

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

VİDEOLARDA ÇERÇEVE KOPYALA YAPIŞTIR SAHTECİLİĞİ TESPİTİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Müh. Işlay BOZKURT

OCAK 2017
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun / / gün ve sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :

Üye :

Üye :

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Video düzenleme araçlarının hızlı gelişimi ile artan sahtecilik işlemleri, videoların güvenilir olmamasına neden olmuştur. Videoların doğrulanması, bütünlüklerinin ve güvenilirliklerinin sağlanması adına sahtecilik tespiti alanında yapılan çalışmalar giderek hız kazanmaktadır.

Tez çalışması içerisinde video sahteciliğinin ne olduğundan bahsedilmiş. Zamansal boyuta yapılan sahtecilik tespitine ait mevcut literatür çalışmaları incelenmiş ve çerçeve kopyala yapıştır sahteciliğine ait eksiklikleri gidermek adına iki yöntem önerilmiştir. İlk yöntemde renk düzen tanımlayıcı tabanlı çerçevelerden çıkarılan özellik vektörleri ve tepe sinyal gürültü oranı ile sahtecilik tespiti gerçekleştirilmiş. İkinci yöntem de ise ayırık kosinüs dönüşümünün nicelenmesi ile özellik vektörü çıkarıp, çıkarılan özellik vektörünün ikili görüntüleri üzerindeki sahtecilik işlemi matematiksel bir doğru modeli ile temsil edilerek sahtecilik tespiti gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın tamamı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmiştir (TÜBİTAK, Proje No: 115E214).

Tez konumun belirlenmesinde ve çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını esirgemeyip değerli fikir ve katkılarıyla ışık tutan ve yönlendiren, tez metinini inceleyerek biçim ve içerik bakımından son şeklini almasına katkıda bulunan danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Güzin ULUTAŞ hocam' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca her anımda yanımda olan sevgili eşim Mustafa Hakan Bozkurt'a ve üzerimde emekleri çok olan ailelerime, saygıdeğer teyzem Gülseren Boz' a, ve oğlum Muhammed Bera' ya teşekkür ederim.

Işıl BOZKURT

Trabzon 2017

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Videolarda Çerçeve Kopyala Yapıştır Sahteciliği Tespiti” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd. Doç. Dr. Güzin ULUTAŞ’ ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 02/01/2017

Işıl BOZKURT

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çoklu Sıkıştırılmaya Dayalı Sahtecilik Tespiti ve Çalışmaları	8
1.3. Bölgesel Değişim Sahteciliği Tespiti ve Çalışmaları	9
1.4. Çerçevesel Arası Video Sahteciliği Tespiti	12
1.5. Literatür Araştırması	17
1.6. Literatürdeki Veri Setleri.....	23
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	25
2.1. Giriş.....	25
2.2. RDT Tabanlı Sahtecilik Tespiti	26
2.2.1. Renk Düzen Tanımlayıcı (RDT).....	26
2.2.2. Özellik Tanımlayıcıları Eşleme	27
2.2.3. Yöntemin Uygulanması.....	29
2.2.4. Hızlı Düzeltme Fonksiyonu	34
2.3. AKD ve Hough Tabanlı Sahtecilik Tespiti.....	34
2.3.1. Ayrık Kosinüs Dönüşümü(AKD)	34
2.3.2. AKD'nin Görüntüye Uygulanması	35
2.3.3. Hough Dönüşümü	35
2.3.4. Hough Dönüşümü ile Doğru Bulma.....	35
2.3.5. Yöntemin Uygulanması.....	37
2.4. Performans Metrikleri	48
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	50
3.1. Kopyala Yapıştır Sahteciliği Tespiti Deneysel Sonuçları	50
3.1.1. RDT Tabanlı Sahtecilik Tespiti Sonuçları.....	50
3.1.2. AKD ve Hough Tabanlı Sahtecilik Tespiti Sonuçları	56
4. SONUÇLAR.....	61
5. ÖNERİLER.....	62

6. KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

VİDEOLARDA ÇERÇEVE KOPYALA YAPIŞTIR SAHTECİĞİ TESPİTİ

Işıl BOZKURT

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Güzin ULUTAŞ
2017, 67 Sayfa

Kötü niyetli kullanıcılar kolaylıkla bir nesnenin veya olayın kapatılması amacıyla videolar üzerinde değişiklik yapabilmektedirler. Bu kişiler, videolardan çerçeve silme, videolara çerçeve ekleme veya çerçevelerin bir kısmını kopyalayarak, aynı video içerisine yapıştırma ile sahtecilik yapmaktadırlar. Videolar üzerinde yapılan değişimler videolarda çeşitli istatistiksel izler bırakmaktadır. Bu izlerden yola çıkarak sahtecilik tespiti yapılabilmektedir.

Bu tez kapsamında videolar üzerinde gerçekleştirilen çerçeve kopyala-yapıştır sahteciliği tespiti üzerine çalışılmıştır. Bu amaçla literatür de mevcut yöntemler incelenmiş, sıkıştırma ataklarına karşı dayanıklı yeni yöntemler önerilmiş ve deneysel sonuçları rapor edilmiştir. Önerilen yöntemler literatürde var olan diğer yöntemlere kıyaslandığında daha yüksek doğrulama ve daha kısa icra zamanı sağlayarak etkin sahtecilik tespiti gerçekleştirmektedirler.

Anahtar Kelimeler: Video Sahteciliği, Çerçeve Kopyala Yapıştır Sahteciliği, Renk Düzen Tanımlayıcı, Tepe Sinyal Gürültü Oranı, Ayrık Kosinüs Dönüşümü, Hough Dönüşümü

Master Thesis

SUMMARY

FRAME DUPLICATION DETECTION FORGERY IN VIDEOS

Işılray BOZKURT

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Computer Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Ass. Prof. Güzin ULUTAŞ
2017, 67 Pages

Malicious users can edit videos for hiding an object or incident. These people can make forgery as frame deletion from videos, insertion frames into videos and duplication some of frames in the videos. The changes made on the video leave statistical traces in the video. Forgery detection is done from these traces.

In this thesis scope, frame duplication forgery detection in videos is studied. The current methods in literature is investigated, new methods that robust against compression attacks is suggested, and experimental results are reported. The proposed methods perform effective forgery detection and provide faster execution time compared to other methods in the literature.

Keywords: Video Forgery, Frame Duplication, Color Layout Descriptor, Peak Signal-to-Noise Ratio, Discrete Cosines Transform, Hough Transform

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Sayısal/ çoklu ortam sahteciliği çalışma alanları	1
Şekil 2. Scopus'taki yayınların yıllara göre dağılımı	3
Şekil 3. Videonun üç boyutlu gösterimi [4]	3
Şekil 4. Çözümlemiş videonun hiyerarşik yapısı.....	4
Şekil 5. GOP'un yapısı	5
Şekil 6. Sayısal video sahtecilik tespit yaklaşımları [4].....	7
Şekil 7. Çerçeve içi kopyala yapıştır sahteciliği a) orjinal çerçeveler b) sahte çerçeveler	11
Şekil 8. Birleştirme tekniği ile çerçeve içi sahtecilik gösterimi[23].....	12
Şekil 9. Çerçeveler arası video sahteciliği şekilleri	12
Şekil 10. Kopyala-Yapıştır sahteciliği ile nesne çoğaltma.....	14
Şekil 11. Kopyala-Yapıştır sahteciliği ile nesne kapatma.....	16
Şekil 12. Bölünmüş görüntüdeki renk uzayı dönüşümü	27
Şekil 13. RDT tabanlı kopyala yapıştır sahteciliği tespiti blok diyagramı	30
Şekil 14. Çerçevelere ayrılan videonun özellik vektörlerine verilmesi	31
Şekil 15. a) Video4 221-271 arası 11-61arasına, (b) video8 için 101-161 arası 316-376 arasına, (c) video43 161-211 arası 21-71 arasına, (d) video61 221-271 arası 61- 121 arasına yapıştırıldığında Öklit uzaklığı sonucu.....	32
Şekil 16. Hough dönüşüm Kartezyen uzayı	36
Şekil 17. Parametre uzayında kesişimler	36
Şekil 18. Video özellik çıkarımı	37
Şekil 19. (a) Video4' e ait olup 221-271 arası 11-61 arasına (b) video8 için 101-161 arası 316- 376 arasına (c) video37 31-71 arası 211-251 arasına (d) video61 121-171 arası 221-271 arasına yapıştırılarak AKD kuantalama matrislerinin görüntü çıktıları.....	38
Şekil 20. Aday çözüm doğrularının belirlenmesi	40
Şekil 21. Video11 için 0,98 eşik değerinden büyük korelasyonları	41
Şekil 22. Video11 için 0,92 eşik değerinden büyük korelasyonları	41
Şekil 23. Video11 için 0,85 eşik değerinden büyük korelasyonları	42
Şekil 24. Açı değerinin hesaplanması	43
Şekil 25. Yerel arama ve sonuç	44
Şekil 26. Genel doğru bölümünün belirlenmesi	44
Şekil 27. Alternatif doğruların belirlenmesi.....	45
Şekil 28. 7 doğrunun TSGO değerleri	46
Şekil 29. Daraltama işleminin adımları.....	47

Şekil 30. Genişletme işleminin adımları	48
Şekil 31. Ortalama PR Sonuç Grafiği	53
Şekil 32. Ortalama RR Sonuç Grafiği.....	53
Şekil 33. Ortalama DA Sonuç Grafiği	54
Şekil 34. Eşik 5' e kadar ortalama DA- RR- PR sonuç grafiği	54
Şekil 35. Performans Kıyaslamaları	55
Şekil 36. Yöntemlerin performans kıyaslaması.....	56
Şekil 37. Sıkıştırılmamış, 1- 15- 31 Kalite faktörleri ile performans ölçümleri.....	59
Şekil 38. İki yöntemin kıyaslanması.....	60



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. RDT ile özellik çıkarım aşamaları [58]	27
Tablo 2. Kopyala yapıştır sahteciliği aday sonuçlarından örnekler	33
Tablo 3. Eşleşen çerçeveler arasındaki uzaysal uzaklık farkı	34
Tablo 4. Doğruluk atama tablosu.....	49
Tablo 5. Veri tabanında kullanılan videolar	51
Tablo 6. Videolar üzerinde yapılan sahtecilik konumları	52
Tablo 7. Yöntemlerin icra zamanı açısından değerlendirilmesi	55
Tablo 8. Yöntemlerin süre analizi.....	56
Tablo 9. Film videolarının özellikleri	57
Tablo 10. Film videolarının sahtecilik konumları	58
Tablo 11. Video boyutlarının sıkıştırılmamış, 1, 15, 31 kalite faktörü kullanılarak sıkıştırıldığında boyut ölçüleri	58
Tablo 12. Uygulanan yöntemlerin süre analizi.....	60

SEMBOLLER DİZİNİ

AKD	Ayrık Kosinüs Dönüşümü (Discrete Cosine Transform)
B	Bi-directionaly Predicted
BBVD	Blok Düzeyinde Parlaklık Değişim Tanımlayıcı
CBR	Sabit Bit Hızı (Constant Bit Rate)
DA	Tanımlama Doğruluğu (Detection Accuracy)
DFT	Ayrık Fourier Dönüşümü (Discrete Fourier Transform)
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
ESD	Uç Student Sapma (Extreme Studentized Deviate)
FFT	Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform)
GMM	Gaussian mixture model
GOP	Resim Grubu (Group of Picture)
I	Intra-Coded
JPEG	Birleşik Fotoğraf Uzmanları Grubu (Joint Photographic Experts Group)
KF	Kalite Faktörü
k-NN	En Yakın Komşuluk (k-Nearest Neighbour)
LBP	Yerel İkili Örüntü (Local Binary Pattern)
MB	Makro Blok
MCEA	Hareket Dengelemeli Kenar Artifacts (Motion Compensated Edge Artifact)
MPEG	Hareketli Görüntü Uzmanları Birliği (Motion Picture Expert Group)
MSE	Hata Kareleri Ortalaması (Mean Square Error)
P	Predicted
PIV	Parçacık Görüntü Velosimetrisi
PR	Keskinlik Oranı (Precision Rate)
PTD	Pozitif Tahmin Değeri
QP	Niceleme Parametresi
RDT	Renk Düzen Tanımlayıcı (Color Layout Descriptor)
RGB	Kırmızı-Yeşil-Mavi (Red-Green-Blue)
RMSE	Ortalama Karekök Hatası (Root Mean Square Error)
RR	Duyarlılık (Recall Rate)
SARP	Çerçevelerin Ortalama Kalıntı Dizisi
SIFT	Ölçek Değişimsiz Özellik Dönüşümü (Scale Invariant Feature Transform)
SSIM	Yapısal Benzerlik (Structural Similarity)

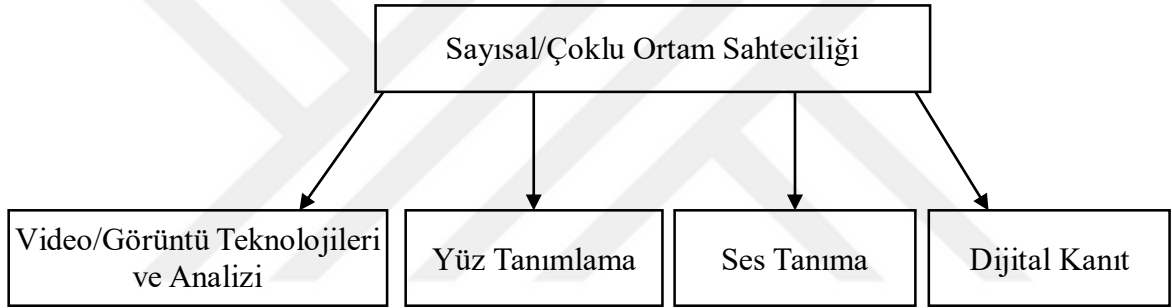
SULFA	Surrey University Library for Forensic Analysis
SVD	Tekil Değer Ayrışımı (Singular Value Decomposition)
SVM	Destek Vektör Makinaları (Support Vector Machine)
TSGO	Tepe Sinyal Gürültü Oranı (Peak Signal Noise Ratio)
VBR	Değişken Bit Hızı (Variable Bit Rate)
VFI	Hız Alan Yoğunluk
VPF	İz Tahmin Değişimi (Variation of Prediction Footprint)
ZOCM	Zernike Kromatik Momenti



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Sayısal sahtecilik biliminin tanımı ilk olarak 2001 yılında New York’ da düzenlenen “The Digital Forensic Research Conference” adlı çalıştayda yapılmıştır. Sayısal sahtecilik bilimi, korunmak amacıyla, bilimsel olarak türetilmiş ve kanıtlanmış yöntemleri kullanır. Yapılan işleri tahrip eden yetkisiz eylemleri öngörmeye yardımcı olur veya suçlu bulunduğu tespit edilen olayların yeniden yapılandırılmasını kolaylaştır veya ilerletir. Sayısal sahtecilik bilimi, verilerin tanımlama ve doğrulamasını, incelemesini, değerlendirmesini ve dijital cihazlardan üretilmiş sayısal delillerin raporlamasını yapar [1].



Şekil 1.Sayısal/çoklu ortam sahteciliği çalışma alanları

Sayısal çoklu ortam sahteciliği, sahtecilik biliminin araştırma alanları içerisinde yer almaktadır. Sayısal sinyal analizi yaparak, verilerin bütünlüklerinin doğrulanmasını, verilerin üretildiği cihazların tanımlanmasını sağlamaktadır. Bu sayede de verilerin güvenilirliklerinin tespitini gerçekleştirmektedir. Şekil 1.' de sayısal çoklu ortam sahteciliğinin çalışma alanları gösterilmiştir [2]. “Yüz tanımlama” ve “ses tanıma” çalışma alanları, biyometrik sistemleri kullanarak tarama yapar. Tarama sonucu elde edilen özellikler ile kişilerin kimliği tespit edilmektedir. Tespit edilen kişinin gerçekten doğru bulunup bulunmadığı ve kişinin veri tabanına eklenmesi gerekip gerekmediği gibi konular üzerine çalışılmaktadır. “Dijital kanıt”, mahkemelere delil olarak sunulabilen, elektronik veya manyetik ortamlarda saklanabilen veya bu araçlar ile iletilebilen her türlü bilgi, görüntü, video, ses, parmak izi ve DNA verilerinin incelenmesini kapsamaktadır. “Video/ görüntü teknolojileri ve analizi” sayısal delilleri de kullanarak, bu delillerin doğruluğunun ve bütünlüğünün tespiti üzerine

değerlendirme çalışmaları yapmaktadır. Bu tez çalışması da multimedya sahteciliklerinin video analizi kapsamındadır.

Kameralar, fotoğraf makineleri ve cep telefonları gibi dijital kayıt cihazları günlük yaşamda her yerde kullanılmaktadır. Günümüzdeki geniş depolama imkânları sayesinde, video kayıtlarının saklanması bir sorun olmaktan çıkmıştır. Depolama gibi bir kısıtlama olmadığından herkes çok sayıda video kaydı oluşturabilmektedir. Videolar kolaylıkla erişilebilen Photoshop, Adobe After Effects, Premiere by Adobe, VirtualDub gibi video düzenleme yazılımları ile üzerlerinde değişiklik yapılabilir hale gelmiştir.

Sayısal verilerin;

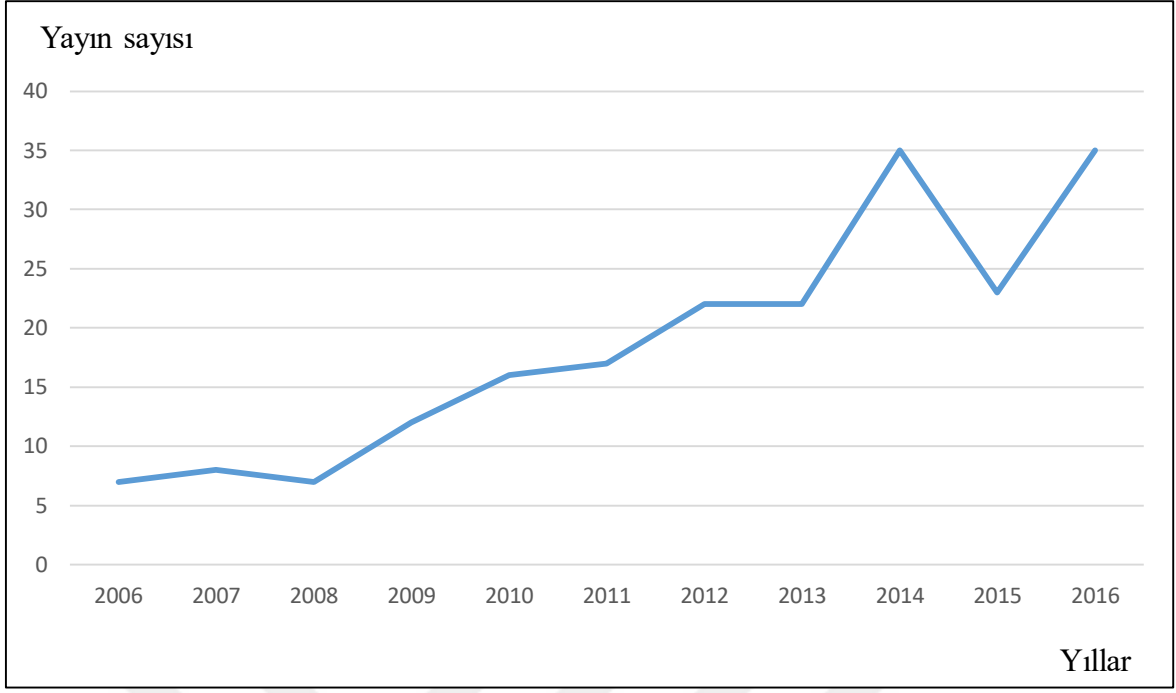
- Mahkemelerde, kanıt olarak kullanılabilmesi,
- Askeri alanlarda edinilen bilgilerin güvenilirliğinin kontrolü,
- Kritik altyapıların korunması,
- İş ve endüstri alanında edinilen verilerin korunması,
- Telif haklarının ihlal edilmemesi

gibi amaçlarla, orijinal bütünlüklerinin kontrol edilmesi ve güvenilirliklerinin doğrulanması gerekmektedir. Bu nedenle araştırmacıların, sayısal verilerin sahteciliklerinin tespiti hakkındaki çalışmaları giderek hız kazanmıştır ve halen bu alandaki açıklıklar giderilmeye çalışılmaktadır.

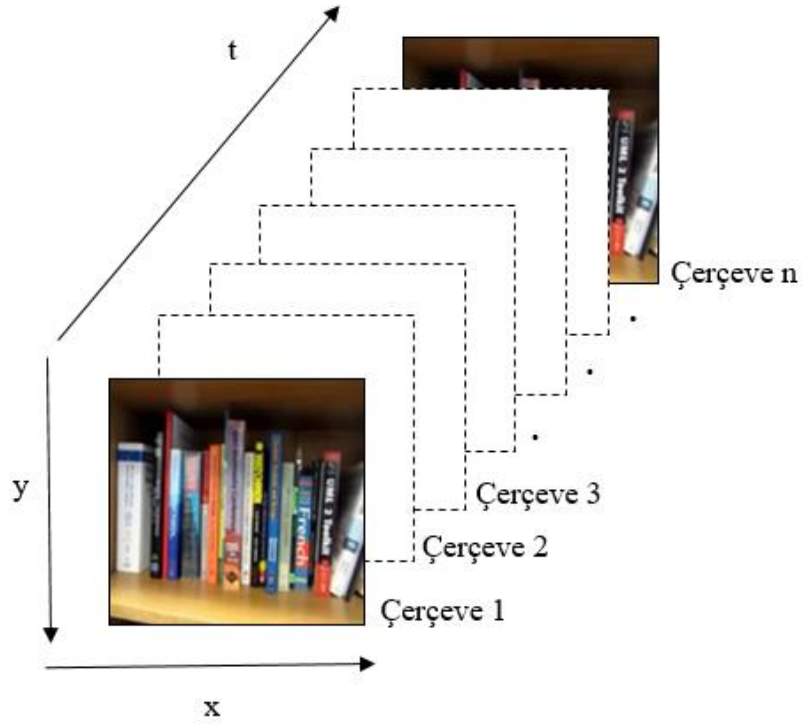
Scopus' ta 2006 ile 2016 yılları arasında “video forgery” anahtar kelimesi ile elde edilen yayınların sayısının yıllara göre dağılım sonuçları Şekil 2. 'de gösterilmiştir [3]. Şekil 2. incelendiğinde, video alanında yapılan çalışmaların giderek popülerlik kazandığı görülmektedir.

Video sahteciliği tespiti üzerine yapılan çalışmalar, görüntü sahteciliği üzerine yapılan çalışmalara göre fazla zaman almakta ve fazla bellek ihtiyacı gerektirmektedir. Bunlar video işlemeyi görüntü işlemeden ayıran temel iki faktör olarak görülmektedir.

Güvenlik kameraları gibi sabit kamera ile çekilen sabit sahnelerin çerçeveler arası benzerlikleri çok fazladır. Ayrıca, videolarda aynı sahneler içerisinde gösterilen çerçevelerin benzerlikleri de genellikle yüksektir. Bu nedenle görüntü sahteciliği tespitinde kullanılan yöntemlerin çoğu, video sahteciliklerinin tespitinde iyi sonuç vermemektedir.



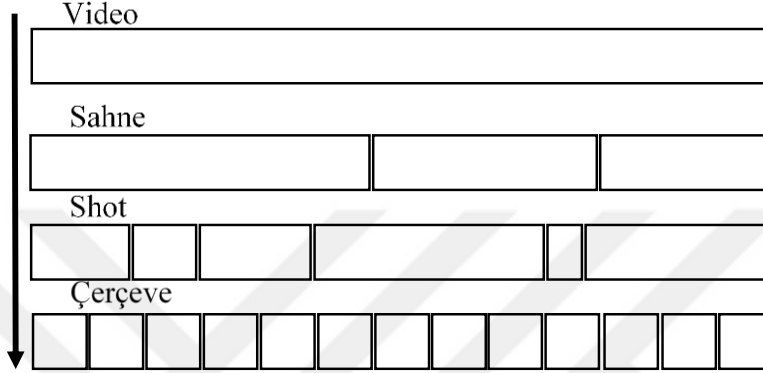
Şekil 2. Scopus'taki yayınların yıllara göre dağılımı



Şekil 3. Videonun üç boyutlu gösterimi [4]

Videolar iki konumsal, bir zamansal olarak Şekil 3.' deki gibi üç boyutlu uzayda temsil edilmektedirler [4]. “ t ” zaman aralığında ve “ $x-y$ ” konumlarında art arda sıralanan çerçeve olarak bilinen görüntü dizileri videoları oluşturmaktadır.

Video klipleri hiyerarşik düzene göre sahnelerden, sahneler hareket parçalarından (shot), hareket parçaları da ardışık çerçeve dizilerinden oluşmaktadır. Shot sınırları bir hareketin başlangıç ve bitişi ile belirlenmektedir. Şekil 4.' de videonun hiyerarşik düzeni gösterilmektedir [5].



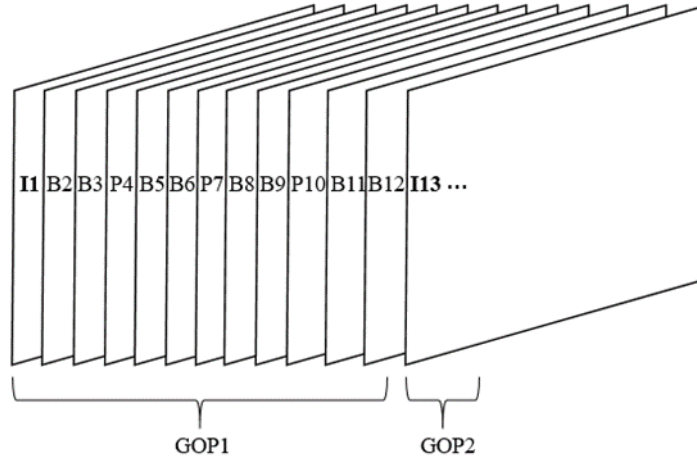
Şekil 4. Çözümlemiş videonun hiyerarşik yapısı

Sahtecilik tespitinde kullanılan algoritmaların, karşılaştığı iki temel probleme dayanıklı olması gerekmektedir. Bunlardan ilki videolarda yapılan sahtecilik işlemlerinden sonra, bu sahteciliğin kolaylıkla ortaya çıkmaması için, videoların sıkıştırma gibi bir son işleminden geçirilmiş olmasıdır. İkinci problem ise kalitesi değişmemiş ve sahteciliğin gözle fark edilemediği videolarda, sahteciliğin tespit edilmesidir [6].

