J. “Histogram-based Detection of Moving Objects for Tracker Initialization in Surveillance Video”
- [14]. Cohen, I. And Medioni, G. “Detecting and Tracking Moving Objects for Video Surveillance”
- [15]. Thompson, W., B. and Pong, T. C. “Detecting Moving Object”

- [16]. Dedeoğlu, Y., “Moving Object Detection, Tracking And Classification For Smart Video Surveillance” Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bilkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ağustos 2004
- [17]. Hanbay, K., “Nötrozofi Yaklaşımı Ve Dalgacık Dönüşümü İle Renkli Dokulu Görüntülerinin Bölütlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Telekomünikasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Elazığ, Türkiye, 2010
- [18]. Chapron, M., 1992 A new Chromatic edge detector used for color image segmentation, IEEE International Conference on Pattern Recognition, 311-314.
- [19]. URL-3, http://tr.wikipedia.org/wiki/RGB_renk_uzayı, 23 Aralık 2012
- [20]. URL-1, http://tr.wikipedia.org/wiki/HSV_renk_uzayı, 25 Ocak 2011
- [21]. Taskın, D., “Sıkıştırılmış Video Akımının Düzensiz Haritalar ve Başlangıç Kodlarına Dayalı Şifrelenmesi”, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne, Türkiye, 2007.
- [22]. Balçılar, M., “ MPEG videolardan hareket vektörleri ve arka plan çıkarımı kullanarak trafik akış hızı ve araç yoğunluğunun belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2007.
- [23]. URL-2, http://en.wikipedia.org/wiki/Moving_Picture_Experts_Group, 5 Aralık 2012
- [24]. http://en.wikipedia.org/wiki/Video_tracking, 2010.
- [25]. Bettencourt, K., Somers, D. C., 2007. Effects of task difficulty on multiple object tracking performance|| , Journal of Vision, 7(9):898, 898a.
- [26]. Yilmaz, A., Javed, O., and Shah, M., 2006. Object Tracking: A Survey|| , ACM Comput. Surv., 38(4):13.
- [27]. Veenman, C., Reinders, M., and Backer, E., 2001. Resolving motion correspondence for densely moving points|| , IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell. 23(1):54–72.
- [28]. Shafique, K. and Shah, M., 2003. A non-iterative greedy algorithm for multi-frame point correspondence. IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). 110–115.
- [29]. Comaniciu, D. Ramesh, V. Meer, P., 2003. Kernel-based object tracking|| , IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 25(5): 564- 577.
- [30]. Yilmaz, A., Li, X. and Shah, M., 2004. Contour-Based Object Tracking with Occlusion Handling in Video Acquired Using Mobile Cameras|| , IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 26, No. 11.
- [31]. Talu, M.F., Tatar, Y., 2003. "A new edge tracing method developed for object recognition", Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Network (TAINN), pages: 434:438, Çanakkale.

- [32]. Horaud, R., Niskanen, M., Dewaele, G., Boyer, E., 2009. Human Motion Tracking by Registering an Articulated Surface to 3D Points and Normals|| , Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 31, No. 1.
- [33]. Ali, A. and Aggarwal., J., 2001. Segmentation and recognition of continuous human activity|| , IEEE Detection and Recognition of Events in Video. 28-35
- [34]. Ushakov, N.G., 2001, "Density of a probability distribution", in Hazewinkel, Michiel, Encyclopaedia of Mathematics, Kluwer Academic Publishers, ISBN 978-1556080104.
- [35]. Bohyung Han; Comaniciu, D.; Ying Zhu; Davis, L.S.; 2008, Sequential Kernel Density Approximation and Its Application to Real-Time Visual Tracking|| , IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 30(7): 1186 – 1197.
- [36]. R. T. Collins, 2003. Mean-shift Blob Tracking through Scale Space|| , IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Vol.2. pp. 234-240.
- [37]. Cootes, T. F., Edwards, G. J., and Taylor, C. J., 1998. Active Appearance Model|| , Proc European Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 484-498, Springer.
- [38]. Lee, S.-W., Kang, J., Shin, J., Paik, J., 2007. Hierarchical active shape model with motion prediction for real-time tracking of non-rigid objects|| , IET Comput. Vis., 2007, 1, (1), pp. 17–24.
- [39]. Haritaoglu, I., Harwood, D., and Davis, L. 2000. W4: Real-time surveillance of people and their activities. IEEE Trans. Patt. Analy. Mach. Intell. 22, 8, pp.809–830.
- [40]. Chen, S., and Shyu, M., 2000. Object Tracking and Multimedia AugmenTransition Network for Video Indexing and Modeling|| , 12th IEEE InternatioConference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2000), pages: 250 – 257.
- [41]. Ocakli, M., 2007. A video tracker system for traffic monitoring and analysis, Middle East Technical University, Master Dissertation.
- [42]. Larcon, J.; Salvador, R.; Moreno, F.; Cobos, P.; Lopez, I., 2006. A new Real-Time Hardware Architecture for Road Line Tracking Using a Particle Filter|| , IEEE Industrial Electronics, Page(s): 736 – 741.
- [43]. Talu, F., “İnsan Hareketlerinin takibinde karşılaşılan problemlerin çözümüne yeni yaklaşımlar”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ, Türkiye, 2010.
- [44]. Kuhn, H., 1955. —The hungarian method for solving the assignment problem|| . Naval Research Logistics Quart. 2, 83–97..
- [45]. Shafique, K. and Shah, M., 2003. A non-iterative greedy algorithm for multi-frame point correspondence|| .In IEEE International Conference on Computer Vision, Vol:27