MPEG-4, günümüzde kullanılan en yaygın sıkıştırma yöntemlerinden biridir. Hareketli Görüntü Uzmanları Birliği (MPEG), AKD kullanarak video ve ses sinyallerini sıkıştırmak için farklı standartlar belirlemiştir. MPEG-4 kendinden önce gelen sıkıştırmalardan farklı olarak nesne tabanlı kodlama yapısını kullanmaya izin vermektedir. Bu yapı sayesinde arka plan görüntüsü, az sayıda gösterilmektedir. Hareketli nesnenin ise sadece hareket bilgisi kullanılmaktadır.

Hareketli görüntülerde sıkıştırmanın temelini, ardışık çerçeveler arasındaki fark oluşturmaktadır. Sahne üzerinde bir değişim meydana gelmediyse, ardışık çerçeveler benzer olacaktır. Böylece tüm çerçeve bilgisi yerine, iki ardışık çerçeve arası fark bilgisinin kullanılması veri boyutunu azaltmaktadır. MPEG ve H.264 standartında sıkıştırılan videolar üç tip çerçeve kullanırlar. Bunlar I tipi (Intra-coded), P tipi (Predicted) ve B tipi (Bi-

directionally predicted) çerçevelerdir. I tipi çerçeveler videonun ilk çerçevesi olup, sıkıştırılırken sadece konumsal boyuttaki fazlalıklardan faydalanan JPEG standartını kullanabilir veya hiç sıkıştırma yapmadan kullanılabilirler. I tipi çerçeveler kalitesi en yüksek olan çerçeveler olup video sıkıştırmasından en az etkilenen çerçevelerdir. Kodlanırken referans almazlar; ancak diğer çerçevelere referans olabilirler. P tipi çerçeveler kendisinden önce kullanılan I veya P tipi çerçevelerden tahmin yapılarak üretilirler. Başka çerçevelere referans olabildikleri gibi referans da kabul ederler. P tipi çerçeveler hareket kestiriminde kullanılan çerçevelerdir. Referans seçilen çerçevelerdeki değişikliği gösterdikleri için I tipi çerçevelere göre daha etkindirler. B tipi çerçeveler referans olarak kullanılamazlar; ancak kendinden önce ve sonra gelen çerçeveleri referans alarak kodlanırlar [7]. B tipi çerçeveler sıkıştırmadan en çok etkilenen çerçevelerdir. Video dizileri bu üç tip çerçeve yapısını kullanarak Resim Grubu (GOP) olarak adlandırılan özel yapılardan oluşurlar. Her bir resim grubu I tipi çerçeve ile başlayıp bir sonraki I tipi çerçeve ile sonlandırılır. Her P tipi çerçeve arası da B tipi çerçeve ile doldurulur. Resim grubu uzunluğunun on iki çerçeveden oluştuğu ve her P tipi çerçeve arası boşluğun üç olduğu düşünülürse, resim grubunun yapısı Şekil 5.'deki gibidir.



Şekil 5. GOP'un yapısı

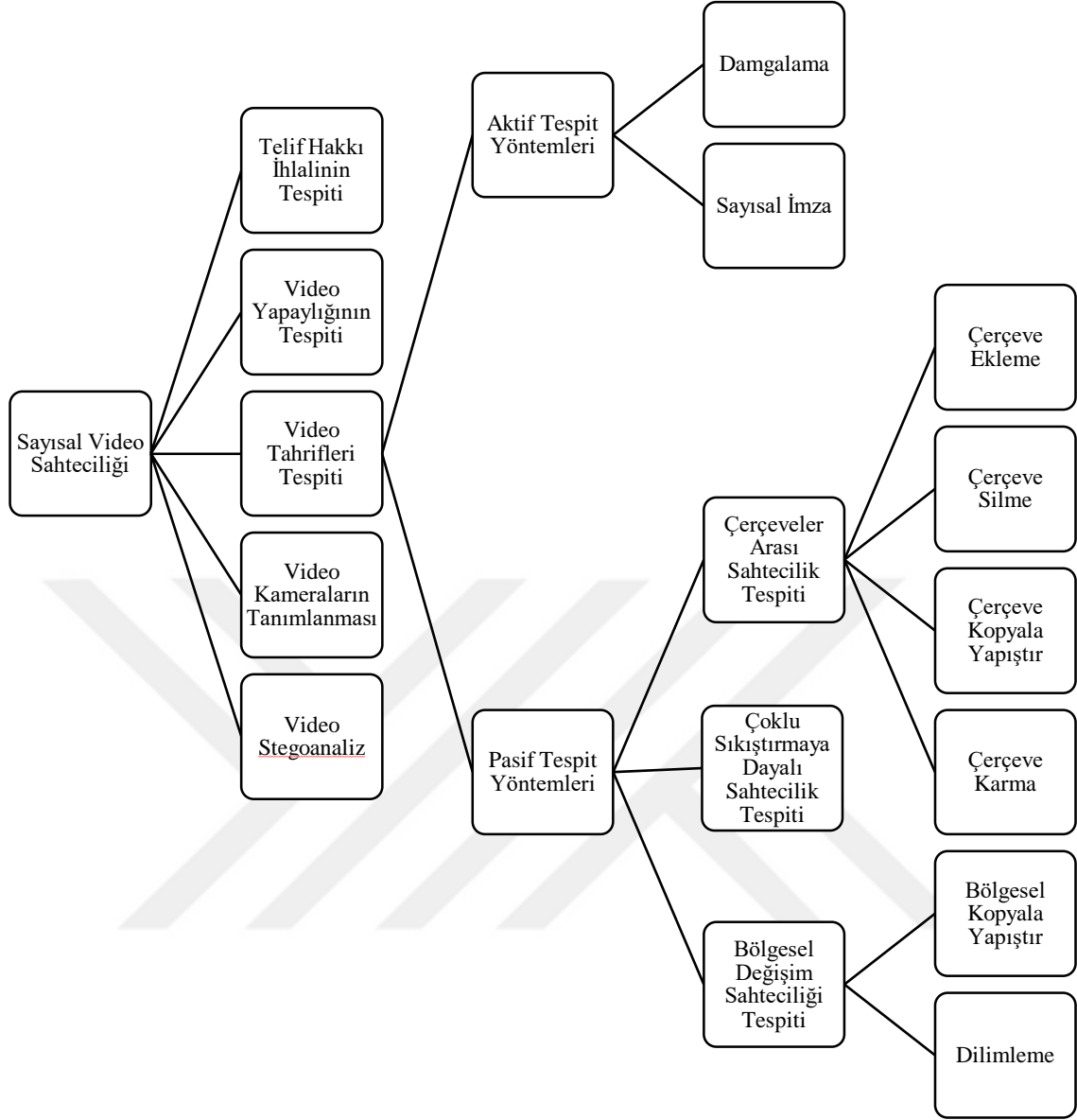
Videolar üzerinde gerçekleştirilen ataklar konumsal, zamansal ve hem konumsal hem zamansal ataklar olarak incelenmektedir. Konumsal ataklar blok ve piksel seviyesinde yapılan ataklardır. Her iki seviyede de çerçeveler içerisindeki görsel bilgilerde x - y eksenlerinde değişiklik yapılmaktadır. Bu ataklar nesne ekleme, nesne çıkarma veya nesne

üzerinde değişiklik yapma şeklinde gerçekleştirilmektedir. Zamansal ataklar çerçeve seviyesinde yapılan üçüncü boyut atakları olarak adlandırılmaktadır. Çerçeve ekleme, çerçeve silme, çerçeve kopyalama- yapıştırma ve çerçeve yerlerinin karıştırması şeklinde t ekseninde yapılan ataklardır. Bu atak türünde görsel bilginin zamanla değişmesi sağlanmaktadır. Hem konumsal hem zamansal ataklar sahne seviyesinde, çerçeve dizilerindeki görsel bilgilerde değişiklikler yapmaktadırlar [8].

Sayısal video sahteciliği Şekil 6.'daki gibi sınıflandırılmaktadır. "Telif hakkı ihlalinin tespitinde" üreticinin izni alınmadan üretilen sahte videoların tespiti üzerine çalışılmaktadır. İkinci sınıfta gerçek video ile bilgisayar tarafından üretilen videoların farkına göre sahtecilik tespiti yapılmaktadır. Üçüncü sınıflandırmada kötü niyetli kullanıcıların, videoların orijinal bütünlüklerini bozarak, içerisinde bir nesnenin veya olayın kapatılması veya çoğaltılması için yaptığı sahteciliklerin tespiti yapılmaktadır. "Video kameraların tanımlanması"nda çekilen videolar üzerinde her kamera markasının ve kullanılan lenslerin bıraktığı izlere göre farklı kameralardan yapılan eklentilerin fark edilmesi üzerine çalışılmaktadır. "Video stegoanaliz"de ise videolar içerisine gizlenerek gerçekleştirilen sahte videoların tespiti yapılır.

Sayısal video sahtecilik tespitinde, videolardaki tahriflerin tespit edilmesi amacıyla kullanılan yöntemler aktif ve pasif yöntemler olarak iki grup altında incelenmektedir.

Aktif yöntemlerde video, ses veya fotoğraf görüntüsü içerisine, bütünlüğünü sağlamak amacıyla bilgi gömülür. Bunlar sayısal damgalama ve sayısal imza gibi videoların üretimi sırasında orijinalliklerinin kanıtlanması için bir doğrulama bilgisi kullanırlar [9]. Sayısal damgalama telif haklarının korunması problemine karşılık çözüm yolu olarak önerilmiştir. Telif hakkı sahibi, sayısal verinin izinsiz kullanılması durumunda damgayı sayısal veriden çıkartarak onun kendisine ait olduğunu ispatlar [10]. Sayısal imzalar ise günlük hayatta kullanılan kişisel imzaların bilgisayar ortamındaki karşılığı şeklinde tanımlanabilir. Kimlik tespitinin yapılabilmesi ve yetkisiz kişilerin izin verilmeyen kaynaklara erişiminin engellenmesi amacıyla sayısal imzalar kullanılır. Pratikte aktif yöntemlerin kullanımı sıkıntılıdır. Çünkü aktif yöntemlerin uygulanabilmesi için videoların bir ön işlemden geçirilmesi gerekmektedir. Bu ön işlemler yapacak olan donanım her video kamerada mevcut değildir ve ekstra maliyet gerektirir. Pasif yaklaşımda bunların aksine böyle bir ihtiyaç yoktur. Bu yüzden pasif yöntem de yapılan çalışmalara daha fazla ilgi duyulmaktadır.



Şekil 6. Sayısal video sahtecilik tespit yaklaşımları [4]

Pasif yöntemler herhangi bir doğrulama bilgisi gerektirmeden videolar üzerinde yapılan sahtecilik işlemlerini tespit etmeyi amaçlamaktadır. Videolar gerek kendi doğası gereği gerekse kaydedildikleri cihazların eklemiş oldukları gürültü bilgisine dayanarak kendi özelliklerini barındırırlar. Videolar üzerinde herhangi bir değişim yapıldığı zaman, video çerçevelerinin istatistiksel özelliklerden faydalanılarak sahteciliklerin tespiti gerçekleştirilmektedir. Pasif yöntemler çerçeveler içi video sahteciliği tespiti, bölgesel değişim sahteciliği tespiti ve çoklu sıkıştırılmaya dayalı sahtecilik tespiti şeklinde incelenmektedirler [4].

1.2. Çoklu Sıkıştırılmaya Dayalı Sahtecilik Tespiti ve Çalışmaları

Sıkıştırılmaya dayalı sahtecilik tespitinde öncelikle sıkıştırma yapılırken kullanılan sıkıştırma kalite faktörü, sıkıştırma formatı gibi parametreler sabit kalmalıdır. Bu şart ile birlikte sıkıştırılan bir video, ham formata dönüştürülüp ardından sahtecilik işlemi yapılmaktadır. Üzerlerinde değişiklik yapılan bu videolar tekrar sıkıştırıldığında sahte video mu yoksa orijinal video mu olduğuna karar verilebilmektedir. Sahtecilik tespit etme işlemi tekrar yapılan sıkıştırılmalar ile video da değişimin yapıldığı bölgelerde oluşan izler sayesinde gerçekleştirilmektedir.

Bu alanın öncüleri olan Wang ve Farid tarafından ikinci sıkıştırılmaya dayalı I çerçevelerindeki hareket hatalarına bağlı olarak çerçeve ekleme ve silme işlemlerinin algılanması sağlanmıştır [11]. Yapılan çalışmanın insan algısına dayalı olması ve GOP sayısının katları şeklinde değişiklik yapılması durumunda başarısız olması, çalışmanın dezavantajlarıdır.

Wang ve Farid I çerçevelerindeki her bir makro blok (MB) için AKD katsayılarını hesaplamış ve videonun doğası gereği olan Gauss dağılımı ile kıyaslamıştır [12]. Kıyaslama yaparken küçük değişimler normalizasyona tabi tutulmaktadır. Kıyaslama ise Öklit uzaklığı ile yapılmaktadır. Kıyaslama sonucunda makro blokların iki kere sıkıştırılmaya tabi tutulup tutulmadığı gözlenmektedir. Sadece I çerçevelerinin üzerinde tespit yapılması ve kuantalama için kullanılan eşik altına düşüldüğünde doğruluğun azalması, yöntemin dezavantajlarıdır.

Su ve Xu [12]'deki gibi I çerçevelerindeki makro bloklarının, kuantalanan AKD katsayılarının histogram dağılımından faydalanmışlar [13]. Histogramı, I çerçevelerindeki her makro bloğun konveks paternini tespiti için kullanmışlardır. Sundukları yöntem ile AKD katsayılarının nicelenmesinde kullanılan, kuantalama faktörünün çerçeve çözünürlüğü bit hızı gibi bazı başlangıç değerlerine bağlı olduğunu bulmuşlardır. Bu yüzden kuantalama faktörünü dinamik olarak seçmişlerdir. Geliştirdikleri yöntem yavaş ve basit içerikli videolarda başarısız olmaktadır. İkinci sıkıştırılmada kodlanan bit hızı, birinci sıkıştırılmadakinden daha düşük olduğunda doğruluk düşmektedir. Ayrıca sadece I çerçeveleri üzerinde çalışıyor olması, yöntemin negatif yönüdür.

Xu ve arkadaşları [13]'deki yöntemi geliştirilerek ayırık kosinüs dönüşümünün I, B, P çerçevelerindeki dağılım katsayılarına göre çalışmalar yapmışlardır [15], [14]. [15]'deki çalışmada ikinci sıkıştırma da yeniden yapılandırılan AKD katsayılarının frekans dağılımına uygulanan eğri uydurma araçları ile 3×3 'lük özellik matrisi çıkarmışlardır. Bu özellik

matrisini destek vektör makineleri kullanarak sınıflandırmış ve çerçevelerin sahte olup olmadığına karar vermişlerdir. Yöntem farklı bit hızlarında çalışmasına rağmen, bit hızındaki artış yöntemin performansını düşürmektedir.

1.3. Bölgesel Değişim Sahteciliği Tespiti ve Çalışmaları

Konumsal boyutta yapılan birleştirme ve kopyala yapıştır değişiklikleri bölgesel seviyede yapılan sahtecilik türü içerisine girmektedir. Bir grup çerçeve içerisinde bir nesnenin, kişinin veya bir olayın gizlenebilmesi için ya da bunların tekrarlanması işlemi için, video içerisindeki çerçevelerin içerisinde bir bölüm alınarak gizlenecek kısımların üzerine yapıştırılmasıyla kopyala- yapıştır sahteciliği yapılmaktadır. Şekil 7.' de video içerisindeki çerçevelerden alınan dört örnek görüntü üzerindeki bayan nesnesinin kapatılması gösterilmiştir. Birleştirme tekniğinde ise mevcut video çerçeveleri farklı bir videodan alınan çerçeveler ile birleştirilerek tek bir çerçeve elde edilmektedir. Şekil 8. görüntü üzerinde birleştirme tekniği ile yapılan sahtecilik örneğini göstermektedir. Orjinal görüntü içerisine başka bir görüntüden alınan dosya resimleri ilave edilmiştir. Bu işlemi videolarda uygulamak için de birden fazla çerçeve içerisine yapıştırma gerçekleştirilmektedir.

Bu alanda yapılan çalışmalarda özellik çıkarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan birisi kameranın hareketli olması veya sabit olması, yine hareketli nesnelere üzerinde yapılan işlemlerden dolayı arka planın sabit ve değişken olmasıdır. Bu etkenler göz önüne alınarak çerçeveler içerisindeki hareketli nesnenin kaldırıldığı kısımdaki hayalet gölge etkisi, iç boyama teknikleri ile kapatılarak kaybedilmektedir. Zhang ve arkadaşları ön planda hareket tutarsızlıklarına bağlı hareket izleri çıkararak, bölgesel değişikliği algılayacak yöntem önerilmişlerdir. Önerilen yöntem sıkıştırılmaya dayanıklıdır, ancak sabit arka planda iyi sonuçlar vermektedir [16].

Bölgesel sahteciliklerin tespitinde resim grubu yapısına bağlı olarak sıkıştırma işleminin yarattığı etkiler ile hareket vektörleri oluşturularak, zamansal ve konumsal korelasyon veya koherans değerlerine göre çalışmalar yapılmıştır [17, 18, 19].

Wang ve Farid aralıklı ve aralıksız taranan video dizileri üzerinde yapılan, çerçevelerin tekrarlanması veya çerçeve içerisindeki bölgelerin değiştirilmesi sahteciliklerinin tespiti için yöntem önermişlerdir [17]. Aralıklı taranan videolarda öncelikle görüntünün ilk yarısı, sonra ikinci yarısı yatay hatlar şeklinde taranarak görüntü oluşturulur. Oluşturulan görüntüler özellikle de çok hızlı videolar üzerinde hareket hatalarına neden olabilmektedir. Aralıksız tarama tekniği ile de tam bir tarama gerçekleştirilmektedir. Bu yüzden aralıklı videolar üzerinde bölgesel tespit, aralıksız videolar üzerinde de komşu çerçevelerin hareket dağılımı

ile çerçeveler arası tespit gerçekleştirilmektedir. Yapılan sahtecilik işlemleri ile kaybolan zamansal ve konumsal korelasyon modelleri, önerilen yöntem ile ortaya çıkarılmaktadır. Sıkıştırma ve gürültü etkileri yöntemin performansını düşürmektedir.

Li ve arkadaşları komşu çerçevelerin farkları ile oluşturulan hareket vektörlerinin genlik ve yönelimlerine bağlı olarak sahte bölgelerin tespitini gerçekleştirmişlerdir [18]. Değişim yapılmayan videoların hareket vektörlerinin dağılımları da düzenli yapıdadır. Buna bağlı olarak değişen bölgelerin tespitinde hareket vektörlerinin düzensiz dağılımından faydalanmışlardır. Yöntem sabit arka planın olduğu videolarda daha iyi çalışmaktadır. Sıkıştırma işlemi tespit performansını düşürmektedir.

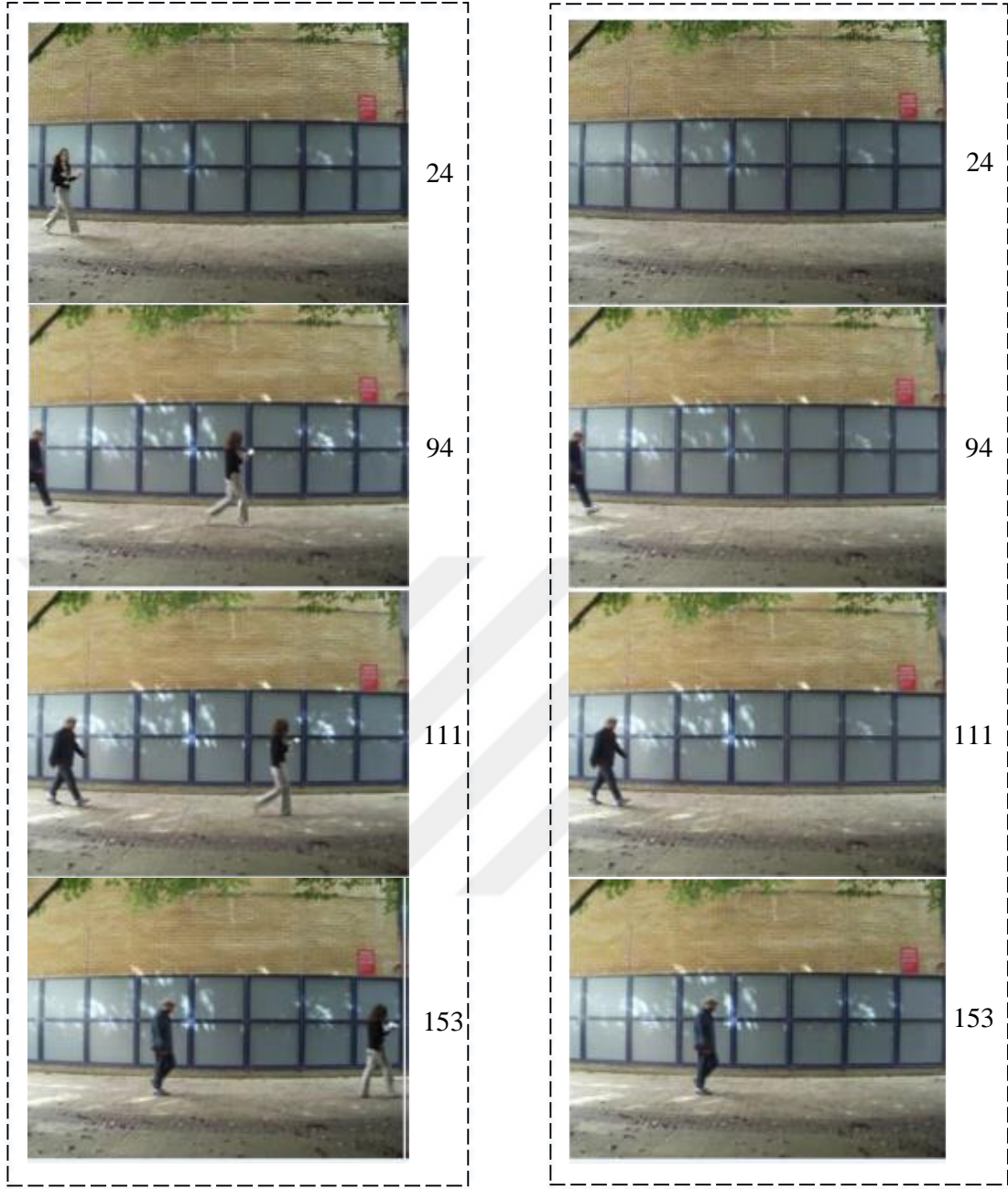
Lin ve Tsay iç boyama tekniğini kullanarak yapılan sahteciliği tespit etmeyi amaçlamışlardır [19]. İç boyama tekniği ile video üzerinden kesilen parçaların doldurulması sağlanır. Yöntem içerisinde griye dönüştürülen çerçevelerden hareket bilgisi hesaplanır. Birbirinden bağımsız her bir çerçeve grubundan zamansal ve konumsal koherans analizi yapılır. Buradan elde edilen verilerle değişen bölgelerin tespiti gerçekleştirilir.

Sabit sahneli videolardaki şüpheli bölgelerin algılanması için gürültü karakteristiklerine bağlı olarak yöntemler geliştirilmiştir [20, 21, 22].

Hsu ve arkadaşları, gürültü artıklarının blok korelasyonlarının GMM (Gaussian mixture model) dağılımlarından faydalanmışlardır [20]. Kullandıkları en iyi eşik değerini bulmak için de Bayes sınıflandırmalarını kullanmışlardır. Önerdikleri yöntem hareketli veya dinamik arka planlı videolarda çok iyi sonuçlar vermemektedir.

Kobayashi ve arkadaşları, gürültü karakteristiklerini kullanarak sabit sahneli videolardaki şüpheli görülen kısımları tespit etmeyi amaçlamışlardır [21]. Her bir pikselin gürültü karakteristiklerinden faydalanmışlardır. Gürültü karakteristiği için görüntü sinyallerindeki parlaklık değişimlerini kullanmışlardır. Yöntemin performansı sıkıştırma ve parlaklık etkisi ile değişmektedir.

Pandey ve arkadaşları, konumsal ve zamansal boyuttaki kopyala yapıştır sahteciliklerini tespit etmeyi amaçlamışlardır [22]. Öncelikle zamansal boyutta inceleme yapmışlardır. Zamansal boyutta gürültü artıklarının çapraz korelasyonundan çıkan sonuçlara göre konumsal boyutta arama yapmışlardır. Kopyalanan bölgelerin, yapıştırılan bölgelerle eşleştirilmesinde SIFT ile özellik çıkarmış ve k-NN ile de eşleştirmelerini gerçekleştirmişlerdir. Yapılan algoritmanın performansı sıkıştırmaya bağlıdır.



(a)

(b)

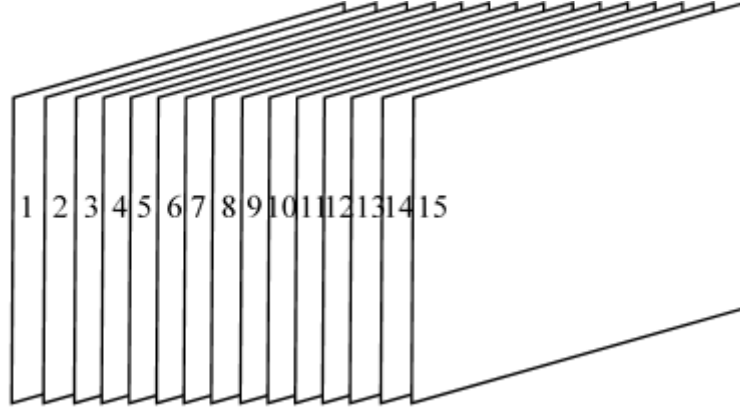
Şekil 7. Çerçeve içi kopyala yapıştır sahteciliği a) orjinal çerçeveler b) sahte çerçeveler



Şekil 8. Birleştirme tekniği ile çerçeve içi sahtecilik gösterimi[23]

1.4. Çerçeveser Arası Video Sahteciliği Tespiti

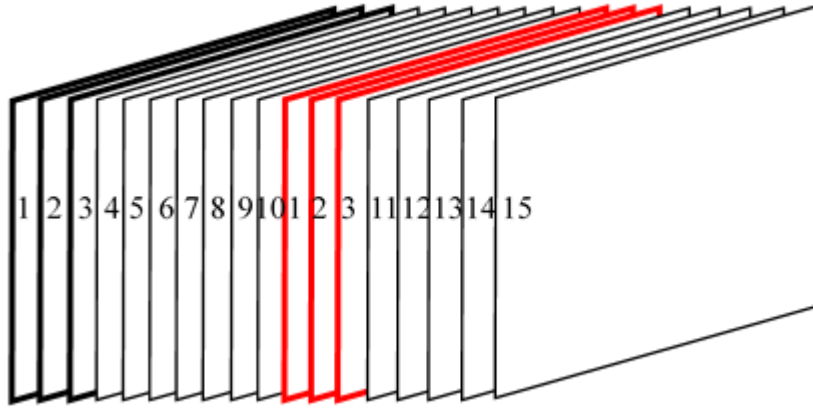
Zamansal boyutta video çerçeveseri arasında yapılan değişimler çerçeveser arası video sahteciliği yöntemlerinin içerisine girmektedir. Çerçeve seviyesinde yapılan değişimler çerçeve silme veya ekleme, çerçeve kopyala- yapıştır şeklinde yapılmaktadır. Videodan çerçeve silme işlemi toplam video boyutunda azalmaya neden olacaktır. Videoya çerçeve ekleme video boyutunda artmaya neden olacaktır. Çerçeveser arası video sahteciliği yöntemleri Şekil 9.' de verilmiştir.



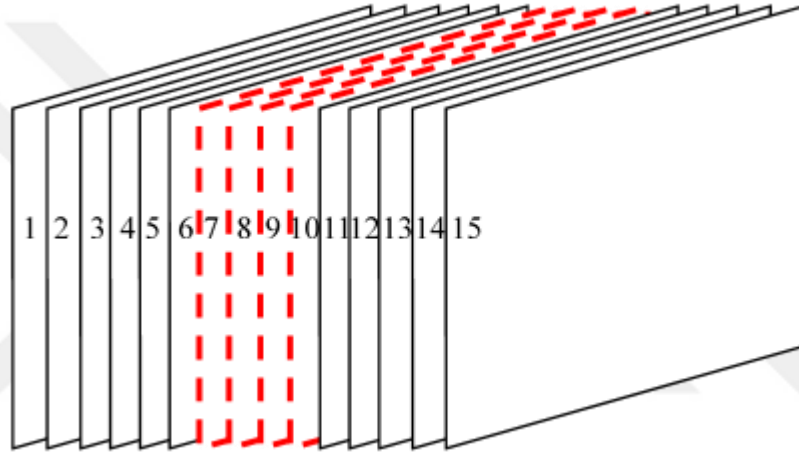
(a) Orijinal video dizisi

Şekil 9. Çerçeveser arası video sahteciliği şekilleri

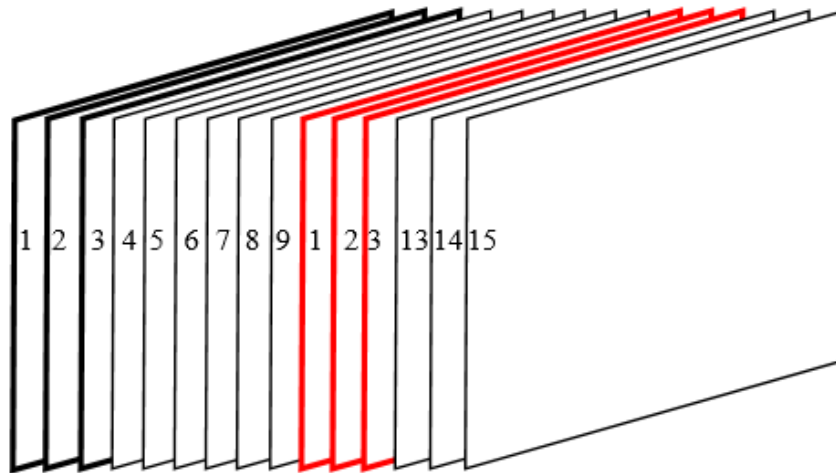
Şekil 9.' un devamı



(b) Çerçeve ekleme



(c) Çerçeve silme



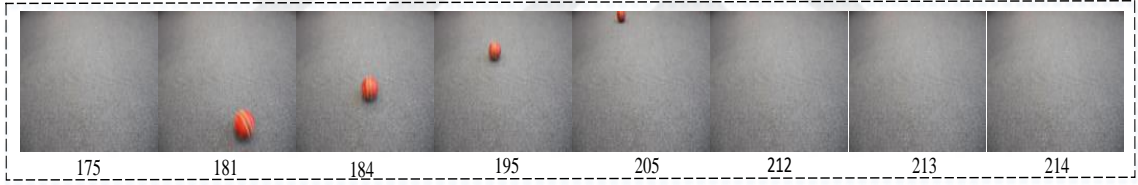
(d) Çerçeve tekrarlama

Çerçeve ekleme sahteciliğinde farklı bir videodan alınan çerçeve gruplarının mevcut videoya ekleme işlemi yapılmaktadır. Farklı videolardan yapııştırma işlemlerinde eğer farklı

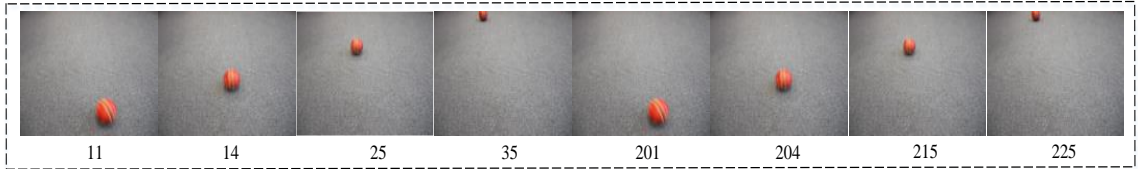
bir kameradan çekim yapıldıysa her kamera kendi karakteristik izini bırakacağı için buna göre sahtecilik tespiti gerçekleştirilmektedir. Aynı kameradan veya farklı kameralardan yapılan çekimlerin çerçevelerinin eklenmesi işleminde ise komşu çerçeveler arasındaki görsel akış anormalliklerine veya korelasyon katsayılarına göre, blok tarzlı parlaklık değişim tanımlayıcı tabanlı özellik çıkarımına göre ekleme işleminin tespiti gerçekleştirilmektedir.

Silinen çerçevelerin yerlerinin boş kalması ile çerçeve silme sahteciliği gerçekleştirilmektedir. Silinen çerçevelerin yerine video içerisinden kopyalanıp silinen çerçeve sayısı kadar ister sıralı ister karışık sırada ekleme işlemi yapılması ile de çerçeve karma sahteciliği yapılmaktadır. Bu yöntemlerin tespitinde resim grubu yapısına bağlı olarak ve harekete dayalı kenar bilgisindeki değişimlere göre tespit gerçekleştirilmektedir.

Çerçeve kopyala yapıştır sahteciliğinde, video içerisinde istenilen bir yerden kopyalama yapılarak, aynı video içerisinde başka bir yere yapıştırma işlemi ile sahte video oluşturulmaktadır. Bu sayede de bir hareketin kapatılması veya tekrarlanması sağlanabilmektedir. Şekil 10. ve Şekil 11.' de üretilen sahne üzerindeki topun çoğaltılması ve kapıdan çıkan adamın silinmesi örnekleri gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 10. Kopyala-Yapıştır sahteciliği ile nesne çoğaltma

Şekil 10 (a) orijinal videonun 175 ile 215 nolu çerçevelerinden, (175, 181, 184, 195, 205, 212, 213, 214) çıktıları göstermektedir. 175 ile 215 nolu çerçeveler arasındaki, 40 çerçeve kopyalanarak 5 ile 45 arasına yapıştırılmıştır. Orijinal videoda 5 ile 45 nolu çerçeveler arasında gerçekte herhangi bir nesne olmamasına rağmen, çerçeve eklenmesiyle top gözlenmektedir. Bu durumda toplam çerçeve boyutu, 40 çerçeve artmıştır. Şekil 10. (b) sahte videoya ait 11 ile 225 nolu çerçeveler arasındaki görüntülerden (11, 14, 25, 35, 201,

204, 215, 225) çıktılar göstermektedir. “201, 204, 215, 225” nolu çerçeveler, “181, 184, 195, 205” nolu orijinal çerçeveler olup çerçeve eklenmesi ile sıra numaraları değişmiştir. Şekil 11. (a) yukarıdan aşağıya doğru orijinal videodan, 140 ile 261 nolu çerçeveler arasından, alınmış görüntü dizilerini göstermektedir. Şekil 11. (b) ise orijinal videodaki 1 ile 120 nolu çerçevelerden alınmış örnekleri göstermektedir. 1 ile 120 arasındaki, 119 çerçeve kopyalanarak, 141 ile 260 nolu çerçeveler arasına yapıştırılmış ve sahtecilik işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde de sahnedeki insan figürünün kaybedilmesi sağlanmıştır. Bu işlemde toplam çerçeve sayısı korunmuştur. İnsan figürünün bulunduğu çerçeveler toplam çerçeve sayısının korunması adına yapıştırılma işleminden önce silinmiştir.

Sahte videonun yeniden kaydedilmesi sırasında video üzerinde fark edilmeyen bozulmalar olmakta ve kopyalanıp yapıştırılan çerçevelerin aynı özellikleri göstermesi mümkün olmamaktadır. Bu yüzden yapılan çalışmaların, çerçevelerin özelliklerini çıkarma aşamasında iyi algoritmalar seçmesi gerekmektedir. Bu tez çalışmasında kopyala yapıştır sahteciliği tespitine ilişkin literatürde var olan yöntemler incelenmiş olup bu yöntemlerdeki tespit edilen problemlere karşı yeni yaklaşımlar kullanarak iyileştirmeler gerçekleştirilmiş ve ayrıca yeni kopyala yapıştır sahteciliği tespiti yöntemi önerilmiştir



Şekil 11. Kopyala-Yapıştır sahteciliği ile nesne kapatma

1.5. Literatür Araştırması

Bu bölümde tezin kapsamında da yer alan çerçeveler arası sahtecilik tespitine ilişkin literatürde yapılan çalışmalara yer verilmiştir. Yapılan çalışmalar çerçeve silme, tekrarlama, ekleme ve çerçevelerin kopyalanarak yapıştırılmasının tespiti üzerine gerçekleştirilmiştir.

Bu alanda yapılan çalışmaların öncüsü olan Wang ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, ilk olarak video her biri n adet çerçeveden oluşan örtüşen gruplara ayrılmış ve gruplar arası korelasyon değerlerine bakılarak, gruplar arası benzerlik matrisleri oluşturulmuştur. Bu matrislerden hangi çerçevelerin birbirinin kopyası olabileceği kararına varıldıktan sonra çerçeve bazında bloklara ayırma ve bloklar arası korelasyon matrisleri oluşturularak bölgesel bazda kopyala yapıştır sahteciliklerinin tespiti gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada hareketli kameraların sabit sahneleri çekmesinde veya sabit kameralarda arka plan sahnelerinin aynı olması dolayısıyla bu tarz bölgeleri kopyala yapıştır sahteciliği olarak yanlış bulmaktadır [24,11].

Su ve arkadaşları videolardan çerçeve silinerek yapılan sahteciliğe karşı hareket dengelemeli kenar artifaktı değeri (MCEA) ile yeni bir yöntem önermişlerdir [25]. Videodan çerçeve silinmesi ile çerçeveler arasındaki zamansal korelasyon farkı azalmakta ve sonuç olarak hareket dengeleme hataları ortaya çıkmaktadır. Resim grupları içerisindeki P çerçevelerinin MCEA değer dağılımları, silmeden etkilenirler. Birinci, ikinci ve üçüncü P çerçevelerinin MCEA değerlerinden hesaplanan etki faktörü ile de videonun sahte olup olmadığına karar verilir. Yöntem resim grubunun katları olacak sayıda silinme yapıldığında başarısız olmaktadır.

Lin ve Chang [24]' de önerilen yöntemi iyileştirmek için, komşu iki çerçeve arasındaki benzerlik bilgisini değerlendirmek amacıyla renk histogram farkını kullanarak korelasyon hesabı yapmışlardır [26]. Yapılan korelasyon hesabı belirlenen eşik değerini geçtiği takdirde aday çerçeveler belirlenmiş ve aday çerçeveler içerisinde bölgesel korelasyon ile arama yapılmıştır. Uyguladıkları yöntem ile hesapsal karmaşıklık azaltılmış, doğruluk oranı artırılmıştır.

Su ve arkadaşları çerçeve değişimlerini algılamak için, sıkıştırma etkisinin kodlanmasından doğan etkiyi kullanan çalışmalardan farklı olan bir özellik çıkarımı önermişlerdir [27]. Çerçeve silme sahtecilik tespiti için kullandıkları vektörlerinde B ve P çerçevelerinin ayrık kosinüs dönüşümü (AKD) katsayılarının periyodiklik özelliklerinden

faydalanmışlardır. Yapılan çalışma silinen çerçeve sayısı resim grubu sayısının katı şeklinde olduğunda iyi sonuç üretmemektedir.

Dong ve arkadaşları [24]'deki çalışmanın kullandığı eşik değerinden bağımsız olarak farklı sıkıştırma formatlarında ve GOP yapısında değişim olduğunda da çalışabilen bir yöntem önermişlerdir [28]. Çalışmalarında MCEA farklarına Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) uygulayarak Fourier uzayında pik gösteren videolar üzerinde değişim yapıldığını göstermişlerdir. Ancak geliştirilen yöntem de GOP sayısının katlarında silme yapıldığında başarısız olmaktadır.

Stamm ve arkadaşları videoların P çerçevelerinin tahmin hatalarını içeren izlerden, otomatik olarak çerçeve ekleme ve silmelerin tespitinde kullanılacak, matematiksel bir model geliştirmeyi amaçlamışlardır [29]. Geliştirdikleri model hem sabit uzunluklu GOP' lar için hem de farklı GOP uzunluğu kullanan sıkıştırma standartlarıyla kullanılmaktadır. Geliştirilen yöntem, [30]' de önerilen sahtecilik tespitinde kullanılan P çerçevelerinin hareket vektör izlerini kaybeden, sahtecilik tespitini zorlaştıran çalışmaya karşı da dayanıklılık göstermektedir.

Chao ve arkadaşları yaptıkları çalışma Lucas Kanade görsel akışına dayalıdır [31]. Orijinal videolarda komşu çerçeveler arasındaki görsel akışın uyumlu olduğu, çerçeve ekleme ve silme ile oluşturulan sahte videolarda ise bu uyumun bozulduğu gözlemlenmektedir. Çerçeve eklemede pencerelere bölünen videonun, her bir pencere için ilk çerçeve ile son çerçeve arasındaki görsel akışları hesaplanarak kabaca arama yapılır. Şüpheli görülen pencereler üzerinde ikili aramalar ile hassas bir arama yapılarak eklenen çerçevenin tespiti gerçekleştirilir. Görsel akışın silme işleminde, ekleme işlemine göre çok küçük olması dolayısıyla komşu çerçevelerin görsel akışları hesaplanarak iki kere adaptif eşik kullanılarak videolarda yapılan silme işleminin tespiti gerçekleştirilir. Önerilen çalışma sahteciliklerin algılanmasının yanında, sahtecilik modeli oluşumuna da katkıda bulunmuştur.

Bestagini ve arkadaşları konumsal ve zamansal boyutta tamamen otomatik olarak sahtecilik tespiti yapan bir yöntem önermişlerdir [32]. Önerilen yöntem iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda sahte video içerisindeki değişen kısımları görüntü tabanlı ataklardan yola çıkarak bulmaktadırlar, ikinci kısımda da korelasyon analizi ile sahtecilik tespiti gerçekleştirilmektedirler. Algoritma görüntü tabanlı atakları araştırırken, videodaki ardışık çerçevelerin aynı konumdaki pikseller arası farkı gözlemleyerek zamanla sabit kalan hareketsiz kısımları analiz eder ve iteratif olarak yapısal değişimlerin kümelenmesini gerçekleştirmektedir. Korelasyon analizinde ise basitçe çerçevelerin korelasyonuna

bakmaktansa, küçük üç boyutlu blokların çapraz korelasyonlarına bakarak konumsal zamansal tekrarlamalarını incelemektedir. Algoritmada sıkıştırmanın artması ile doğruluk oranı düşmektedir.

Bestagini ve arkadaşları, zamansal boyutta yapılan sahteciliği, zamansal kestirim ile tespit etmeyi önermişlerdir [33]. Eğer bir video dizisinin kestirimi yapılırsa, orijinal çerçeve oranı kestirimi de yapılmaktadır. Zamansal boyutta hareket dengeleme kestirimi yapılarak görsel yapaylıklar minimize edilebilmektedir. Hareket vektörleri komşu çerçevelerin piksellerinin gidişatına göre tahmin edilmektedir. Frekans uzayında, periyodik olarak karesi alınmış tahmin hataları kestirim faktörünü bulmak için kullanılırlar. Kestirim faktörü ile de orijinal çerçeve oranları tahmin edilir.

Shanableh çerçeve silme ataklarını tespit etmek için en yakın komşuluk (k-NN), lojistik regresyon, destek vektör makineleri (SVM) gibi makine öğrenme tekniklerini kullanmıştır [34]. Ayırıcı özellikler videoların bit akışından ve yeniden yapılandırılan görüntülerden çıkarılır. Tahmin kalıntıları, makro blokların kod içi yüzdeleri, niceleme ölçütleri ve tepe sinyal gürültü oranı (PSNR) tahminleri özellik olarak kullanılmıştır. Orijinal ve sahte videoların özelliklerini hemen hemen ayıran spektral regresyon kullanılarak özellik vektörlerinin boyutları azaltılır. Bu yöntem değişken bit hızı (VBR) ve sabit bit hızına (CBR) sahip sıkıştırma tekniklerinin dışında farklı uzunlu GOP' lar içinde iyi sonuçlar üretmektedir. Silme işlemi GOP' un katları şeklinde yapılırsa algoritma başarısız olmaktadır.

Liu ve arkadaşları diğer çalışmalardan farklı olarak MPEG sıkıştırma yerine H.264 sıkıştırma formatı kullanarak silinen çerçevelerin algılanmasını gerçekleştirmiştir [35]. P çerçevelerinin ortalama kalıntı dizisi (SARP) zaman ve frekans uzayında kullanılarak orijinal videonun sahte videodan farkı eşik değerine göre tespit edilir.

Wu ve arkadaşları ardışık çerçeve tekrarlamalarını ve ardışık çerçeve silme sahteciliğini tespit etme amacıyla hız alan yoğunluk (VFI) uyumunu kullanmışlardır [36]. Yapılan algoritma ilk olarak blok tabanlı çapraz korelasyon uygulayarak hız alan vektörlerinin dikey ve yatay yönlerini parçacık görüntü velosimetrisinden belirler. Parçacık görüntü velosimetrisinin (PIV) anahtar noktası, farklı anlardaki komşu çerçevelerin kıyaslanarak yer değişimlerinin tahmin edilmesidir. Sonrasında ise hız alan vektörlerinden bağıl faktör dizisini tanımlar. Bağıl faktörler de çerçeveler üzerinde herhangi bir değişim olduğunda farklı bir dizilim göstererek tepe değeri oluştururlar. Bu dizilimin tipine göre de ne tür sahtecilik yapıldığı ve değişimin hangi çerçeveler üzerinde yapıldığı tespit edilebilir. Bağıl faktör dizilimi uç student sapma (ESD) algoritması uygulanarak bulunur. Yöntem sabit izlemeli kameralarda çalışır ve sıkıştırma arttığında doğruluk oranı düşmektedir.

Feng ve arkadaşları çerçevelerin silinme noktalarını doğrudan bulan bir yöntem önermişlerdir [37]. Yöntem, silme işleminin neden olduğu hareket kalıntılarının ayırt edici değişim özelliklerini kullanarak, silme noktalarını algılar. Hareket kalıntıları için uygulanan başlangıç prosedürleri ve adaptif eşik algılayıcı sayesinde tespit dayanıklılığı geliştirilebilir. Hareketin çok yavaş olduğu güvenlik videolarında iyi sonuçlar üretemezken, bit hızı arttırıldığında da doğruluk düşer.

Wang ve arkadaşları çerçeve ekleme ve silme sahteciliklerinin tespiti için sıralı çerçeveler arasındaki gri değerlerin korelasyon katsayıları farkını kullanmışlardır [38]. Çerçeveler arası korelasyon farkı orijinal videolarda tutarlı bir grafik gösterirken, sahte videolarda tutarsız grafik gösterir. Elde etikleri korelasyon vektörleri üzerinde normalize ve niceleme işlemleri yaparak destek vektör makineleri (SVM) ile sahte ve orijinal videoları sınıflandırmışlardır. Sıkıştırma arttıkça yöntemin performansı düşerken, silinen çerçevelerin tespitinde doğruluk oranları daha düşüktür.

Gironi ve arkadaşları periyodik faz değişim tabanlı çerçeve ekleme ve silme ataklarının tespitini gerçekleştirmişlerdir [39]. Yapılan çalışma videoların iki kez kodlanıp kodlanmadığının tespiti için geçerli aracı sunan iz tahmin değişim (VPF) tekniğini kullanır. VPF sayesinde farklı kodlama standartlarında da çalışabilen bir algoritma üretilmiştir. Ancak algoritma da kesin olarak ekleme ve silmenin yapıldığı yerler belirlenememiştir.

Wang ve arkadaşları güvenlik videolarındaki sahtecilikleri tanımlamak amacıyla görsel akış tabanlı bir yöntem önermişlerdir [40]. Önerdikleri yöntem ile ekleme, silme, tekrarlama gibi sahteciliğin türünü tespit edebilmişlerdir. Orijinal videoların varyasyon faktörlerinin dağılımı Gauss Dağılımı ile modellenir. Varyasyon faktörleri de komşu çerçeveler arasındaki görsel akış hızlarının genliklerinden hesaplanmaktadır. Önerilen yöntemin silme atağı adına doğruluğu oranı düşük olmakla beraber, karmaşık arka planlı sahnelerde veya hareketin yoğun olduğu videolarda etkinliği düşmektedir.

Yang ve arkadaşları çerçeveler arası kopyala yapıştır sahteciliğinin tespiti için tekil değer ayrışımı (SVD) ile özellik çıkarımı yaparak çalışma yapmışlardır [41]. Video öncelikle örtüşen çerçeve dizilerine ayrılmış ve her diziden özellik vektörleri çıkarılmıştır. Çıkarılan özellik vektörlerinden ilki referans vektör olarak kabul edilerek, diğer vektörlerle Öklit uzaklıkları bakımından kıyaslanmışlardır. Çerçeveler arası benzerlik bu Öklit uzaklıklarına göre belirlendikten sonra komşu çerçeveler arasındaki yapısal benzerlik içerik ölçütünün (SSIM) korelasyonları ile nerede sahtecilik yapıldığının tespiti gerçekleştirilmiştir.

Singh ve arkadaşları çerçeveleri dört alt bloğa ayırdıktan sonra her bir çerçeve için dokuz tane özellik çıkarmışlardır [42]. Özellik çıkarımından sonra benzer çerçeveleri

gruplamak için leksikografik sıralama uygulamışlardır. Sıralamadan sonra komşu çerçevelerin özelliklerinden ortalama karekök hatası (RMSE) hesaplamışlardır. Eşik değerini geçemeyen RMSE'lerin çerçevelerini atarak, kalan çerçeveleri şüpheli aday olarak belirlemişlerdir. Çerçeve tekrarlama sahteciliği için şüpheli aday çerçeveler arası korelasyon hesaplayarak, bire yakın korelasyon değerlerini sahte çerçeve olarak belirlemişlerdir. Yöntem performansı sıkıştırma ile azalmaktadır.

Liu ve Huang çerçeveler arası sahteciliklerin tespiti için video çerçevelerini RGB renk uzayından iki boyutlu kromatik uzayına çevirerek, çerçevelerin kromatik sapmalarından faydalanmışlardır [43]. Kromatik uzaydan Zernike kromatik momentlerinin (ZOCM) hesaplanması için Zernike moment korelasyonunu kullanmışlardır. Komşu çerçeveler arasındaki ZOCM'ler ile farksal analiz yaparak, çıktılar arasındaki en yakın çerçevelerin doku kalitesini hesaplamışlardır. Kalite fark analizi ile de sahteciliğe karar vermişlerdir. Yöntem yavaş hareketli veya sabit kameralı videolarda iyi sonuçlanırken, dinamik arka planlı videolarda başarısızdır.

Gupta ve arkadaşları çerçeve tekrarlamalarını ve silmelerini algılayan, özellikle de hareketli kısımların fazla olduğu videolar üzerinde çok iyi sonuçlar veren bir yöntem önermişlerdir [44]. Yöntem iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda sahte videolardaki tekrar eden çerçeveler tespit edilir. Bunun için ilgili konumsal bölgelerin çerçeve farkları kullanılarak videolardaki hareket enerjilerinin ortalama kare değerleri hesaplanır. İkinci kısımda ise video çerçeve entropileri ve yerel ortalama nesne bilgisi hesaplanarak sonuçlar SVM yardımıyla sınıflandırılır. Sınıflandırma sonucu video da zamansal domainde oynama yapıp yapılmadığına karar verilir.

Su ve arkadaşları çerçeve ekleme ve silme sahteciliklerinin tespiti için, bloklara ayırma filterleri uygulanmış video çerçeveleri arasındaki mutlak farkların toplamını hesaplayarak, onların ayrık Fourier dönüşümlerini (DFT) almışlardır [45]. Yüksek farklar değişimi göstermektedir. Yöntem niceleme parametresi (QP) veya yumuşak içerikli videolarda iyi çalışır. Niceleme parametrelerinin kontrolü için hız kontrol mekanizmalarını kullanır. Her bir çerçevenin niceleme parametresi ve bit hızı ilişkileri sonraki çerçeveye atanacak olan niceleme parametresinin ne olduğuna karar vermek için kullanılır. Eğer mevcut niceleme parametresinin değeri önceki atanan değerlerden farklıysa orada değişim olduğu belirtilir. Yöntem, GOP sayısı kadar silme yapıldığında da uygulanabilir; ancak videoları yeniden kodlamak için aynı hız kontrol yöntemi uygulandığında başarısız sonuçlanmaktadır.