- [46]. Serry, D., Koller-Meier, S., and Gool., L. V. 2004. Probabilistic object tracking using multiple features. In IEEE International Conference of Pattern Recognition (ICPR). 184-187.
- [47]. Schmidt, S. F., 1981. The Kalman filter Its recognition and development for aerospace applications—,Journal of Guidance Control and Dynamics, 0731-5090 vol.4 no.1 (4-7).
- [48]. [63] Julier, S.J, and Uhlmann, J. K, 1997. A New Extension of the Kalman Filter to Nonlinear Systems|| , SPIE AeroSense Symposium, April 21–24, Orlando
- [49]. Leven, W.F., Lanterman, A.D., 2009, Unscented Kalman Filters for Multiple Target Tracking With Symmetric Measurement Equations|| , Proceedings of SPIE, the International Society for Optical Engineering, 5810:56-67.
- [50]. Smal, K. Draegestein, N. Galjart, W. Niessen, E. Meijering, 2008, Particle Filtering for Multiple Object Tracking in Dynamic Fluorescence Microscopy Images: Application to Microtubule Growth Analysis|| , IEEE Transactions on Medical Imaging, 27(6):789-804.
- [51]. Chang, W.Y., Chen, C.S., Jian, Y.D., 2008. Visual Tracking in High-Dimensional State Space by Appearance-Guided Particle Filtering|| , 17(7):1154-67.
- [52]. Bar-shalom, Y. and Foreman, T., 1988. Tracking and Data Association|| . Academic Press Professional, ISBN:0-120-79760-7
- [53]. Reid, D. B., 1979. —An algorithm for tracking multiple targets|| . IEEE Trans. Autom. Control 24, 6, 843–854
- [54]. Streit, R. L. and Luginbuhl, T. E., 1994. Maximum likelihood method for probabilistic multi-hypothesis tracking|| , In Proceedings of the International Society for Optical Engineering (SPIE.) vol. 2235. 394–405.
- [55]. Cheung, S-C.S., Kamath. C., 2004. Robust Techniques for Background Subtraction in Urban Traffic Video|| , In Proceedings of the SPIE, Volume 5308, pages: 881–892.
- [56]. Smith, M.,2006. Background Subtraction for Urban Traffic Monitoring using Webcams|| , Master Thesis, University of Amsterdam.
- [57]. Zivkovic, Z., Heijden, F. V., 2005. —Efficient adaptive density estimation per image pixel for the task of background subtraction|| , Pattern recognition letters, Volume 27(7), Pages: 773-780.
- [58]. Elgammal, A., Duraiswami, R., Harwood, D. and Davis, L., 2002. Background and Foreground Modeling Using Non-Parametric Kernel Density Estimation for Visual Surveillance,|| Proc. IEEE, vol. 90, no. 7, pages: 1151-1163.

ÖZGEÇMİŞ

18.03.1988 Tarsus doğumluyum. Liseyi Tarsus Cengiz Topel Lisesinde, lisans eğitimimi 2006-2010 yılları arasında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik- Bilgisayar Eğitimi Bilgisayar Öğretmenliği Bölümünde tamamladım. 2011 yılı Haziran ayında Diyarbakır Eğil Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezine öğretmen olarak atandım ve hala aynı kurumda çalışmaktayım.