Zheng ve arkadaşları çerçeve ekleme ve silme ataklarına karşı blok düzeyinde parlaklık değişim tanımlayıcı (BBVD) tabanlı bir yöntem önermişlerdir [46]. Öncelikle

video alt dizilere ayrılarak BBDV özellik vektörleri çıkarılmıştır. Sonrasında her bir dizinin ortalama BBVD oranını hesaplayarak adaptif olarak belirlediği eşik değerine göre videolarda değişim olup olmadığı tespit edilmiştir. En son aşamada ise yapılan sahteciliğin türü ve yeri saptanmıştır. Çalışmada insan gözünün algılayabileceği uygunluk değerlerinden faydalanılmıştır. Bu yüzden normal videolarda iki çerçeve arasındaki parlaklık değişim oranının insan gözünün algılayabileceği süre aralığında sabit ve tutarlı olduğu, değiştirilen videolarda ise parlaklık değişim oranının geniş varyasyonları gözlenmiştir. Çalışma yapılan algoritma tarafından kısıtlanan varsayımların dışında iyi sonuçlar üretememektedir.

Zhang ve arkadaşları kodlanan çerçevelerin komşu yerel ikili örüntü (LBP) korelasyon katsayıları ile çerçeve ekleme ve silme ataklarını tespit etmişlerdir [47]. Video orijinal ise aralarındaki korelasyon değeri çok yüksek olacaktır. Yöntem özellik çıkarımı ve anormalliklerin tespiti şeklinde iki kısımdan oluşmaktadır. Her bir çerçeveden LBP ile özellik çıkarıldıktan sonra bu özelliklere göre korelasyon katsayısı oranları hesaplanır. Anormal noktaların tespitinde ise Tchebyshev yetersizliği iki kez kullanılarak belirlenen eşik değerine göre ekleme ve silme sahteciliğinin yeri tespit edilir.

Singh ve Aggarwal çerçeve silme ataklarına karşı görsel akışın kullanımına farklı bir bakış açısı getirerek sahtecilik tespiti gerçekleştirmişlerdir [48]. Yöntem farklı sıkıştırma standartlarına karşı da dayanıklı olmakla beraber test videolarının bit hızından etkilenmez. Yöntemde DCT katsayılarının düzenli dağılımı ve görsel akışın parlaklık gradyan değerlerine FFT uygulanması ile frekans uzayında oluşan tepe değerlerinden silinen çerçevelerin tespiti yapılmıştır.

Kang ve arkadaşları [35]'deki çalışmayı referans alarak çerçeve silme sahteciliğinin tespitini gerçekleştirmişlerdir [49]. Yapılan çalışma üç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak çerçevelerin silinmesinin tespiti gerçekleştirilmekte ardından hareket hatalarının periyodik dizilimlerinden ve genlik değerlerinden faydalanılarak sahtecilik tespiti karşıtı yöntemlere dayanıklılık sağlanmakta ve son olarak da, sahtecilik tespiti ve bu tespiti zorlaştıran yöntemler birleştirilerek çerçeve silme tespiti yapılmaktadır.

Aghamaleki ve Behrad konumsal ve zamansal uzayda çerçeve ekleme ve silme ataklarının tespitini yapan bir yöntem önermişlerdir [50]. Yapılan çalışma çift sıkıştırmanın algılanması, yapılan değişimin algılanması ve karar aşaması olarak üç kısımdan oluşmaktadır. İlk modül SVM sınıflandırıcı kullanarak I çerçevelerinin DCT katsayılarının en anlamlı basamak dağılımına göre tek veya çift sıkıştırmanın varlığını tespit eder. İkinci modül zaman uzayında P çerçevelerinin artıklık hatalarının analizi ile çerçeve ekleme ve silme ataklarını tespit eder. Bu modülde çerçevelerin hareket ve entropilerini tanımlayan iki

parametresinde optimizasyon algoritmaları kullanılır. Son modül ise videoların tek bir sıkıştırma işleminden geçirildiğini, her hangi bir değişim olmaksızın sıkıştırıldığını veya değişim yapılarak sıkıştırıldığının tespitini gerçekleştirir.

Mathai ve arkadaşları tekrarlama sahteciliğinin anlaşılması ve yerinin tespiti üzerine çalışmışlardır [51]. Yapılan yöntemde iki boyutlu uzaydaki çerçevelerin tahmin hatalarından moment özellikleri çıkarmışlardır. Bu özelliklerin çapraz korelasyonlarının normalizasyonu ile sahteciliği tespit etmişlerdir. Çerçevelerin tahmin hatalarını bulmak için iki komşu piksel arasındaki yoğunluk farkından, birinci seviye Haar dalgacık dönüşümü ve Fourier dönüşümünden faydalanılmıştır. Çalışmanın sıkıştırmaya veya her hangi bir son işleme dayanıklılığı test edilmemiştir.

Xu ve arkadaşları sabit arka planlı videolarda sahtecilik tespiti için yeni bir yöntem önermişlerdir [52]. Yöntem çerçeveler arası tekrarlama, ekleme ve silme sahteciliklerini tespit edebilmektedir. Yöntemde dikey ve yatay yöndeki piksel çizgileri gözlemlenmiştir. Devam eden dört piksel çizgisinden bir şerit yapılır. Özellikle de sabit sahnelerdeki komşu çerçeveler arası korelasyon değerlerinin ilişkileri yüksek olması dolayısıyla histogram kesişim yöntemi ile piksel şeritlerinin arasındaki korelasyon katsayıları hesaplanır. Yöntem içerisinde piksel çizgileri yeterli veri hacmini sağlamadığı için piksel şeritleri kullanılmıştır. Yöntem ile sahtecilik türünün tespiti ve sahteciliğin nerede yapıldığını bulmuşlardır. Yöntem çerçeveler arası sahtecilik işleminde belirli sayının altındaki çerçeveler üzerinde değişim yapıldığında çalışmamaktadır. Ayrıca GOP sayısının katları şeklinde ekleme yapıldığında veya ekleme pozisyonu farklı bir GOP'un başlangıcı ise doğruluk oranı düşmektedir.

1.6. Literatürdeki Veri Setleri

Video sahtecilik tespitinde, "SULFA", "Video Trace Library", "ChangeDetection.Net (CDNET)", ve "Recognition of human actions" veri tabanları literatürde sık tercih edilen veri tabanlarıdır [53], [54], [55], [56]. "Video Trace Library" farklı formatlarda kodlanmış video dizileri içermektedir. Sıkıştırılmamış YUV formatında 26 adet video içermektedir. "Recognition of human actions" 6 farklı hareketin 25 kişi tarafından 4 farklı senaryoda çekildiği 600 farklı video içermektedir. "CDNET" farklı hava şartlarının da olduğu senaryoları içeren, ilk olarak 2012 de oluşturulup 2014 de güncellenen 53 tane video içeren veri tabanıdır. "SULFA" veritabanında farklı kameralar tarafından çekilmiş yaklaşık 150 video bulunmaktadır.

Kıyaslanan çalışmalarda da tercih edilen SULFA, daha doğru karşılaştırma yapabilmek amacıyla, tez çalışması kapsamında kullanılmıştır. Ayrıca SULFA veri tabanı haricinde indirilen 10 film videosu üzerinde de kopyala yapıştır sahteciliği yapılarak, bu film videoları üzerinde de yapılan yöntemlerin başarısı test edilmiştir.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Bu tez çalışmasında videolar üzerinde gerçekleştirilen çerçeve düzeyinde kopyala yapıştır sahtecilik tespitine ilişkin literatürde var olan zamansal boyuttaki sahtecilik tespiti yöntemleri incelenerek iki çalışma yapılmıştır. İlk çalışmada [41]' deki çalışma referans alınarak kıyaslama yapılırken, ikinci çalışma da [24, 26, 41]' deki çalışmalar referans alınarak, zamansal ve performans analizi bakımından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Çerçeve tekrarlama sahteciliği tespiti üzerine etkili yöntemler önerilmiştir.

İlk yöntem içerisinde, RDT yönteminden faydalanılarak özellik vektörleri oluşturulmuştur. Elde edilen özellik vektörlerinin referans olarak kullanılan özellik vektörü ile arasındaki Öklit uzaklıklarına bakılarak, yeni özellik vektörleri oluşturulmuştur. Oluşturulan özellik vektörleri gruplamalar yapılarak birleştirilmiş, gruplar arası Öklit uzaklıklarına bakılarak, leksikografik sıralama uygulanarak sıralanmışlardır. Aday grupları bulabilmek için sıralama uygulanan dizi içerisinde TSGO değeri en yüksek olanlar seçilmiştir. Oluşturulan yöntem sıkıştırılmaya dayanıklılık, süre performansı ve doğruluk oranı bakımından iyi sonuçların alındığı yöntem olarak literatüre katkı sağlamıştır.

Uygulanan ikinci yöntem içerisinde, çerçeve kopyala yapıştır sahteciliğine ilişkin daha önce literatürde kullanılmamış matematiksel bir model yapısı oluşturuldu. Yapılan çalışma içerisinde AKD ile özellik vektörleri çıkarıldı ve çıkarılan çerçevelerin benzerlikleri Hough dönüşümü kullanılarak bulunulmaya çalışıldı. Kopyalanıp yapıştırılan çerçevelerin çerçeve numaralarının bir doğru ile temsil edilebileceği fikrinden yola çıkıldı. Çalışma, çerçeve tekrarının tespitini gerçekleştiren diğer üç çalışmadan da [24, 26, 41], doğruluk ve süre performansı açısından daha iyi sonuçlar elde edilebilmesini sağladı. Ayrıca yöntem otomatik çalışması yönüyle de diğer yöntemlerden öne çıkmaktadır. Geliştirilen yöntemin sıkıştırılmış videolardaki performansı da oldukça başarılıdır.

Yapılan çalışmalarda sonuç olarak sıkıştırılmaya dayanıklı, yüksek doğruluk oranlarıyla süre bakımından da oldukça efektif yöntemler önerilmiştir. Bu bölümde yapılan çalışmalara ilişkin genel bilgilerden bahsedilecektir.

2.2. RDT Tabanlı Sahtecilik Tespiti

2.2.1. Renk Düzen Tanımlayıcı (RDT)

Renk düzen tanımlayıcı, etkili ve hızlı bir yöntem olması dolayısıyla özellik çıkarım yöntemi olarak tercih edilmiştir. Yöntem dört aşamadan oluşmaktadır [58]. Görüntünün bölümlenmesi, üzerine yerleştirilen ızgaradaki temsili renklerin konumsal renk dağılımı, AKD niceleme ve sonucunun zigzag taranması şeklinde kısımlardan oluşmaktadır. Görüntü, bölümlenmek amacıyla 8×8' lik 64 bloğa ayrıldıktan sonra, her bir blok için temsili renk seçimi yapılır. Temsili renk seçimi için kullanılan en yaygın ve basit yöntem blok içerisindeki renk değerlerinin ortalamasının alınmasıdır. Temsili renk seçimi ile oluşan görüntü ufak görüntü (tiny image) olarak adlandırılır [58]. Temsili renk seçimi sonrasında tiny görüntünün renk uzayı, RGB renk uzayından YCbCr renk uzayına dönüştürülür. Her blok için iki boyutlu AKD dönüşümü uygulanarak, YCbCr için ayrı ayrı 64 elemanlı matrisler elde edilir. Elde edilen matrisler de zigzag tarama işlemine tabi tutularak özellik vektörleri elde edilmiş olur. 64 elemanlı bir matris üzerinde zigzag tarama işleminin gerçekleştirilmesi için öncelikle [1×1]' deki eleman, sonra [2×1]' deki eleman, [1×2], [1×3], [2×2]... şeklinde devam eden bir düzen ile gerçekleştirilir [58]. AKD sonucu düşük frekans bileşenleri matrisin sol üst köşesinde toplanmakta ve yüksek frekans bileşenleri de sağ alt köşede toplanmaktadır. Görüntüler sıkıştırmanın etkisiyle kuantalama sonucu bu alt kısımdaki yüksek frekans bileşenlerini kaybederler ve asıl görüntünün insan tarafından algılanan alçak frekanslı kısımları zigzag tarama ile bir araya getirilmektedir.

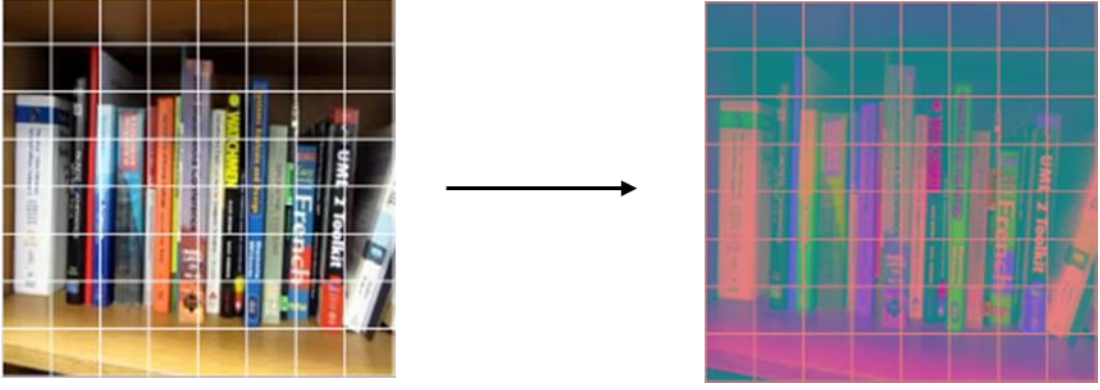
Luminans, mavi ve yeşil krominans değerlerinin elde edilebilmesi için gereken Eşitlik (2.1, 2.2 ve 2.3)' de gösterilmiştir [58].

$$Y = 0,299 \times R + 0,587 \times G + 0,114 \times B - 128 \quad (2.1)$$

$$Cb = 0,169 \times R - 0,331 \times G + 0,500 \times B \quad (2.2)$$

$$Cr = 0,500 \times R - 0,419 \times G - 0,081 \times B \quad (2.3)$$

Yukarıdaki eşitlik kullanılarak SULFA veri tabanındaki bir videonun çerçevelerinden birinin dönüşüm sonucu Şekil 12. ' da gösterilmiştir. Şekil 12.' da boyutu [8x8] olan RGB uzayındaki görüntü, yine boyutu [8x8] olan YCbCr uzayına dönüştürülmüştür.



Şekil 12. Bölünmüş görüntüdeki renk uzayı dönüşümü

Tablo 1. RDT ile özellik çıkarım aşamaları [58]

Girdi Adımları	Çıktı Adımları
[M×N] boyutlu görüntü	64 bloklu [M/8×N/8] bölünmüş görüntü
64 bloklu [M/8×N/8] bölünmüş görüntü	[8×8] tiny görüntü
RGB uzayındaki [8×8] tiny görüntü	YCbCr uzayındaki [8×8] tiny görüntü
YCbCr uzayındaki [8×8] tiny görüntü	3 tane [8×8] 64 elemanlı matris (DCT _Y , DCT _{Cb} , DCT _{Cr})

2.2.2. Özellik Tanımlayıcıları Eşleme

Özellik vektörleri elde edildikten sonra, bu vektörlerin kıyaslanarak doğru eşleştirilmesi de önemlidir. Uygulamaların süre performansı ve doğruluk oranlarının artırılması için, kullanılan tanımlayıcı vektörlerin kıyaslanması amacıyla kullanılan yöntemler eleyici birer faktör olup önemlidirler. Yöntem içerisinde bu kapsamda korelasyon katsayısı ölçümleri, Öklit uzaklığı ölçümleri ve tepe sinyal gürültü oranı ölçümleri kullanılmıştır. Bu bölümde bu yöntemlerin detaylarından bahsedilecektir.

2.2.2.1. Korelasyon Katsayısı

Korelasyon katsayısı, iki görüntü arasındaki benzerlik ölçütü olarak kullanılır. -1 ile 1 arasında değerler alır. Benzerlik kıyaslaması adına formül mutlak değer ile kullanılmıştır. Değer 1'e yaklaştığında benzerlik oranı artmaktadır.

Aynı olan iki görüntünün korelasyon değeri 1' dir. Tamamen farklı iki görüntünün korelasyon değeri 0' dır. Eşitlik 2. 4' te kullanımı gösterilmektedir.

$$K(\vec{u}, \vec{v}) = \left| \frac{\sum_i (u_i - \mu_u)(v_i - \mu_v)}{\sqrt{\sum_i (u_i - \mu_u)^2} \sqrt{\sum_i (v_i - \mu_v)^2}} \right| \quad (2.4)$$

u_i ve v_i , \vec{u} ve \vec{v} vektörlerinin i 'inci elemanları olup, μ_u ve μ_v ise vektör ortalamalarını temsil etmektedir [61].

2.2.2.2. Öklit Uzaklığı

Öklit uzaklığı, iki vektör arasındaki uzaklığı ölçen bir yöntemdir. Tez kapsamında özellik vektörlerin birbirleriyle olan benzerliklerinin derecelendirilmesi için kullanılır. Eğer iki vektör arası Öklit uzaklığı büyükse, iki özelliğin birbirine daha az benzediği; eğer küçükse birbirine daha fazla benzediği söylenir. Aynı olan iki özellik vektörü arası Öklit uzaklığı sıfırdır.

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n (u_i - v_i)^2} \quad (2.5)$$

Eşitlik 2. 5, u ve v vektörleri arası Öklit uzaklıklarının ölçümü için kullanılmaktadır [62].

2.2.2.3. Tepe Sinyal Gürültü Oranı(PSNR)

Tepe sinyal gürültü oranı ile video çerçevelerinin birbirleriyle olan benzerlik ilişkilerini incelemede eleyici bir faktör olarak kullanıldı. PSNR (Peak to Signal Ratio) değeri ile benzerlik ilişkisi arasında doğru orantılı bir denge söz konusudur. Dolayısıyla benzerliğin artması PSNR değerinin yükselmesi demektir. PSNR değerinin hesaplanması Eşitlik 2. 6' da gösterilmiştir. N ve M değeri görüntüye ait genişlik ve yükseklik bilgisidir. I görüntüsü ile K görüntüsü arasındaki farkların kareleri toplamı, iki görüntü arasındaki bozulma oranı hakkında bilgi vermektedir. Bu bilgiye dayanarak da PSNR değerinin hesaplanması gerçekleştirilir. Eğer iki görüntü arasında hiçbir fark yoksa PSNR değeri sonsuz çıkacaktır.

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \frac{(255)^2}{MSE} dB \quad (2.6)$$

$$MSE = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (I_{ij} - K_{ij})^2 \quad (2.7)$$

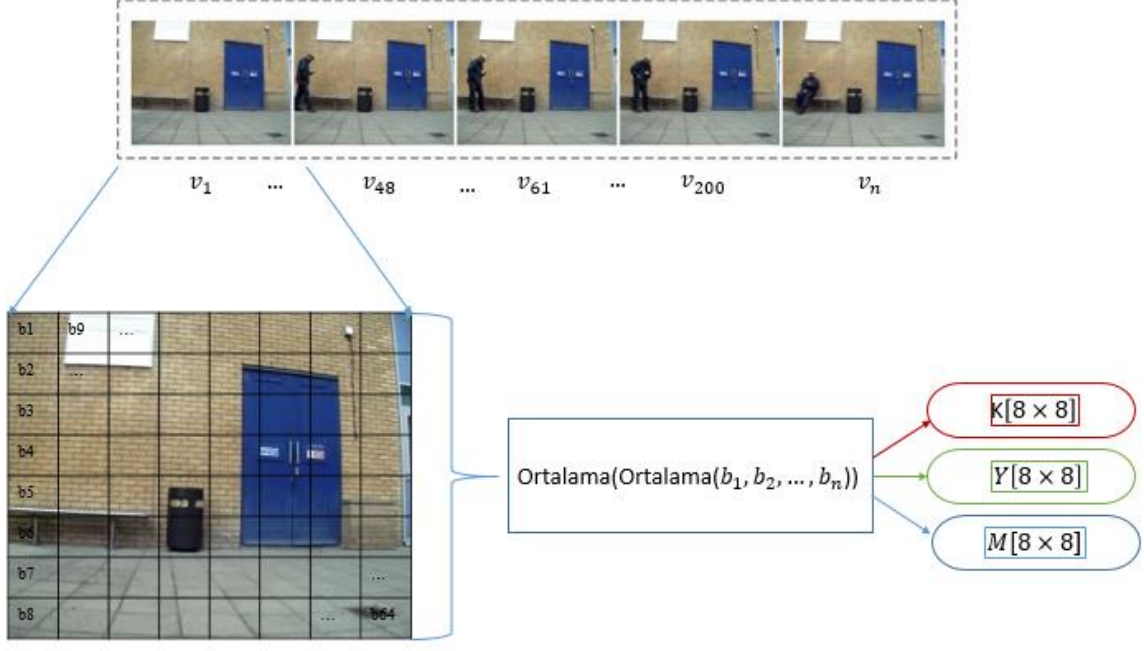
2.2.3. Yöntemin Uygulanması

Gerçekleştirilen yöntem genel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlar RDT ile özellik vektörlerinin çıkarılması, aday çerçevelerin belirlenmesi ve hızlı düzeltme fonksiyonunun uygulanması şeklindedir. Her bir çerçeve bloklara ayrıldıktan sonra blokların ortalaması alınarak RDT ile özellikleri çıkartılmıştır. Özellikleri çıkarılan çerçevelerden ilki referans çerçeve olarak kabul edilip, diğer çerçeve özellikleri ile arasındaki Öklit uzaklıkları hesaplanmıştır. Birbirine yakın komşuluktaki çerçevelerin sahnelerindeki değişimin çok az olduğu düşünülerek çerçeveler gruplandırılmıştır. Gruplar arası Öklit uzaklıkları belli bir eşik değerinin altında ise bu çerçeve grupları arasında aynı çerçeveye ait eşleşme birden fazla olduğunda elenmesi için TSGO kullanılmıştır. TSGO sonucu aday olarak belirlenen çerçevelerin, kopyalandıkları çerçeveler ile arasındaki fark dikkate alınmaktadır. Sonraki aşamada hızlı düzeltme fonksiyonundan geçirilen adayların son hali sahte çerçeveler olarak belirlenmektedir. Önerilen yönteme ait blok diyagram Şekil 13.' de gösterildiği gibidir.

Videoda sahtecilik tespitinde yapılan çalışmaların tamamında olduğu gibi bu çalışma içerisinde de öncelikle video, $V = v_1, v_2, \dots, v_n$ şeklinde n adet görüntü dizisine ayrılmıştır. Görüntü dizilerine ayrılan her bir çerçeve 8×8 ' lik $v_i = b_1, b_2, \dots, b_{64}$ adet bloğa ayrılmıştır. Her blok 30×40 'lık pikselden oluşur. Sonrasında her bloğun satır ve sütun boyunca ortalamaları alınarak çıkarılacak özellik vektörlerinin boyutlarının azaltılması sağlanmıştır. Bu sayede işlem zamanından kazanç elde edilmiştir. Ortalama sonrası mavi, yeşil, kırmızı olmak üzere, her renk değeri için 8×8 ' lik 3 tane ortalama matrisleri elde edilerek bu matrisler RDT fonksiyonuna verilerek toplam çerçeve sayısı kadar özellik vektörleri oluşturulmuştur. Şekil 14. ile görsel anlatımı gösterilmiştir



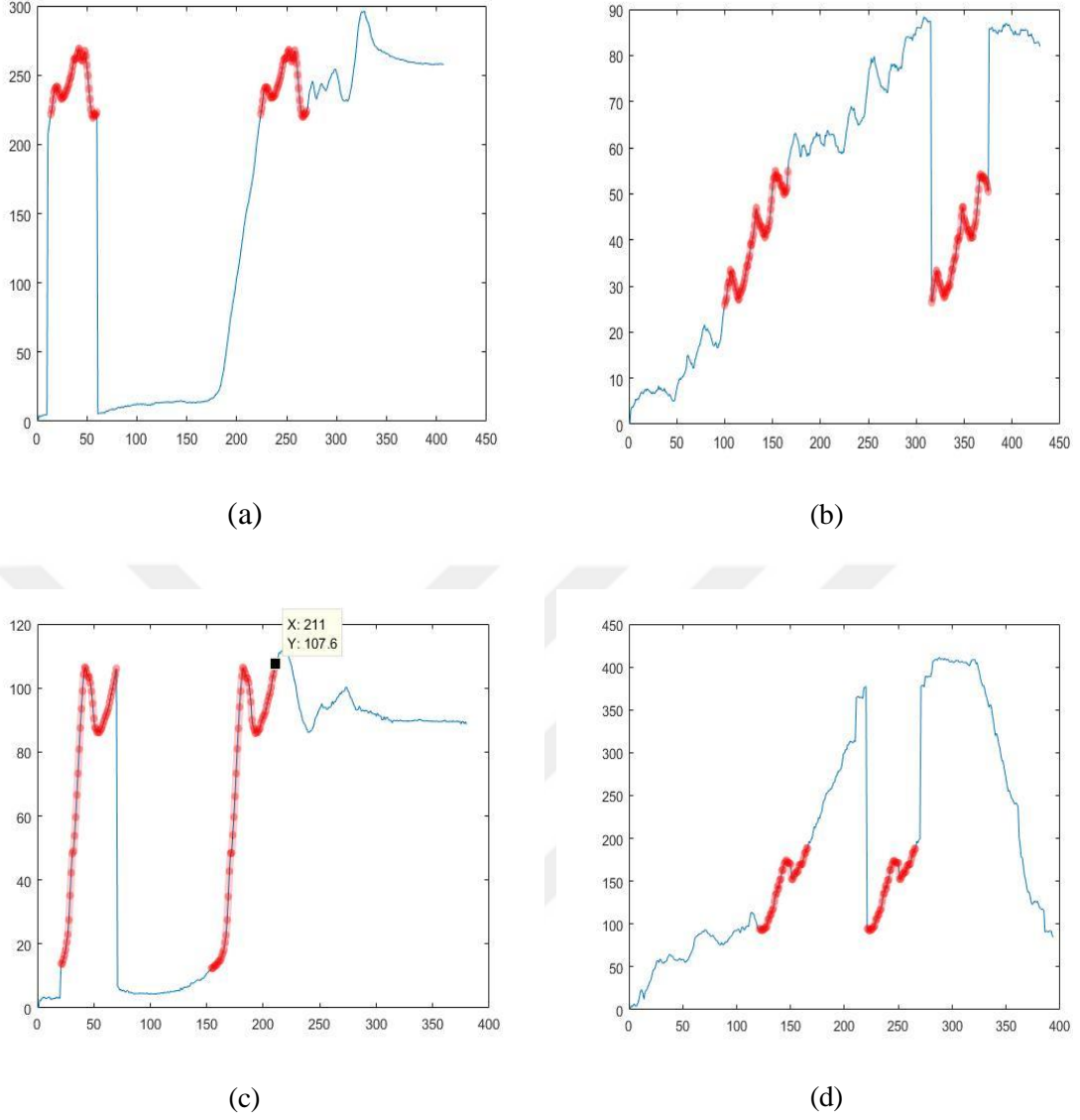
Şekil 13. RDT tabanlı kopyala yapıştır sahteciliği tespiti blok diyagramı



Şekil 14. Çerçeveselere ayrılan videonun özellik vektörlerine verilmesi

Özellik vektörleri çıkarıldıktan sonra birinci çerçevenin özellik vektörü referans kabul edilerek diğer çerçeveselere olan Öklit uzaklıkları hesaplanmıştır. Tek tek tüm çerçevelerin birbirleriyle olan uzaklıklarının hesaplanmasındansa referanslama yöntemin uygulanması zamansal açıdan kazanç sağlamıştır. Öklit uzaklıklarının kıyaslanması için kopyala yapıştır işleminin grup seviyesinde yapılması dolayısıyla, tek tek kıyaslanmanın benzerlik tespitinde çok etkili olmayacağı, ayrıca art arda gelen çerçevelerin, özellikle de sabit kameralardaki sabit sahnelerde, birbirine çok benzeyeceği düşünülüp elde edilen uzaklık değerleri arasında gruplama yapılması öngörülmüştür. Öklit uzaklıklarının gruplanma sayısını m , alt grubun içerdiği Öklit uzaklığı sayısı da g ile temsil edilirse $m = n - g + 1$ adet grup oluşturulur. Videodan çıkarılan özellik matrisinin satırları her bir alt gruptan çıkarılan g elemanlı vektörlerden oluşmaktadır.

Çerçevler arası Öklit uzaklıklarının grafik bilgisi sayısal olarak çizdirildiğinde hangi çerçevenin, hangi çerçeve üzerine yapıştırıldığını tespit etmek de mümkün olmaktadır. Şekil 15.' de görüldüğü gibi ani bir azalma veya yükselmenin olduğu kısımlar yapıştırmanın yapıldığı, sürekli sinyali bozan çerçeveler olarak belirlenmektedir. Kopyalanan çerçeveler ise yapıştırılan bu aralığın benzediği kısma bakılarak kestirilebilmektedir.



Şekil 15. a) Video4 221-271 arası 11-61 arasına, (b) video8 için 101-161 arası 316-376 arasına, (c) video43 161-211 arası 21-71 arasına, (d) video61 221-271 arası 61-121 arasına yapıştırıldığında Öklit uzaklığı sonucu

Gruplama işleminden sonra gruplar leksikografik olarak sıralanmaktadır. Sıralamadan sonra gruplar arası Öklit uzaklıkları incelenmektedir. m_i i . alt gruba karşılık düşen özellik vektörünü temsil etsin. Özellik vektörü kendinden belirli bir komşuluktan sonraki vektörler ile kıyaslanacaktır. Çünkü yakın alt gruplar yakın özellik vektörleri üretmektedir. Her vektör kendisinden w adet sonraki vektör ile karşılaştırılır. Bu durumda, o an değerlendirilmekte olan m_i vektörü ilk olarak m_{i+w+1} vektörü ve geriye kalan $m_{i+w+2} \dots m_m$ vektörleri ile Öklit uzaklıklarına göre kıyaslanacaktır. Kıyaslanma sonucu belli bir eşliğin altında ise bu gruplar

içerisinde tekrarlama işleminin yapıldığı düşünülerek aday çerçevelerin belirlenmesi gerçekleştirilir. Eşiğin belirlenmesine ilişkin çalışmalar 3.1.1' de anlatılmaktadır.

Sahtecilik yapılmış asıl çerçeve gruplarını belirleyebilmek için Öklit uzaklığı yanında aynı zamanda grupların ilk çerçeveleri arasındaki PSNR değerine bakılmaktadır. Bunun için aday listesindeki her satırda kopyalanan ve yapıştırılan çerçeve gruplarına ait ilk çerçevelerin indis değerleri ile bu çerçevelerin arasındaki PSNR değerleri listelenmektedir. Listede sıralı elemanlar tutulduğu için ilk elemanlar aynı olacak şekilde Tablo 2. ' deki gibi görülmektedir. Her gruptaki ilk eleman aynı çerçeve grubunu referanslarırken ikinci sütündeki değerler, ilk elemana benzer olan videodaki çerçeve gruplarının ilk çerçevelerinin indis değerleridir. Her grup için ise en yüksek PSNR değerini veren çifti seçilecektir. Bu çiftlerin uzaysal uzaklık değerleri de hızlı düzeltme fonksiyonu ile değerlendirilerek sahtecilik yapılmış olan asıl çerçeve grupları belirlenecektir.

Tablo 2. Kopyala yapıştır sahteciliği aday sonuçlarından örnekler

Kopyalanan Çerçeve	Yapıştırılan Çerçeve	PSNR Sonuçları
13	251	33,4378
13	252	33,9526
13	253	34,4584
13	254	34,0313
14	251	32,7889
14	252	33,2311
14	253	33,8725
14	254	34,9003
14	255	34,4062

2.2.4. Hızlı Düzeltme Fonksiyonu

Hızlı düzeltme fonksiyonu, orijinal olarak kopyalanan çerçeveler ile sahte olarak algılanan çerçeveler arasındaki uzaysal uzaklık farkının maksimum olduğu değere göre, sahte olarak algılanan verilerdeki sapmaların yeniden düzenlenmesini sağlamaktadır. Sapma değeri 2 olarak belirlenmiştir. Örneğin; 11 ile 20 nolu çerçevelerin arası kopyalanarak, 221 ile 230 nolu çerçevelerin arasına yapıştırılmış olduğunu varsayalım bu durumda çerçeveler arası fark 210 olacaktır. Sahte olarak bulunan çerçevelerin 221 ile başlayarak 230'a kadar seri olarak gitmesi beklenmektedir. Ancak Tablo 3. ' de de görüldüğü gibi algoritma sonucu, 16 nolu çerçeve 225 nolu çerçeveye, 20 nolu çerçeve ise 231 nolu çerçevelere benzetilmiştir. Bu seri eşleşen çerçeveler arası maksimum farkın 210 olması dolayısıyla hızlı düzeltme fonksiyonundan geçirilerek, 16 nolu çerçevenin 226' ya 20 nolu çerçevenin ise 230' a benzetilmesi sağlanmıştır. Bu şekilde en fazla 2 çerçevelik farkların yanlış bulunma ihtimali ortadan kaldırılmış olacaktır.

Tablo 3. Eşleşen çerçeveler arasındaki uzaysal uzaklık farkı

Kopyalanan Çerçeveler	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Sahte Çerçeveler	221	222	223	224	225	225	227	228	229	231
Fark	210	210	210	210	210	209	210	210	210	211

2.3. AKD ve Hough Tabanlı Sahtecilik Tespiti

2.3.1. Ayrık Kosinüs Dönüşümü(AKD)

AKD sayısal görüntü veya video işlemede ve sinyal işlemede en çok kullanılan yöntemlerdendir. Görüntüyü konumsal uzaydan frekans uzayına dönüştürür. AKD küçük bit hata oranları ile yüksek sıkıştırma yapabilme performansı sayesinde sıkıştırma algoritmalarının temelini oluşturmaktadır. AKD Eşitlik 2. 8 kullanılarak sağlanmaktadır.

$$D(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} p(x, y) \cos \left[\frac{(2x+1)i\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)j\pi}{2N} \right] \quad (2.8)$$

$$C(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & u = 0, \\ 1 & u > 0 \end{cases} \quad (2.9)$$

$D(i, j)$ orjinal görüntü matrisinin piksel değerlerinden hesaplanan dönüştürülmüş görüntüyü, $p(x, y)$ de p matrisi ile temsil edilen görüntünün (x, y) elemanlarının değerlerini temsil etmektedir.

2.3.2. AKD' nin Görüntüye Uygulanması

Görüntü ilk olarak 8×8 ' lik bloklara ayrılır [53]. Bu piksel bloklarına dikey ve yatay yönde Eşitlik (2. 8 ve 2. 9) uygulanır ve frekanslarının en yüksek ve düşük olduğu noktalar saptanır. Bu işlemin sebebi aslında en yüksek frekanslardaki renklerin tespit edilmesidir. İnsan gözü yüksek frekansları ayırt etmekte zorlandığı için bunları düşürmek ve hatta sıfıra indirmek mümkündür. Dolayısıyla resme katkısı en az olan yüksek frekans bileşenleri atılırken, resme önemli miktarda katkısı olan alçak frekans bileşenleri bırakılır.

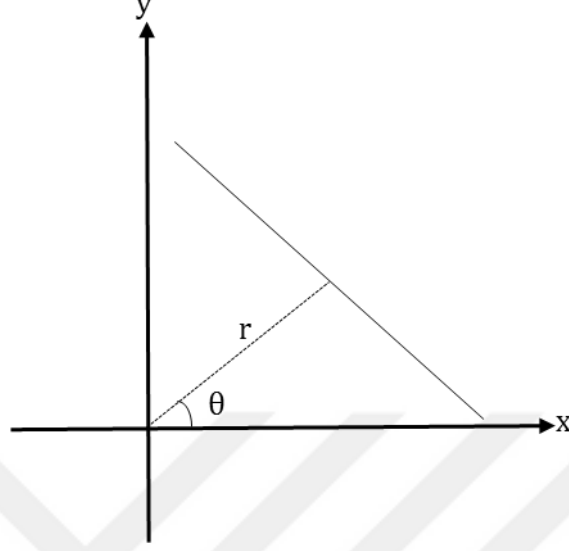
2.3.3. Hough Dönüşümü

Sayısal görüntü işlemede önemli bir konuma sahip Hough dönüşümü 1962 yılında Paul Hough tarafından sunulmuştur [59]. Daha sonra Richard Duda ve Peter Hart tarafından Genelleştirilmiş Hough Transformu önerilmiştir [60]. Hough dönüşümü görüntü üzerinden geometrik şekillerin çıkarılması için kullanılmaktadır. Hough dönüşümünü özel kılan görüntü üzerinde bozukluklar, gürültüler ya da kenarlarda eksik kısımlar olmasına rağmen kullandığı oylama uygulamasıyla şekle uygun sınıfın belirlenmesini sağlayabilmektedir. Her kenar noktası kendilerinden geçen mümkün tüm şekilleri oylar ve potansiyel şekillerin miktarlarının ölçüleceği akümülatör matrisindeki sayılarını arttırır. Akümülatör matrisindeki en yüksek dereceli yere karşılık gelen nokta ilgili nokta olarak alınır.

2.3.4. Hough Dönüşümü ile Doğru Bulma

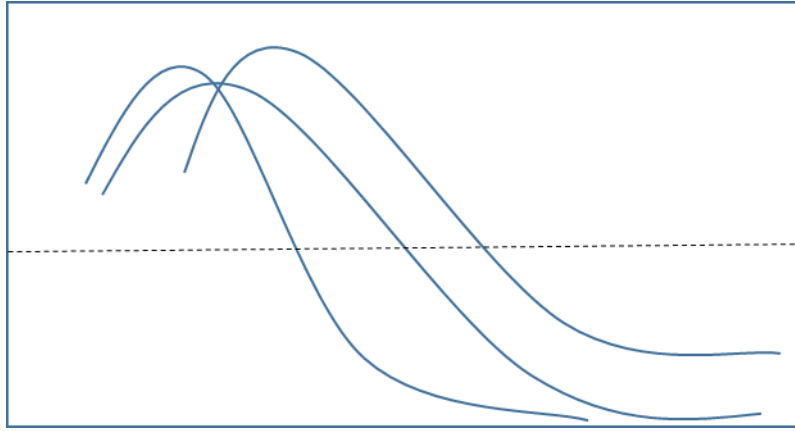
Hough dönüşümünün ilk kullanım şekli görüntüdeki çizgilerin bulunması amacıyla kullanılmıştır. Görüntü üzerinde Hough dönüşümü ile doğru bulmak için doğru denklemi parametrik uzayda ele alınır, Eşitlik 2. 10' da gösterilmiştir.

$$x \cos\theta + y \sin\theta = r \quad (2.10)$$



Şekil 16. Hough dönüşüm Kartezyen uzayı

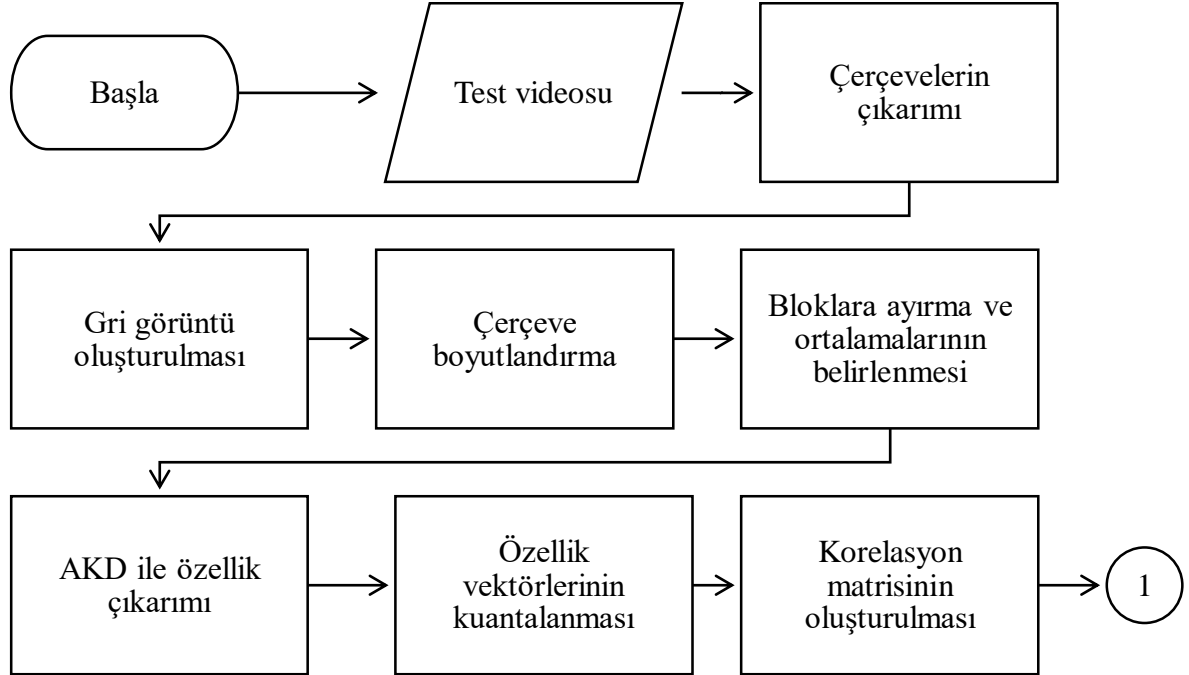
Eşitlik 1.3' de r merkezden doğruya olan uzaklık ve θ ; x eksenine göre normalin açısını ifade etmektedir. Görüntü işleme icrasında kenar noktaları belli olduğu için θ ve r değerleri değişken olarak ele alınabilmektedir. Hough parametre uzayına bakıldığında. Şekil 16.' de örneği görülen kartezyen uzayda aynı doğru üzerindeki noktalar, polar uzaydaki eğriler olarak (r, θ) ' da kesişeceklerdir. Şekil 17. ' de bunun örneği görülmektedir.



Şekil 17. Parametre uzayında kesişimler

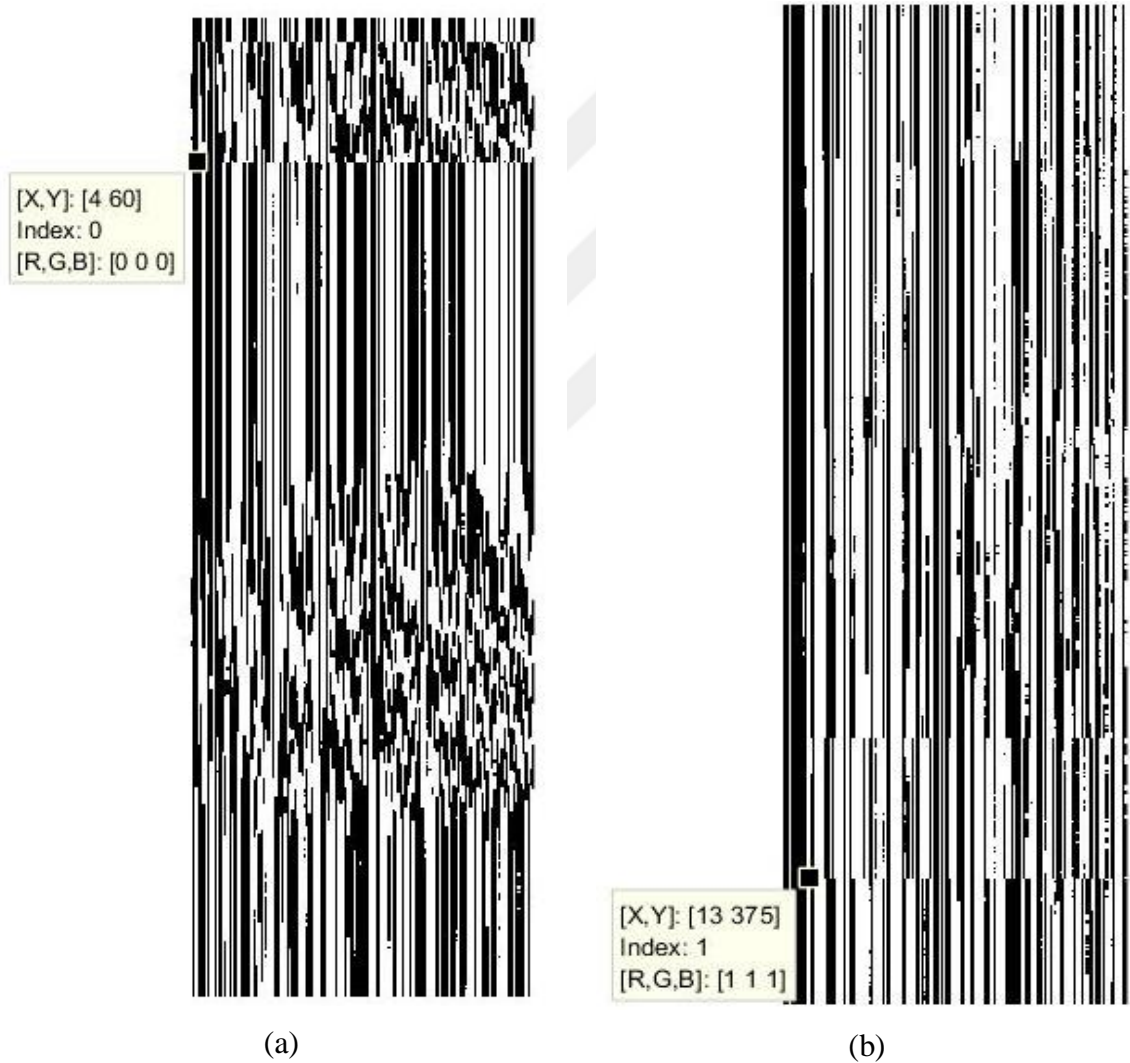
2.3.5. Yöntemin Uygulanması

Yöntem kendi içerisinde üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu çalışmamızda öncelikle videoların çerçevelere ayrılması, ardından her çerçevenin gri renge dönüştürülmesi ve çerçeve boyutlarının sabitlenmesi gerçekleştirilmektedir. Boyutlandırma, veritabanında kullanılan farklı ölçülerdeki çerçevelere sahip videoları sabit parametrelerle kıyaslayabilmek ve zaman performansı açısından avantaj sağlayabilmek amacıyla kullanılmaktadır. Boyutlandırmanın ardından çerçeveler bir önceki yöntemde de yapıldığı gibi bloklara ayrılarak blok ortalamalarına AKD uygulanmaktadır. AKD sonucu elde edilen vektörler ikili ifadeye dönüştürülmektedir. AKD yönteminin sıkıştırma işlemlerinin temelinde kullanılması dolayısıyla, sıkıştırma uygulanan videolarda da iyi sonuçlar elde edebilmek adına özellik çıkarmada tercih sebebi olmuştur. Mevcut çerçeve sayısı n olsun, tüm bu çerçevelerin birbirleriyle korelasyonu hesaplanarak $n \times n$ ' lik korelasyon matrisi oluşturulur. Yönteme ait blok diyagramı Şekil 18.'daki gibidir. Şeklin sonunda gösterilen 1 ile bir sonraki adımın blok diyagramına geçiş gösterilmektedir. Yöntemin bundan sonraki aşamalarında kopyala yapıştır sahteciliği tespitine yönelik yeni bir bakış açısı getirilerek, tekrarlanan kısımların “doğru” şeklinde bir model oluşturulması ve bu modelin tam olarak tespit kestirimlerinin yapılması hedeflenmiştir.



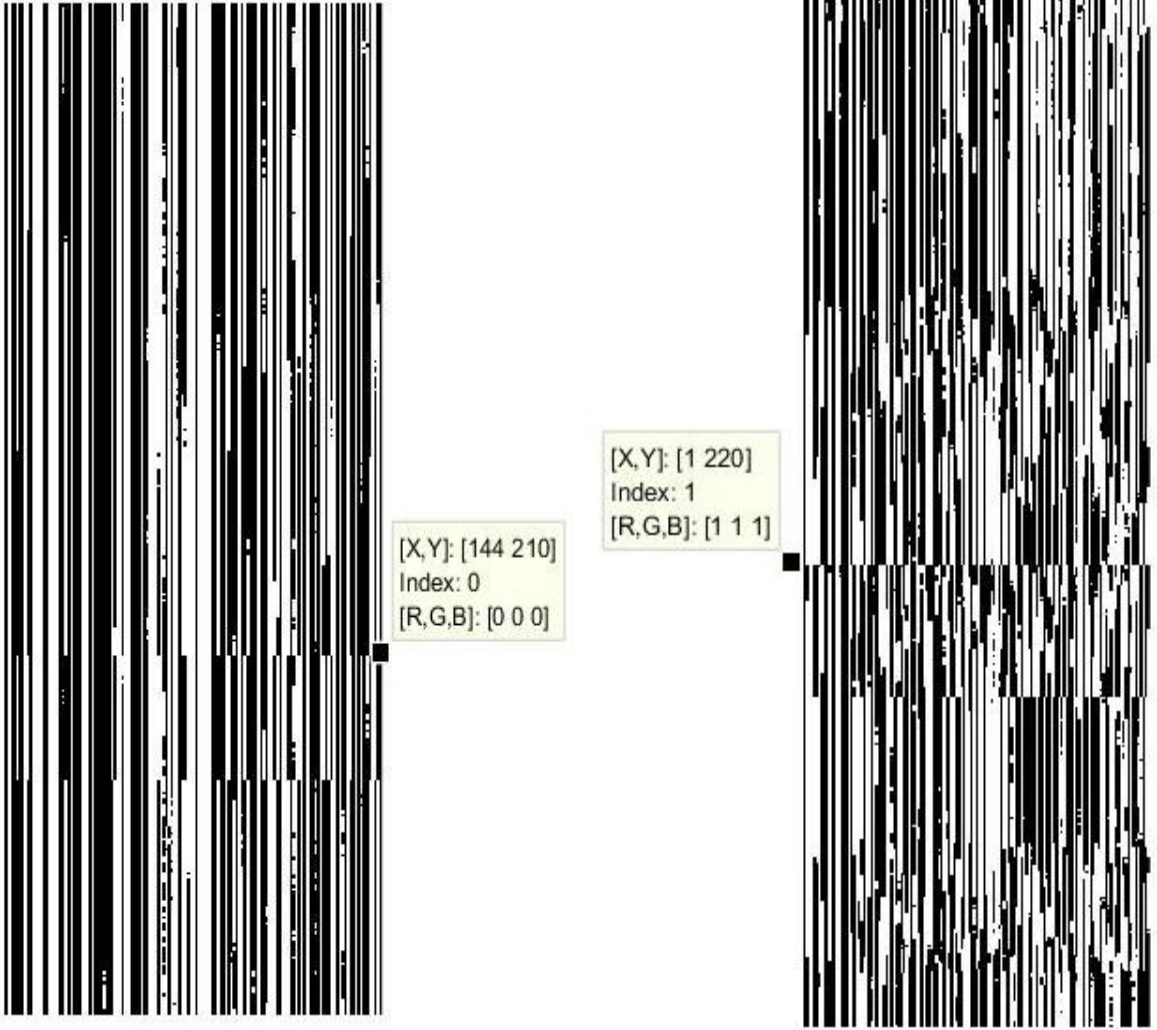
Şekil 18. Video özellik çıkarımı

Yöntem içerisinde oluşturulan kuantalanan AKD vektörlerine ait, matrislerinin görüntü çıktılarından hangi kısımların kopya, hangi kısımların yapıştırma olduğuna da karar verilebilmektedir. Bu matrisler çerçeve sayısı kadar, AKD kuantalaması sonucu dönen 144 elemanlı özellik vektörlerini içermektedir. Matrislere ait görüntü çıktıları Şekil 19.' de verildiği gibidir. Şekillerden de gözlemediğimiz kadarıyla yapıştırılan kısımlar sürekli sinyallerin üzerinde birer yama gibi durmaktadır. Dikkatli bakıldığında kopyalanan kısımları gözlemek de mümkündür. X eksenini tüm görüntüler için sabit olup özellik vektörünün boyu olan 144 elemanı içerirken, Y eksenini videoların çerçeve sayısına göre değişkenlik göstermektedir.



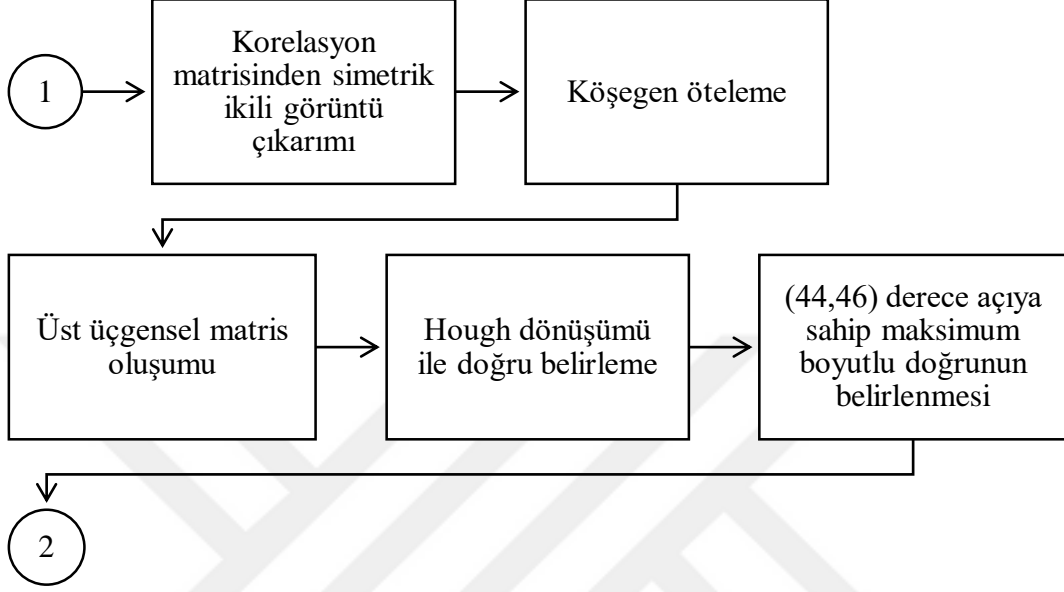
Şekil 19. (a) Video4' e ait olup 221-271 arası 11-61 arasına (b) video8 için 101-161 arası 316- 376 arasına (c) video37 31-71 arası 211-251 arasına (d) video61 121-171 arası 221-271 arasına yapıştırılarak AKD kuantalama matrislerinin görüntü çıktıları

Şekil 19.' un devamı



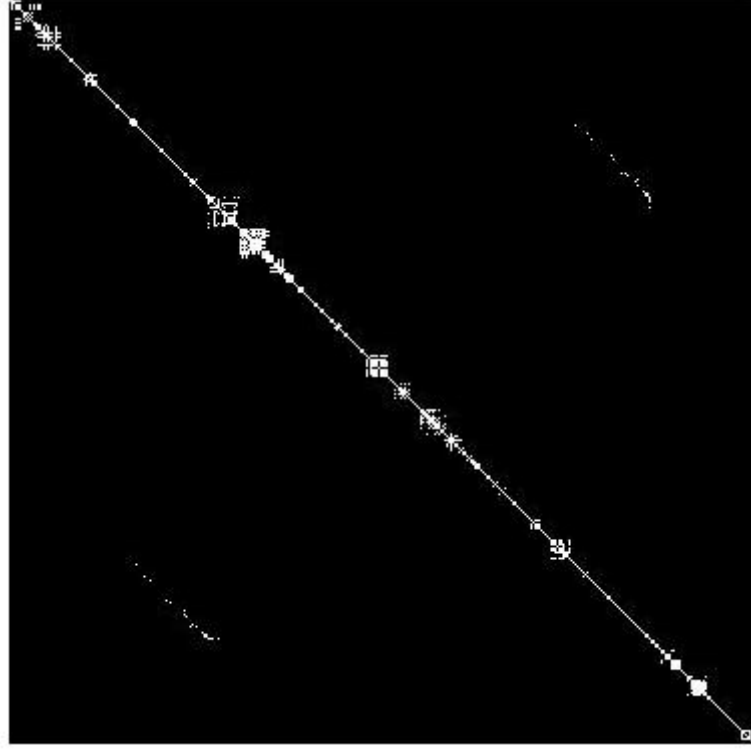
2.3.5.1. Başlangıç Çözüm Doğrusunun Belirlenmesi

Bu bölümde kopyalanan bölge ile yapıştırılan bölgelerin 45 derecelik bir doğru eksenini oluşturulacağı düşünülerek Şekil 20.' deki işlem adımları uygulanmıştır.

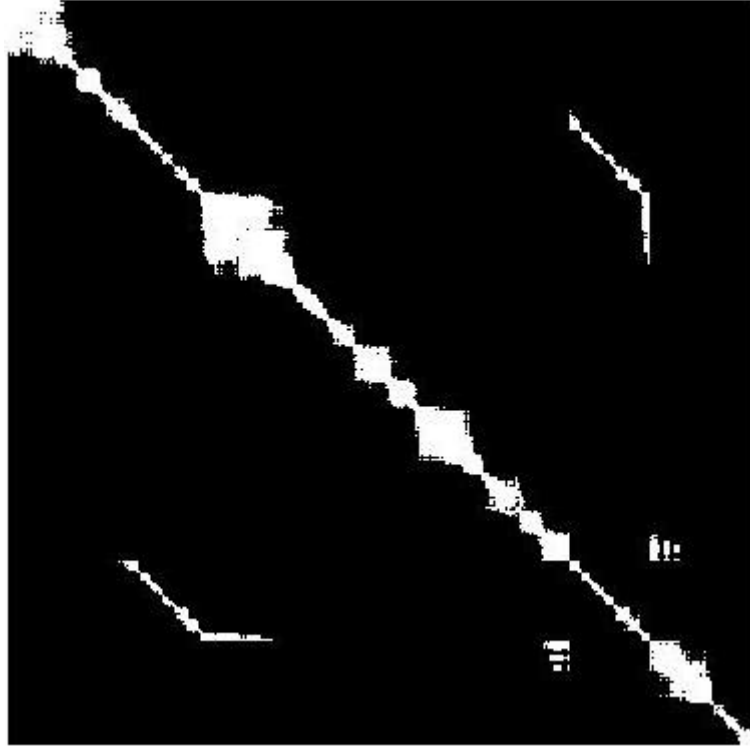


Şekil 20. Aday çözüm doğrularının belirlenmesi

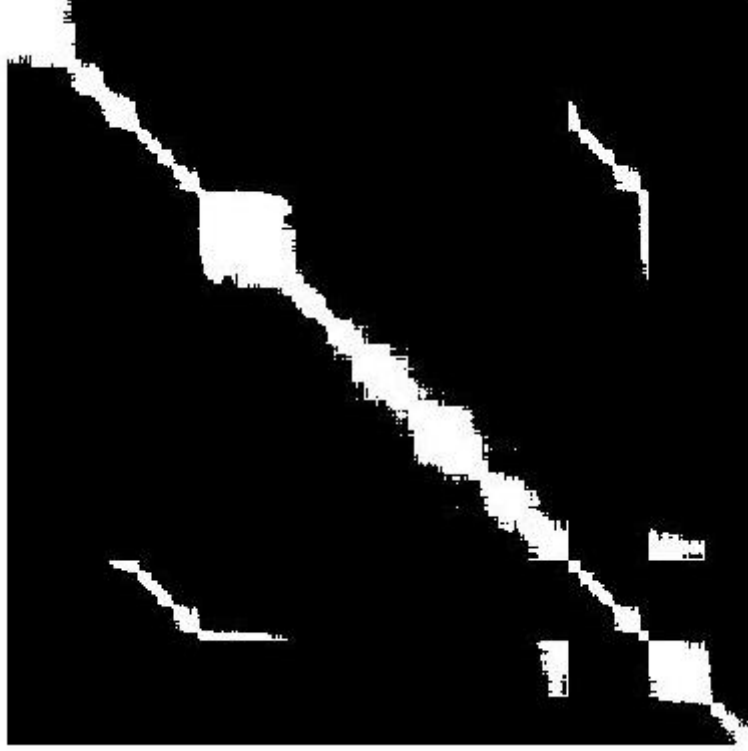
İlk olarak çerçeveler arası korelasyon değerlerinden oluşturulan simetrik matris oluşturulur. Matris oluşturulurken dinamik olarak seçilen bir eşik değerinin altında kalan kısımlar baz alınır. Eşik kullanıldığı takdirde kopyala yapıştır sahteciliğinin yapıldığını gösteren çizginin en belirgin hali alması sağlanabilmektedir. Şekil 21., Şekil 22. ve Şekil 23.' de eşik değerinin görüntü oluşumuna katkısını gözlemlemek adına farklı üç eşikteki görüntü oluşumları gösterilmiştir.



Şekil 21. Video11 için 0,98 eşik değerinden büyük korelasyonları



Şekil 22. Video11 için 0,92 eşik değerinden büyük korelasyonları

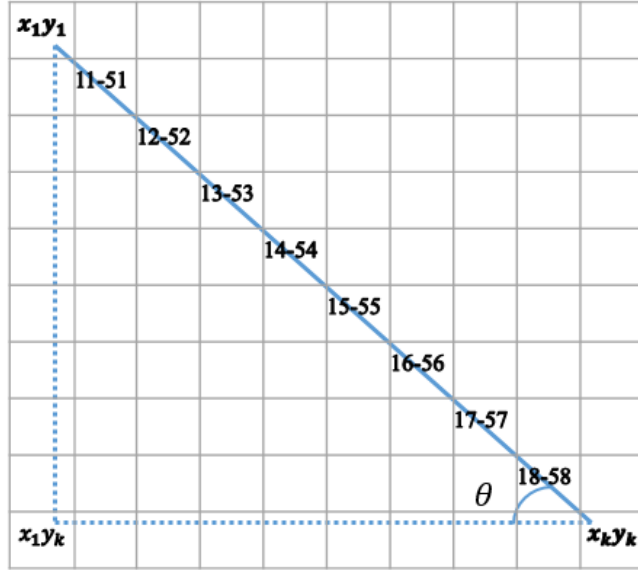


Şekil 23. Video 11 için 0,85 eşik değerinden büyük korelasyonları

Çünkü insan gözü saniyenin altında yapılan sahtecilik değişimini fark edemeyeceği için bu kadarlık mesafede sahtecilik yapılmayacağı bir gerçektir. Kaydırma işlemi için çerçevenin ilk k sütunu silinerek, matris sonuna k sütunluk sıfır ekleme yapılır. Dolayısıyla da köşegen kaydırma işlemi yapılmış olur. Ekleme işleminin tekrarlanan çerçevelerin bulunmasına artı ya da eksi hiçbir katkısı yoktur.

Köşegen kaydırma işleminin sonunda da simetrik matris oluşturulduğundan sadece matrisin üst köşegen yarısının alınması yeterlidir. Elde edilen matris Hough dönüşümüne tabi tutulup ardından da doğru ekseninin çiziminde kullanılan çerçeveler arası farkın sabit olması gerektiği düşünülerek -45 derecelik eğimi sağlayan doğru Eşitlik 2. 11 kullanılarak tespit edilmektedir. Diyelim ki 10 çerçevelik bir tekrarlama gerçekleştirilsin, 10 ile 19 nolu çerçeveler 50 ile 59 nolu çerçeveler arasına yapıştırılsın, Şekil 24. açının hesaplanmasına ilişkin görseli göstermektedir. Hough algoritması sonucu üretilen doğrularda bazen başlangıç veya bitiş noktasının bir eksik veya fazla konum noktasından başlamasından ötürü, $x_k - x_1 = y_k - y_1$ denkleminin sağlanması gerçekleştirilememekte ve dolayısıyla eğim doğru bulunamamaktadır. Bu yüzden algoritma içerisinde bunun da kontrolü sağlanmıştır.

$$m = \tan\theta = \frac{y_k - y_1}{x_k - x_1} \quad (2.11)$$

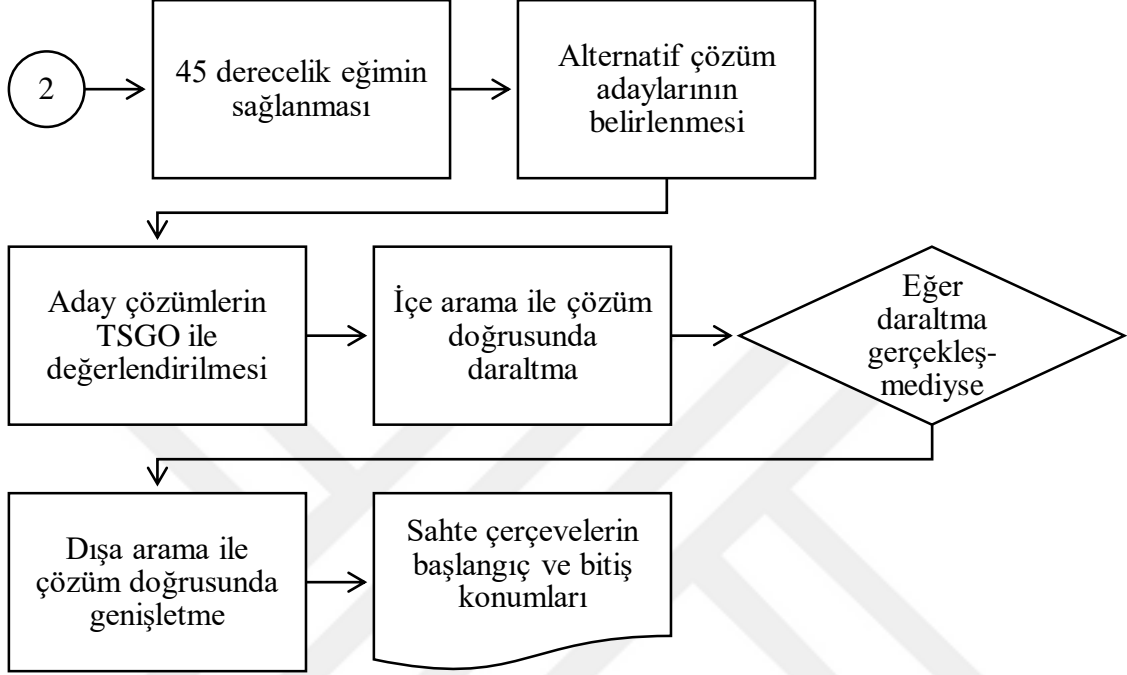


Şekil 24. Açılı değerinin hesaplanması

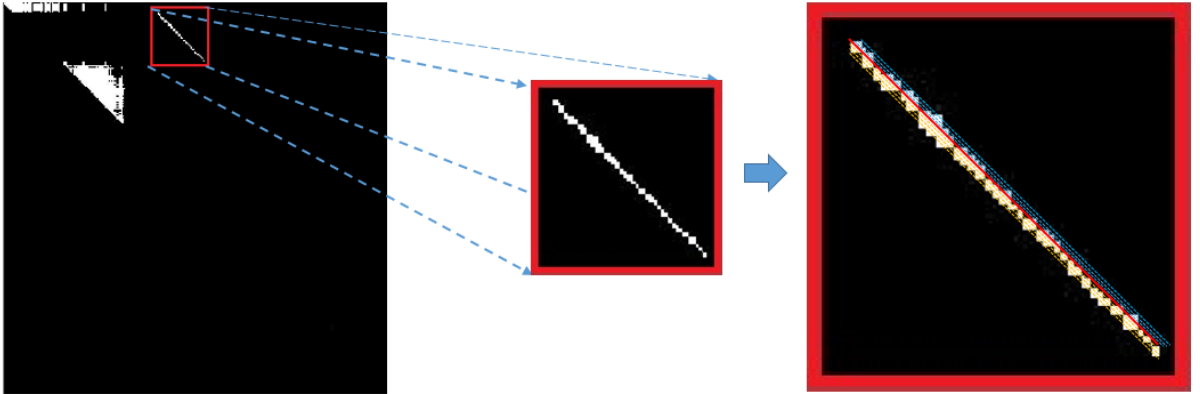
Açılıın seçiminde 45 ve 46 derecelik aralık verilmesinin nedeni, elde edilen doğrunun başlangıç ve bitiş konumlarındaki sapmalardan kaynaklanmaktadır. Açılıın tam olarak 45 derece olabilmesi için doğruların satır ve sütun farklarının eşitlenmesi gerçekleştirilmektedir.

2.3.5.2. Çözüm Doğrusunun Belirlenmesi ve Başlangıç-Bitiş Noktası Tespiti

Bu bölümde asıl aday doğrumuzu belirlemek için izlenen yol Şekil 25.' de gösterilmiştir.

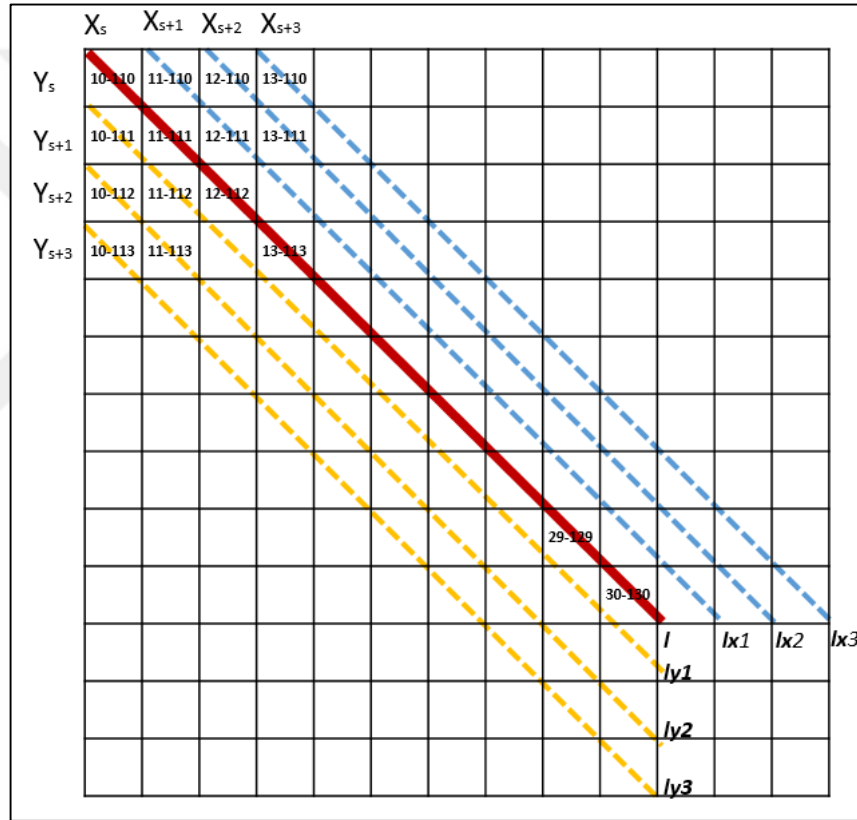


Şekil 25. Yerel arama ve sonuç



Şekil 26. Genel doğru bölümünün belirlenmesi

Hough algoritması tarafından bulunan en uzun çizgi her zaman çözüm doğrusunu vermemektedir. Bu yüzden algoritmanın belirlediği çözüm doğrusu referans alınarak komşu doğrular üzerinde de aramalar gerçekleştirilir. Bulunan doğrunun üçer piksellik sağa ve aşağıya kaydırılması ile 7 doğru oluşturulmaktadır. Şekil 26. ikili görüntüden asıl doğrunun nasıl bulunduğunu göstermektedir. Şekil 27.' de elde edilen 7 doğrunun görüntüsü gösterilmektedir. Hough Algoritmasının bulduğu doğru kırmızı renkli aday doğrusudur. x ekseninde oluşturulan doğrular mavi renkle, y ekseninde oluşturulan doğrular ise sarı renkle gösterilmiştir. 10 ile 30. çerçeveler arası 110 ile 130. çerçevelere yapılandırılmış olsun.



Şekil 27. Alternatif doğruların belirlenmesi

Sonraki aşamada oluşturulan 7 tane doğrunun elemanları arasındaki TSGO değerleri hesaplanmaktadır. Bu değerlerin ortalamaları alınarak en yüksek TSGO değerlerine sahip olan doğru, çözüm doğrusu olarak kabul edilmektedir. Buna ilişkin örnek bir çıktı Şekil 28.' da gösterilmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere 21 elemanın kopyalanan ve yapıştırılan

çerçeveleri arasındaki TSGO değerlerinin ortalamaları hesaplanmıştır. Kırmızı ile gösterilen ortalama en yüksek ortalama sahiptir ve çözüm doğrusunu oluşturmaktadır.

	1 (10-110)	2 (11-111)	3 (12-112)	4 (13-113)	5 (14-114)	6 (15-115)	7 (16-116)	8 (17-117)	9 (18-118)	10 (19-119)	11 (20-120)	12 (21-121)	13 (22-122)	14 (23-123)	15 (24-124)	16 (25-125)	17 (26-126)	18 (27-127)	19 (28-128)	20 (29-129)	21 (30-130)
l_{x1}	23	23	.	.	.												.	.	.
l_{x2}	23	24	.	.	.												.	.	.
l_{x3}	25	26	.	.	.												.	.	.
l	32	30	29	.	.	.											.	.	.	32	36
l_{y1}	36	34	.	.	.												.	.	.
l_{y2}	24	23	.	.	.												.	.	.
l_{y3}	25	24	.	.	.												.	.	.

Doğruların ortalama TSGO değerleri

→ Ortalama TSGO l_{x1} = 28.88

→ Ortalama TSGO l_{x2} = 28.16

→ Ortalama TSGO l_{x3} = 28.63

→ Ortalama TSGO l = 29.41

→ Ortalama TSGO l_{y1} = 29.06

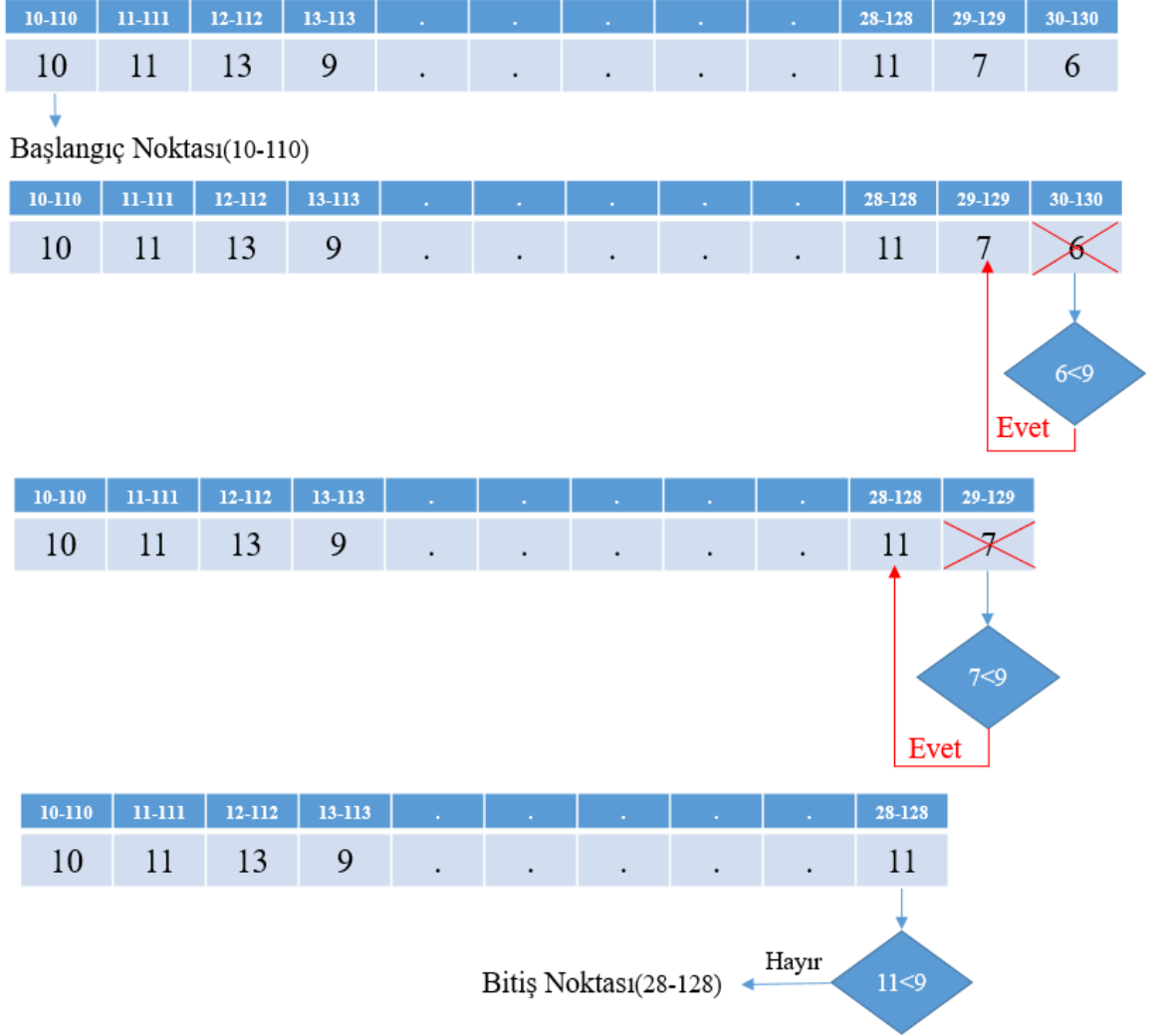
→ Ortalama TSGO l_{y2} = 26.36

→ Ortalama TSGO l_{y3} = 28.36

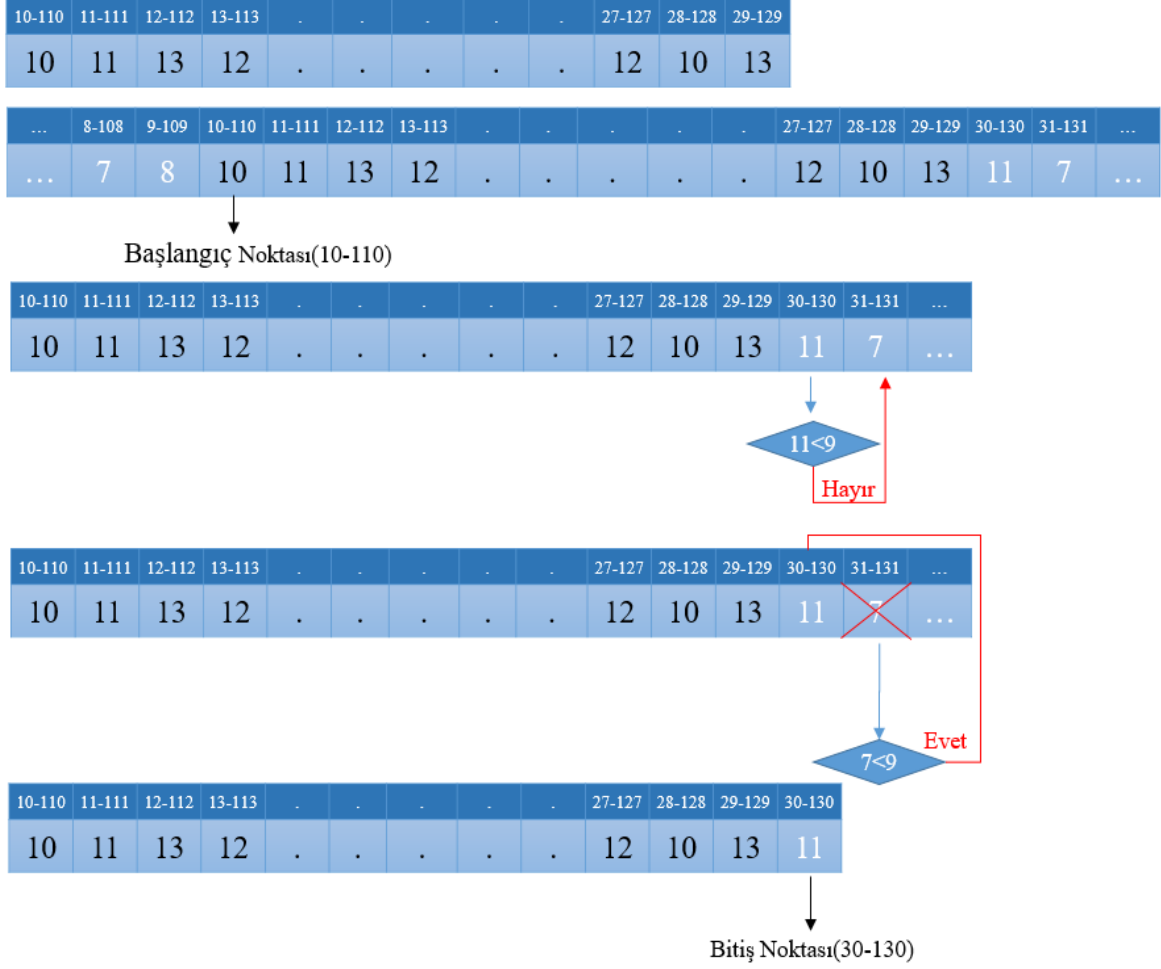
Şekil 28. 7 doğrunun TSGO değerleri

Doğruların TSGO değerleri bulunduktan sonra bulunan çözüm doğrusunun başlangıç ve bitiş koordinatlarının doğruluğunu tespit etmek amacıyla, doğru üzerinde yerel aramalar gerçekleştirilmektedir. Yerel arama için çözüm doğrusunun ortalama TSGO değerinin % 90' ından küçük başlangıç veya bitiş konum noktası var ise bu konumlar atılarak çözüm doğrusu üzerinde daraltma işlemi uygulanır. Yok, ise doğru üzerinde genişletme var mı diye kontrol ettirilir. Genişletme işlemi için doğru uç koordinatlarından, dış koordinatlara doğru arama gerçekleştirilir. Arama için ortalamanın % 90' ından büyük bir TSGO değeri varsa o koordinattaki değer çözüm doğrusunun elemanlarına dâhil edilmektedir. Aksi takdirde genişletme işlemi de sonlandırılmaktadır. Bu işlem adımları gerçekleştirilirken elde edilen doğruların çerçeve boyutlarını aşmaması için, gerekli kontrollerde eklenmiştir. Şekil 29. içe doğru daraltma işlemine örnek göstermektedir. Daraltma yapılan bir doğru üzerinde tekrar genişletme kontrolü yapılmamaktadır. Şekil 30. dışarı doğru genişletme işlemine örnek gösterilmiştir. Gösterilen örneklerde çözüm doğrusunun ortalama TSGO değeri 10 olarak kabul edilmiştir. 10 değerinin % 90' ı olan 9 üzerinden kıyaslamalar yapılmaktadır. Daraltma işleminde eğer bulunan son nokta 9' un altında kalıyorsa çözüm doğrusundan atılmakta, eğer 9' a eşit veya 9' dan büyükse de daraltma sonlandırılmaktadır. Genişletmede de ise ortalama değer 9' dan büyükse bu durumda da benzerlik daha fazla olduğu düşünülerek çözüm doğrusuna ilgili noktanın eklenmesi gerçekleştirilir. Daraltma işleminde 21 elemanlı dizinin son elemanı 6, 9' dan küçük olduğundan 9' dan büyük değer gelene kadar adayın elemanları

atılmıştır. Dolayısıyla sonuç kümesi 19 elemanlı olmaktadır. Genişletme işleminin de ise önceki işlem adımlarından elde edilen doğru 30 elemanlı olup doğrunun ilk elemanı 10, son elemanı ise 13'tür. Bunlardan ilk elemandan önceki, son elemandan ise sonraki değerler incelenerek 9'dan büyük olanlar çözüm doğrusunun elemanlarına eklenmektedir. Genişletme sonrası kopyalanıp yapıştırılan çerçeve sayısı 30 olarak bulunmaktadır.



Şekil 29. Daraltama işleminin adımları



Şekil 30. Genişletme işleminin adımları

2.4. Performans Metrikleri

Gerçekleştirilen çalışmaların başarı sonuçlarının performans değerleri PTD (Pozitif Tahmin Değeri) yani kesinlik oranı (Precision Rate- PR), duyarlılık yani (Recall Rate- RR) ve tanılama doğruluğu (Detection Accuracy- DA) açısından literatürdeki benzer çalışmalarla kıyaslanmaktadır. Test sırasında orijinal çerçeveler pozitif, sahte çerçeveler ise negatif olarak değerlendirilmektedir. Doğru pozitif, orijinal çerçevenin kod tarafından orijinal olarak bulunmasıdır. Yanlış pozitif, orijinal çerçevenin kod tarafından sahte olarak bulunmasıdır. Yanlış negatif, sahte olan çerçevenin kod tarafından orijinal çerçeve olarak bulunmasıdır. Doğru negatif ise sahte çerçevenin kod tarafından sahte çerçeve olarak bulunmasıdır. Tablo 2. 3' de doğrulukların atanmasına ilişkin değerler gösterilmiş olup, PR, RR ve DA değerleri tabloya göre Eşitlik (2. 12), (2. 13) ve (2. 14)' deki gibi formülize edilmiştir.

Tablo 4. Doğruluk atama tablosu

		Gerçek Durum	
		Pozitif	Negatif
Test Sonucu	Pozitif	<i>Doğru Pozitif, a</i>	<i>Yanlış Pozitif, c</i>
	Negatif	<i>Yanlış Negatif, b</i>	<i>Doğru Negatif, d</i>
	Toplam	$a + b$	$c + d$

- Kesinlik Oranı (PR): Test sonucunun pozitif geldiği durumlarda, gerçek sonucun pozitif olabilme olasılığıdır.
- Duyarlılık (RR): Gerçek durumun pozitif olduğu durumda test sonucunun pozitif olabilme olasılığıdır.
- Tanıla Doğruluğu (DA): Videodaki toplam çerçevelerin doğru bulunabilme olasılığıdır.

$$PR = \frac{a}{a + c} \quad (2.12)$$

$$RR = \frac{a}{a + b} \quad (2.13)$$

$$DA = \frac{a + d}{a + b + c + d} \quad (2.14)$$

Eğer elde edilen sonuçlarda yöntemin üretmiş olduğu PR ve RR değerleri daha yüksekse, yöntemin tanılama performansının daha yüksek olduğu söylenmektedir. Daha yüksek DA değeri yöntemin tanılama oranının daha iyi olduğunu göstermektedir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Kopyala Yapıştır Sahteciliği Tespiti Deneysel Sonuçları

Tez kapsamında yapılan çalışmalar, Matlab 2016 ortamında kodlanarak, test edilmiştir. İlgili çalışmalar, işlemci hızı 2.4 GHz, 4 GB RAM'e sahip Intel Core i3-3110M işlemcili Windows 10 işletim sistemine sahip bilgisayarda icra edilmiştir.

Yapılan çalışmaların test verisi olarak, Surrey University Library for Forensic Analysis (SULFA) veri tabanından alınan 20 video kullanılmıştır [53]. Videoların düzenlenmesi Virtualdub 1.10.4 ortamında yapılmıştır. Ayrıca ikinci çalışma için Youtube'dan indirilen 10 adet filmin yine Virtualdub 1.10.4 ortamında, üç farklı sıkıştırma kalitesi uygulanmasıyla testler gerçekleştirilmiştir. Kullanılan video çerçevelerine kopyalama ve yapıştırma işleminden sonra sıkıştırılma uygulanarak, sıkıştırmaya dayanırlıkları test edilmiştir. Videoların çözünürlüğü sabit olup 240×320 pikseldir.

Elde edilen sonuçlar 2.4' te anlatılan performans metrikleri ile değerlendirilmiş ve iki çalışma için de elde edilen sonuçlar bu bölümde karşılaştırmalı tablo ve grafiklerle anlatılmıştır.

3.1.1. RDT Tabanlı Sahtecilik Tespiti Sonuçları

Yöntem çerçeve kopyala yapıştır sahteciliğinin tespitine yönelik yapılan [41]'daki çalışma ile kıyaslanmıştır. Kıyaslanmada kullanılan videolara ilişkin bilgiler Tablo 5 ve Tablo 6' da gösterildiği gibidir.

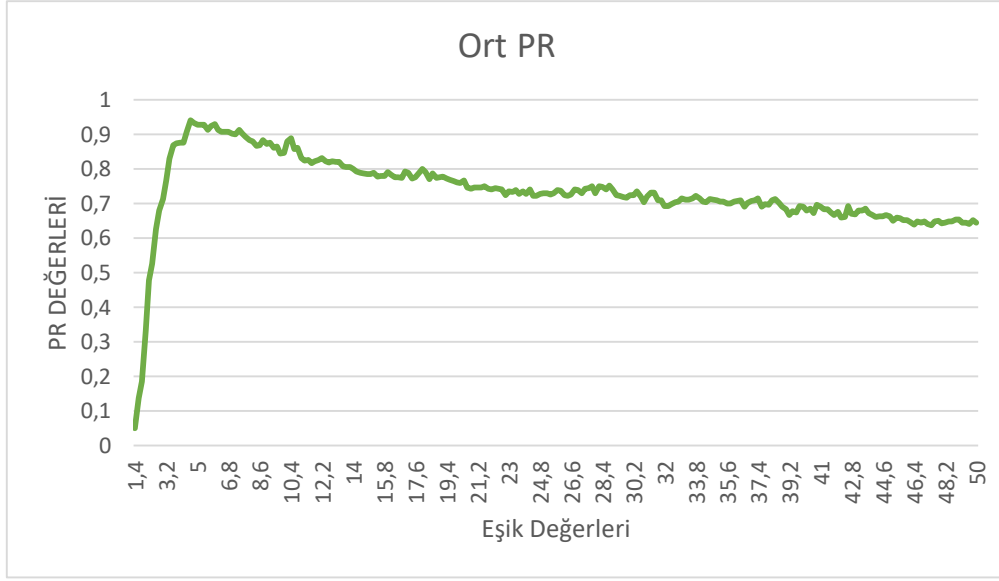
Çalışma içerisinde ideal eşik değerinin belirlenmesi esnasında test amacıyla kullanılan 20 video için eşik değeri en küçük 1.4' ten başlanarak, 0.2 artışlarla en büyük 5.0' a kadar yöntem test edilmiştir. Test sonucunda adayların en iyi bulunduğu eşik değerinin 4.6 olduğu tespit edilmiştir. Başlangıç eşiği olarak 1.4 seçilmesinin nedeni bu eşik değerinin altında seçim yapıldığında test videoları içinden aday belirlenememesidir. İdeal eşiği geçince orijinal çerçevelerin sahte olarak bulunduğu görülmüştür. Bu nedenle ideal eşik arama işlemine 5.0' den sonra devam edilmemiştir. Buna ilişkin PR değerlerine ilişkin sonuçlar Şekil 31.' de, RR değerlerine ait sonuçlar Şekil 32.' de, DA değerlerinin sonuçları da Şekil 33.' de gösterildiği gibidir.

Tablo 5. Veri tabanında kullanılan videolar

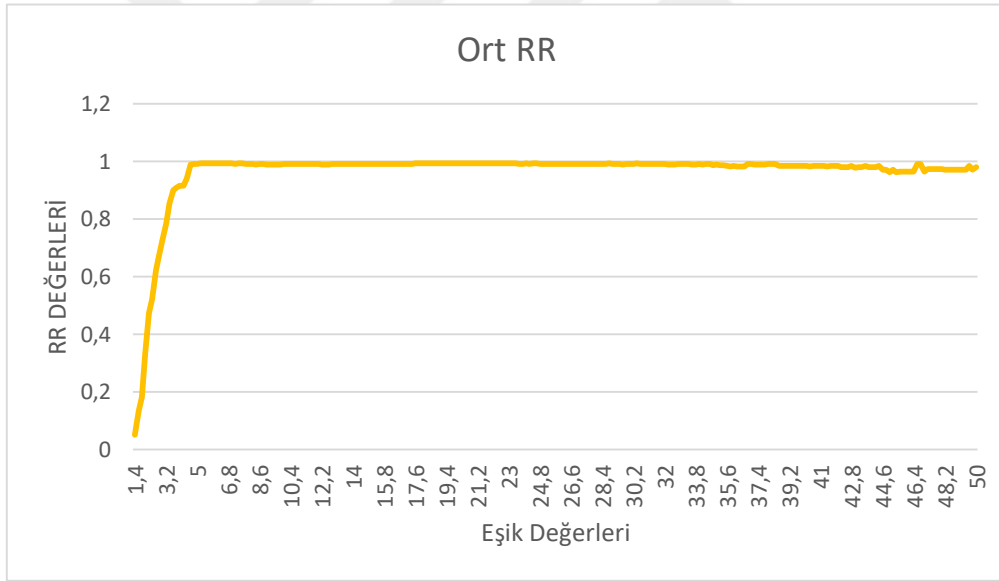
Test Videoları	Video İsimleri	Toplam Çerçeve Sayısı	Kopyalanan Çerçeve Sayısı
Video 1	can_220_book	407	50
Video 2	can_220_flap(1)	429	60
Video 3	can_220_flap(2)	372	40
Video 4	can_220_garden(1)	403	50
Video 5	can_220_garden(4)	361	40
Video 6	can_220_man(2)	390	50
Video 7	can_220_road(1)	371	70
Video 8	can_220_road(5)	356	60
Video 9	can_220_room(3)	436	40
Video 10	can_220_street(3)	326	40
Video 11	can_220_street	421	60
Video 12	fuji_2800_busstop(4)	355	55
Video 13	fuji_2800_man (2)	380	50
Video 14	fuji_2800_outdoor(4)	310	40
Video 15	fuji_2800_road(2)	380	50
Video 16	fuji_2800_road(5)	460	40
Video 17	fuji_2800_stair_outdoor	370	40
Video 18	fuji_2800_street(1)	390	60
Video 19	nik_s3000_bridge(1)	394	50
Video 20	nik_s3000_indoor_stairs	228	40

Tablo 6. Videolar üzerinde yapılan sahtecilik konumları

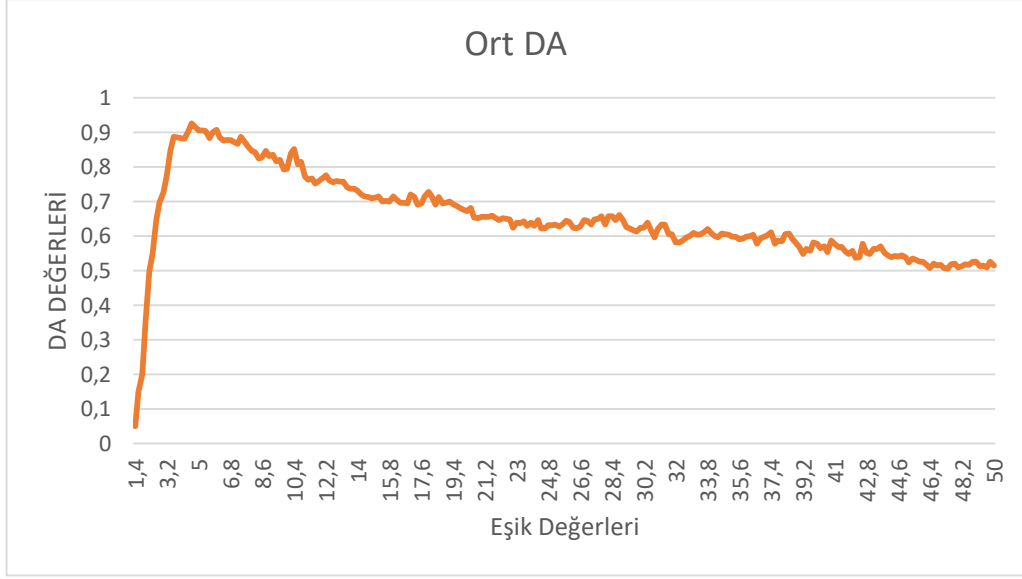
Test Videoları	Kopyalanma Aralığı	Yapıştırılma Aralığı
Video 1	11-61	221-271
Video 2	101-161	316-376
Video 3	61-101	281-321
Video 4	11-61	251-301
Video 5	101-141	181-221
Video 6	11-61	161-211
Video 7	151-221	241-311
Video 8	131-191	221-281
Video 9	131-171	261-301
Video 10	31-71	211-251
Video 11	86-146	221-281
Video 12	6-61	191-246
Video 13	21-71	161-211
Video 14	31-71	131-171
Video 15	6-56	188-238
Video 16	61-101	264-304
Video 17	41-81	216-256
Video 18	111-171	201-261
Video 19	121-171	221-271
Video 20	11-51	106-146



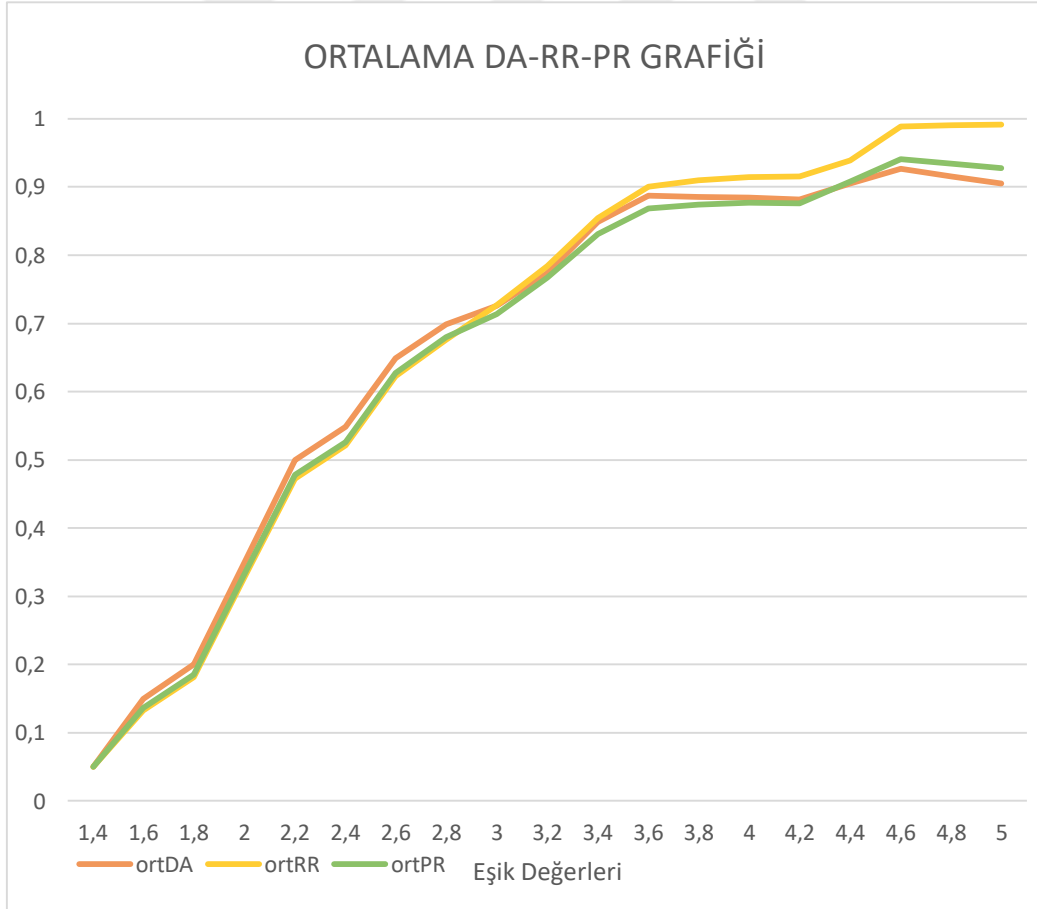
Şekil 31. Ortalama PR Sonuç Grafiği



Şekil 32. Ortalama RR Sonuç Grafiği



Şekil 33. Ortalama DA Sonuç Grafiği

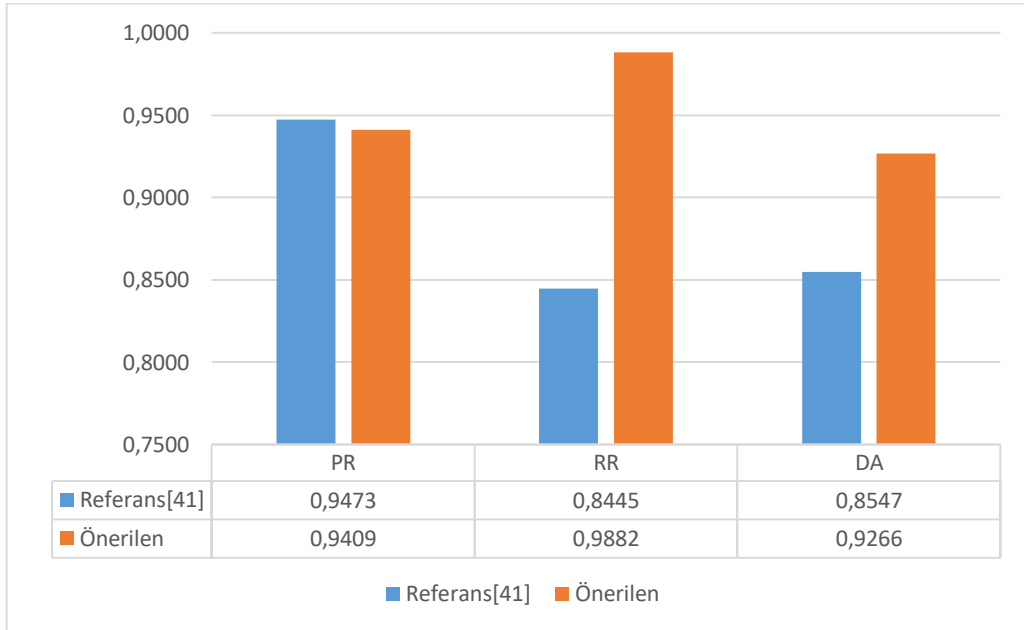


Şekil 34. Eşik 5' e kadar ortalama DA- RR- PR sonuç grafiği

Optimum eşik değeri 4.6 olduğundan eşik değeri 5' e kadar olan sonuçların grafiği Şekil 34.' de gösterilmiştir. Yapılan çalışma ve referans alınan yöntemin zaman performansına ilişkin kıyaslama Tablo 7' de gösterilmiştir. Önerilen yöntemin doğruluk oranı kıyaslamalarına ilişkin sonuçlar da Şekil 35.' de gösterilmiştir.

Tablo 7. Yöntemlerin icra zamanı açısından değerlendirilmesi

YÖNTEM	ORTALAMA ÇERÇEVE SÜRESİ (SN/ÇERÇEVE)
SVD [41]	0,42
RDT	0,02



Şekil 35. Performans Kıyaslamaları

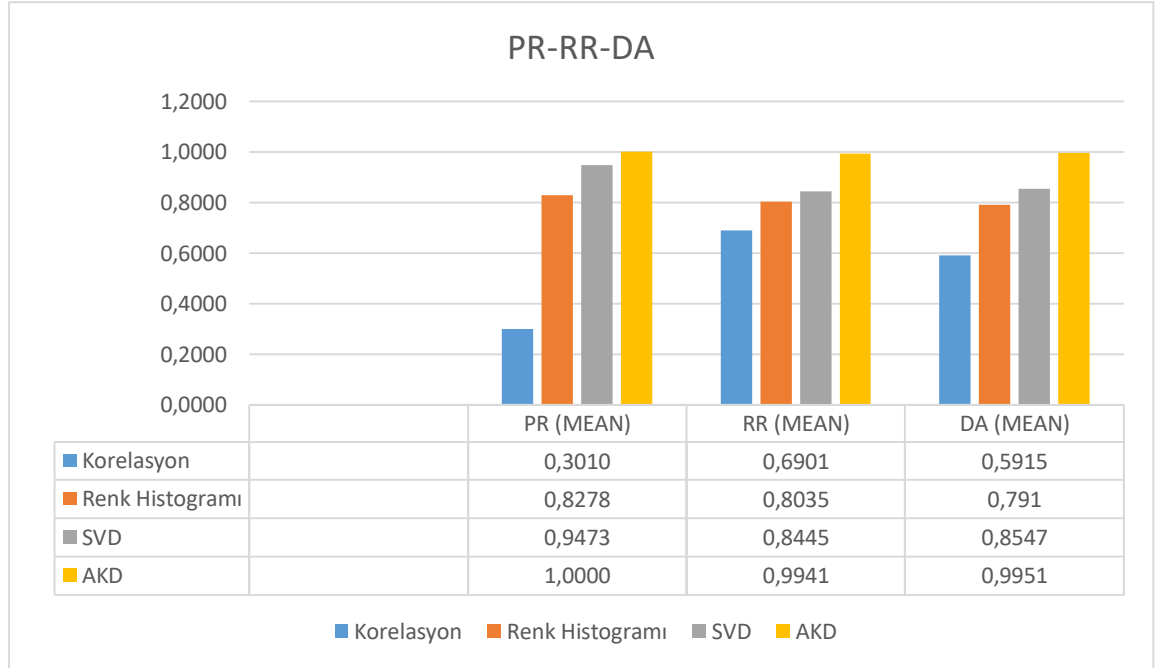
3.1.2. AKD ve Hough Tabanlı Sahtecilik Tespiti Sonuçları

Önerilen yöntem bu alanda yapılan çalışmaların ilklerinden olan [24, 26]' le ve bunları referans kabul ederek daha iyi sonuç veren [41]' inci çalışmalarla kıyaslanmıştır. Üretilen yöntem süre ve performans açısından daha iyi sonuçlar vermektedir. Buna ilişkin süre analiz değerlendirmesi Tablo 8' de, performans analizi de Şekil 36.' da gösterilmektedir.

Süre bakımından bulunan sonuçlar her çerçeve için çerçeve başına düşen saniyeler bulunduktan sonra, bunların ortalaması alınarak bulunmuştur

Tablo 8. Yöntemlerin süre analizi

Yöntem	Ortalama Çerçeve Süresi (sn/Çerçeve)
Korelasyon [24]	294,67
Renk Histogramı [26]	140,60
SVD [41]	0,42
AKD Niceleme	0,07



Şekil 36. Yöntemlerin performans kıyaslaması

Yöntem içerisinde RDT yönteminde kullanılan videoların yanı sıra film videoları da test verisi olarak kullanılmıştır. Film videolarının kullanılmasında karşılaşılan en büyük sıkıntı çerçeve boyutlarının farklı olmasıdır. Bu özelliklerini düzenlemek adına film videolarının boyutları da 240×320 piksele kodlanmıştır. Kullanılan film videolarının özellikleri de Tablo 9, Tablo 10, Tablo 11’ de gösterilmektedir. Tablo 9’ da filmlerin toplam kaç çerçeveden oluştuğu ve kopyalanan çerçeve sayısı gösterilmiştir. Tablo 10’ da kopyalanma aralığı ile kopyalanan çerçevelerin hangi aralığa yapıştırıldığını gösteren yapıştırılma aralığı verilmiştir. Tablo 11, kalite faktörü (KF)’nün video boyutlarına olan sıkıştırma etkisini gözlemleyebilmek amacıyla gösterilmiştir. Görüldüğü gibi 15KF ile 31KF arasında önemli bir değişim olmadığından, DA- PR-RR oranları da Şekil 37.’ deki gibi çok değişmemiştir.

Tablo 9. Film videolarının özellikleri

Test Videoları	Video İsimleri	Toplam Çerçeve Sayısı	Kopyalanan Çerçeve Sayısı
Video 1	Braveheart	500	127
Video 2	Deadpool	717	70
Video 3	Fast and Furious 8	176	55
Video 4	Ice Age	870	109
Video 5	Iron Man	1310	60
Video 6	Lord Of The Rings	875	165
Video 7	Inception	989	61
Video 8	Suicide Squad	990	40
Video 9	Batman v Superman	1234	236
Video 10	Sherlock	920	115

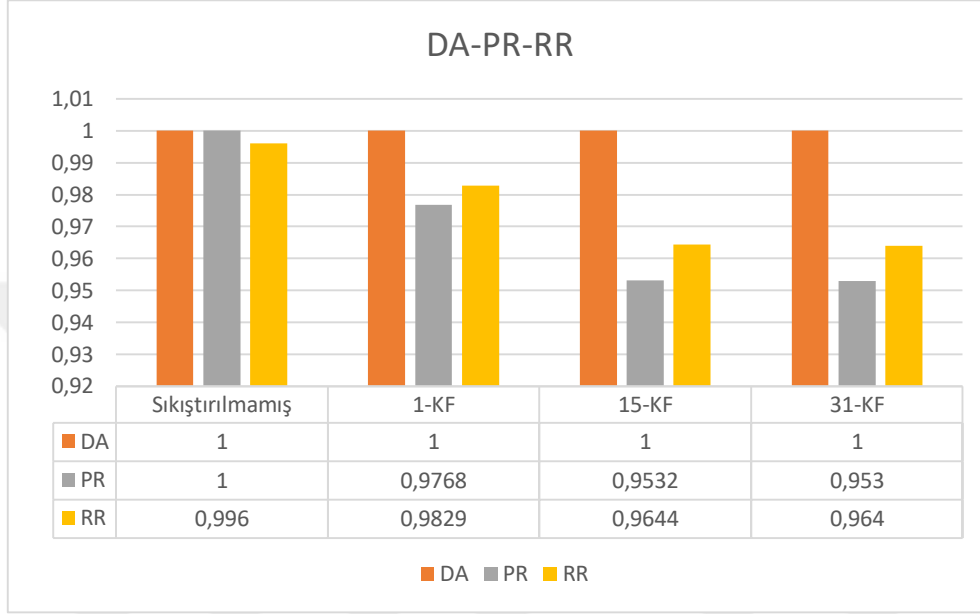
Tablo 10. Film videolarının sahtecilik konumları

Test Videoları	Kopyalanma Aralığı	Yapıştırılma Aralığı
Video 1	166- 293	331- 458
Video 2	235- 305	572- 642
Video 3	1- 55	100- 154
Video 4	233- 342	355- 464
Video 5	459- 519	735- 795
Video 6	65- 230	631- 796
Video 7	571- 632	731- 792
Video 8	895- 935	41- 81
Video 9	0- 236	855- 1091
Video 10	0- 115	601- 715

Tablo 11.Video boyutlarının sıkıştırılmamış, 1, 15, 31 kalite faktörü kullanılarak sıkıştırıldığında boyut ölçüleri

Test Videoları	Sıkıştırılmamış Boyut	1 kalite faktörü	15 kalite faktörü	31 kalite faktörü
Video 1	335,78 KB	12,01 KB	6,21 KB	6,06 KB
Video 2	1946,25 KB	34,74 KB	13,31 KB	12,54 KB
Video 3	477,75 KB	7,14 KB	3,40 KB	3,19 KB
Video 4	597,30 KB	16,94 KB	10,87 KB	10,71 KB
Video 5	3552,14 KB	54,4 KB	18,61 KB	17,48 KB
Video 6	589,61 KB	23,06 KB	13,29 KB	12,90 KB
Video 7	483,77 KB	17,89 KB	14,03 KB	13,93 KB
Video 8	2687,29 KB	51,56 KB	19,05 KB	17,72 KB
Video 9	3349,60 KB	66,39 KB	23,40 KB	21,69 KB
Video 10	2496,74 KB	39,53 KB	15,98 KB	15,15 KB

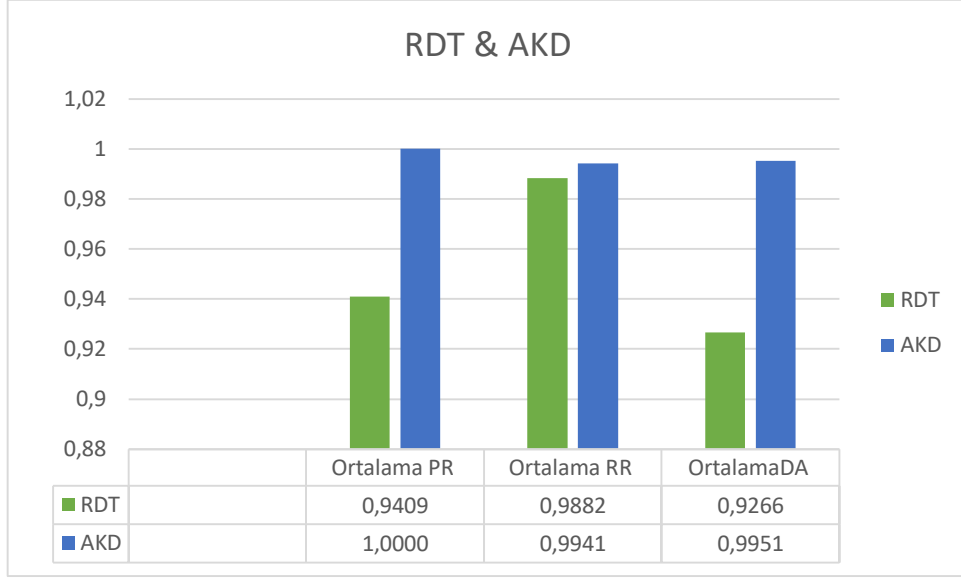
Yöntem kullanılan bu film videoları ile de iyi sonuçlar vererek, diğer yöntemlerden farklı olarak başarısını kanıtlamıştır. Filmlere ait PR, RR, DA sonuçları Şekil 37’ de gösterildiği gibidir. Filmlere ait performans analizi için sıkıştırılmamış ve üç farklı sıkıştırma uygulanmış halleriyle verilmiştir.



Şekil 37. Sıkıştırılmamış, 1- 15- 31 Kalite faktörleri ile performans ölçümleri

Oluşturulan sahte film videolarından elde edilen sonuçlar incelendiğinde sıkıştırılmamış videolar üzerinde olduğu gibi sıkıştırılmış videolarda da çok yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir.

Tez kapsamında gerçekleştirilen iki yöntemin performans kıyaslamaları ise Şekil 38’ de gösterildiği gibidir. Doğruluk performansı bakımından AKD’ li yöntemin sonuçlarının daha iyi olduğu görülmektedir. RDT’ li yöntem içerisinde kullanılan optimum olarak belirlediğimiz eşik değerinin, her video için farklı olmasından dolayı yöntemin sonuçları AKD’ li yöntemin gerisinde kalmıştır. AKD’ li yöntem içerisinde dinamik eşik kullanılması bu sayede yöntemin başarısını artırmıştır.



Şekil 38. İki yöntemin kıyaslanması

Ortalama süreler tüm videoların toplam çerçeve başına düşen icra süreleri hesaplanarak, kullanılan videoların toplam çerçeve sayılarına oranlanmasıyla bulunmuştur. Eşiğin otomatik olarak belirlendiği AKD' li çalışmanın süre performansı ise RDT' li çalışmaya göre Tablo 12' de görüldüğü gibi düşüktür. AKD' li yöntem içerisinde kullanılan korelasyon matrisinin oluşturulması en uzun süre alan kısımdır. RDT tabanlı yöntem içerisinde kullanılan bir çerçevenin referans alınarak korelasyonlarının oluşturulması süre bakımından kazanç sağlamaktadır.

Tablo 12. Uygulanan yöntemlerin süre analizi

Yöntem	Ortalama Çerçeve Süresi (sn/Çerçeve)
RDT	0,02
AKD Niceleme	0,07

4. SONUÇLAR

Tez çalışmasına ilişkin yapılan çalışmalarda, videolar üzerinde zamansal boyutta gerçekleştirilen çerçeve kopyala yapıştır sahteciliklerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Literatürde var olan çalışmalar incelenmiş ve yeni bir çerçeve kopyala yapıştır sahtecilik tespit yöntemi önerilmiştir. Her iki çalışmada sıkıştırmaya karşı dayanıklı olacak şekilde geliştirilmiştir.

RDT ile özellik çıkarım yöntemi özellikle de sabit sahnelerde kullanılan sabit kamera kayıtları için eleme yapmada avantaj sağlayan grup yapısı kullanılarak hızlı çalışan bir çalışma şeklinde önerilmiştir. Elde edilen zamansal performans ve tanıla performansı açısından yüksek oranlar ile sistemin başarısı ortaya konulmuştur. Yapılan çalışma, 9. Uluslararası Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji Konferansı (ISCTurkey 2016) adlı konferansda 25 Ekim 2016 tarihinde, 1 adet bildiri olarak, sözlü sunumu yapılmış ve bildiri kitapçığına basılmıştır.

AKD katsayılarının nicelenmesine dayalı özellik çıkarım yönteminde daha önce literatürde kullanılmayan yeni bir yöntem önerilmiş ve bir yayın olarak değerlendirilmek üzere tamamlama aşamasına getirilmiştir. Yöntem kopyala yapıştır sahteciliğinin tespitine yönelik yeni bir model sunmaktadır. Ayrıca videolar üzerinde çalışma yapan literatürdeki diğer yöntemlere göre hızlı çalışmaktadır. Elde edilen sonuçlar ile yüksek doğruluk oranları sayesinde de başarılı bir çalışma geliştirilmiş olduğu ispatlanmaktadır.

5. ÖNERİLER

İki çalışma da kopyala yapıştır sahteciliğinin çerçeve düzeyinde yapıldığı yöntemler olarak geliştirilmiştir. Uygulanan yöntemlerin sadece çerçeve tekrarlama sahteciliği değil aynı zamanda çerçeve silme, çerçeve ekleme veya birden fazla kopyala yapıştır işlemlerine karşı testleri gerçekleştirilebilir. Bu yöntemler geliştirilerek konumsal seviyede de tespit yapabilen hale dönüştürülebilir. Bunun dışında iki yöntem için de kopyala yapıştır sahteciliğinde hangi çerçevelerin kopya hangilerinin yapıştırma olduğu kesin sonuçlarla hesaplanabilir.

Özellik çıkarım yöntemlerinde doku analizi veya hareket kestirimi yapılarak yöntem geliştirilebilir. Bu amaçla anahtar noktası tabanlı yöntemlerden faydalanılabilir.

Geliştirilen yöntemlerin sadece sıkıştırma atakları değil ayna yansıması ile oluşturulan çerçeve tekrarlamalarına karşı da dayanıklı bir yöntem geliştirilebilir.

İstatiksel özelliklerin yanı sıra öğrenmeye dayalı otomatik sistemler tasarlanabilir.

6. KAYNAKLAR

1. Palmer, G., A Road Map For Digital Forensic Research. In First Digital Forensic Research Workshop, Ağustos 2001, Utica, New York, 27-30.
2. [Www.Nist.Gov/News-Events/News/2015/02/First-Scientific-Area-Committee-Meetings-Forensic-Science-Be-Webcast](http://www.nist.gov/news-events/news/2015/02/first-scientific-area-committee-meetings-forensic-science-be-webcast) Source: ASTM E2916-13, "Standard Terminology For Digital And Multimedia Examination" 14 Kasım 2016.
3. [Http://Www.Scopus.Com](http://www.scopus.com), 22Kasım 2016.
4. Sitara, K., ve Mehtre, B. M., Digital Video Tampering Detection: An Overview Of Passive Techniques, Digital Investigation, 1, 8 (2016) 8-22.
5. Asghar, M. N., Hussain, F., ve Manton, R., Video İndexing: A Survey. Framework, 3, 01, (2014).
6. Milani, S., Fontani, M., Bestagini, P., Barni, M., Piva, A., Tagliasacchi, M., ve Tubaro, S., An Overview On Video Forensics. APSIPA Transactions On Signal And Information Processing, E2 (2012) 1.
7. Tunalı, T., İnternet Üzerinde Hareketli Görüntü Nakli İçin Veri Sıkıştırma Ve Uyarlama, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2005.
8. Sowmya, K. N., ve Chennamma, H. R., A Survey On Video Forgery Detection. International Journal Of Computer Engineering And Applications, (2015) 9.
9. Al-Sanjary, O. I., ve Sulong, G., Detection Of Video Forgery: A Review Of Literature. Journal Of Theoretical & Applied Information Technology, 74 (2015) 2.
10. ÜNAL, K., Digital Video Watermarking Doktora Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü., İzmir, 2011.
11. Wang, W., ve Farid, H., Exposing Digital Forgeries İn Video By Detecting Double MPEG Compression. In Proceedings Of The 8th Workshop On Multimedia And Security, Eylül 2006, ACM: 37-47.
12. Wang, W., ve Hany F., Exposing digital forgeries in video by detecting double quantization. Proceedings of the 11th ACM workshop on Multimedia and security, ACM, (2009).
13. Su, Y., and Xu J., "Detection of double-compression in MPEG-2 videos." Intelligent Systems and Applications (ISA), 2010 2nd International Workshop on. IEEE (2010).

14. Xu, J., Su, Y., ve You, X., Detection Of Video Transcoding For Digital Forensics. In Audio, Language And Image Processing (ICALIP), Temmuz 2012, International Conference On: 160-164.
15. Xu, J., Su, Y., ve Liu, Q., Detection Of Double MPEG-2 Compression Based On Distributions Of DCT Coefficients. International Journal Of Pattern Recognition And Artificial Intelligence, 27, 01, (2013) 1354001.
16. Zhang, J., Su, Y., ve Zhang, M., Exposing Digital Video Forgery By Ghost Shadow Artifact. In Proceedings Of The First ACM Workshop On Multimedia İn Forensics. ACM., (2009) 49-54.
17. Wang, W., ve Farid, H., Exposing Digital Forgeries İn İnterlaced And Deinterlaced Video. IEEE Transactions On Information Forensics And Security, 2, 3 (2007) 438-449.
18. Li, L., Wang, X., Zhang, W., Yang, G., ve Hu, G., Detecting Removed Object From Video With Stationary Background. In International Workshop On Digital Watermarking , Springer Berlin Heidelberg, (2012) 242-252.
19. Lin, C. S., ve Tsay, J. J., A Passive Approach For Effective Detection And Localization Of Region-Level Video Forgery With Spatio-Temporal Coherence Analysis. Digital Investigation, 11, 2, (2014) 120-140.
20. Hsu, C. C., Hung, T. Y., Lin, C. W., ve Hsu, C. T., Video Forgery Detection Using Correlation Of Noise Residue. In Multimedia Signal Processing, 2008, IEEE 10th Workshop On: 170-174.
21. Kobayashi, M., Okabe, T., ve Sato, Y., Detecting Forgery From Static-Scene Video Based On İnconsistency İn Noise Level Functions. IEEE Transactions On Information Forensics And Security, 5, 4 (2010) 883-892.
22. Pandey, R. C., Singh, S. K., ve Shukla, K. K., Passive Copy-Move Forgery Detection İn Videos. In Computer And Communication Technology (ICCCT), Eylül 2014, International Conference On: 301-306
23. Hsu Y. F. ve Chang S. F., Detecting Image Splicing Using Geometry Invariants And Camera Characteristics Consistency, Toronto, Canada, July 2006, International Conference on Multimedia and Expo (ICME),
24. Wang, W., ve Hany F., "Exposing Digital Forgeries İn Video By Detecting Duplication." Proceedings Of The 9th Workshop On Multimedia & Security., ACM., 2007.
25. Su, Y., Zhang, J., ve Liu, J. , Exposing Digital Video Forgery By Detecting Motion-Compensated Edge Artifact. In Computational Intelligence And Software Engineering (CISE), Aralık 2009, International Conference On: 1-4.

26. Lin, G. S., ve Chang, J. F.. Detection Of Frame Duplication Forgery In Videos Based On Spatial And Temporal Analysis. International Journal Of Pattern Recognition And Artificial Intelligence, 26, 07 (2012) 1250017.
27. Su, Y., Nie, W., ve Zhang, C., A Frame Tampering Detection Algorithm For MPEG Videos. In Information Technology And Artificial Intelligence Conference (ITAIC), Ağustos 2011, 6th IEEE Joint International 2 461-464.
28. Dong, Q., Yang, G., ve Zhu, N., A MCEA Based Passive Forensics Scheme For Detecting Frame-Based Video Tampering. Digital Investigation, 9, 2 (2012) 151-159.
29. Stamm, M. C., Lin, W. S., ve Liu, K. R., Temporal Forensics And Anti-Forensics For Motion Compensated Video. IEEE Transactions On Information Forensics And Security, 7, 4 (2012) 1315-1329.
30. Stamm, M. C., ve Liu, K. R., Anti-Forensics For Frame Deletion/Addition In MPEG Video. Speech And Signal Processing (ICASSP), Mayıs 2011, IEEE International Conference On Acoustics: 1876-1879.
31. Chao, J., Jiang, X., ve Sun, T., A Novel Video Inter-Frame Forgery Model Detection Scheme Based On Optical Flow Consistency. Ekim 2012, Springer Berlin Heidelberg, International Workshop On Digital Watermarking: 267-281.
32. Bestagini, P., Milani, S., Tagliasacchi, M., ve Tubaro, S., Local Tampering Detection In Video Sequences. In Multimedia Signal Processing (MMSp), Eylül 2013, IEEE 15th International Workshop On: 488-493.
33. Bestagini, P., Battaglia, S., Milani, S., Tagliasacchi, M., ve Tubaro, S. (2013, May). Detection Of Temporal Interpolation In Video Sequences. Speech And Signal Processing, Mayıs 2013, IEEE International Conference On Acoustics: 3033-3037.
34. Shanableh, T., Detection Of Frame Deletion For Digital Video Forensics. Digital Investigation, 10, 4 (2013) 350-360.
35. Liu, H., Li, S., ve Bian, S. Detecting Frame Deletion In H. 264 Video. In International Conference On Information Security Practice And Experience, Mayıs 2014, Springer International Publishing: 262-270.
36. Wu, Y., Jiang, X., Sun, T., ve Wang, W. Exposing Video Inter-Frame Forgery Based On Velocity Field Consistency. In 2014 IEEE International Conference On Acoustics, Mayıs 2014, Speech And Signal Processing (ICASSP): 2674-2678.
37. Feng, C., Xu, Z., Zhang, W., ve Xu, Y., Automatic Location Of Frame Deletion Point For Digital Video Forensics. In Proceedings Of The 2nd ACM Workshop On Information Hiding And Multimedia Security, Haziran 2014, ACM: 171-179

38. Wang, Q., Li, Z., Zhang, Z., ve Ma, Q., Video inter-frame forgery identification based on consistency of correlation coefficients of gray values. *Journal of Computer and Communications*, 2, 04 (2014) 51.
39. Gironi, A., Fontani, M., Bianchi, T., Piva, A., ve Barni, M., A Video Forensic Technique For Detecting Frame Deletion And Insertion. In 2014 IEEE International Conference On Acoustics, Mayıs 2014, Speech And Signal Processing (ICASSP): 6226-6230.
40. Wang, W., Jiang, X., Wang, S., Wan, M., ve Sun, T., Identifying Video Forgery Process Using Optical Flow. In International Workshop On Digital Watermarking, Ekim 2014, Springer Berlin Heidelberg: 244-257.
41. Yang, J., Huang, T., ve Su, L., Using Similarity Analysis To Detect Frame Duplication Forgery In Videos. *Multimedia Tools And Applications*, 75, 4 (2016) 1793-1811.
42. Singh, V. K., Pant, P., ve Tripathi, R. C., Detection Of Frame Duplication Type Of Forgery in Digital Video Using Sub-Block Based Features. In International Conference On Digital Forensics And Cyber Crime, Ekim 2015, Springer International Publishing: 29-38.
43. Liu, Y., ve Huang, T., Exposing Video Inter-Frame Forgery By Zernike Opponent Chromaticity Moments And Coarseness Analysis. Multimedia Systems, (2015) 1-16.
44. Gupta, A., Gupta, S., ve Mehra, A., Video Authentication In Digital Forensic. In Futuristic Trends On Computational Analysis And Knowledge Management (ABLAZE), Şubat 2015 International Conference On: 659-663.
45. Su, P. C., Suei, P. L., Chang, M. K., ve Lain, J., Forensic And Anti-Forensic Techniques For Video Shot Editing In H. 264/AVC. Journal Of Visual Communication And Image Representation, 29 (2015) 103-113.
46. Zheng, L., Sun, T., ve Shi, Y. Q., Inter-Frame Video Forgery Detection Based On Block-Wise Brightness Variance Descriptor. In International Workshop On Digital Watermarking, Eylül 2014, Springer International Publishing: 18-30.
47. Zhang, Z., Hou, J., Ma, Q., ve Li, Z. Efficient Video Frame Insertion And Deletion Detection Based On Inconsistency Of Correlations Between Local Binary Pattern Coded Frames. Security And Communication Networks, 8, 2 (2015) 311-320.
48. Singh, R. D., ve Aggarwal, N. Detection Of Re-Compression, Transcoding And Frame-Deletion For Digital Video Authentication. Recent Advances In Engineering & Computational Sciences (RAECS) Aralık 2015, In 2nd International Conference On: 1-6.
49. Kang, X., Liu, J., Liu, H., ve Wang, Z. J., Forensics And Counter Anti-Forensics Of Video Inter-Frame Forgery. Multimedia Tools And Applications, (2015) 1-21.

50. Aghamaleki, J. A., ve Behrad, A., Malicious Inter-Frame Video Tampering Detection In MPEG Videos Using Time And Spatial Domain Analysis Of Quantization Effects. Multimedia Tools And Applications, (2016) 1-27.
51. Mathai, M., Rajan, D., ve Emmanuel, S., Video Forgery Detection And Localization Using Normalized Cross-Correlation Of Moment Features. Mart 2016, IEEE Southwest Symposium On Image Analysis And Interpretation (SSIAI) : 149-152.
52. Xu, J., Liang, Y., Tian, X., ve Xie, A., A Novel Video Inter-Frame Forgery Detection Method Based On Histogram Intersection. In Communications in China (ICCC), Ekim 2016, IEEE/CIC International Conference On: 1-6.
53. Qadir, G., Yahaya, S., ve Ho, A. T., Surrey University Library For Forensic Analysis (SULFA) Of Video Content. In Image Processing, IET Konferansı, Temmuz 2012, Bildiriler Kitabı: 1-6.
54. <http://trace.eas.asu.edu/index.html> Video Trace Library Dataset. 14 Aralık 2016.
55. <http://changedetection.net/> ChangeDetection.NET(CDNET). 14 Aralık 2016.
56. <http://www.nada.kth.se/cvap/actions/> Recognition of Human Actions. 14 Aralık 2016.
57. Ünal, K, Digital Video Watermarking, Doktora Tezi, D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2011.
58. Verdaguer, S. L., Color Based Image Classification And Description, Doctoral Tezi, Universitat Politecnica De Catalunya, Katalonya, Barselona, 2009.
59. Hough, P. V., Method And Means For Recognizing Complex Patterns (No. US 3069654), (1962).
60. Duda, R. O., ve Hart, P. E., Use Of The Hough Transformation To Detect Lines And Curves In Pictures. Communications Of The ACM, 15, 1 (1972) 11-15.
61. Pearson, K., Mathematical Contributions To The Theory Of Evolution.--On A Form Of Spurious Correlation Which May Arise When Indices Are Used In The Measurement Of Organs. Proceedings Of The Royal Society Of London, 60, 359-367 (1896) 489-498.
62. Black, P. E., Euclidean Distance. Dictionary Of Algorithms And Data Structures. US National Institute Of Standards And Technology, 2004.

ÖZGEÇMİŞ

Işlay Bozkurt, 1988 Gaziantep doğumludur. 2012 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. 2012- 2013 yılları arasında Gaziantep Türk Telekom şirketi bünyesinde çalışmıştır. 2013 yılında Trabzon' da yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2015 yılında da Karadeniz Teknik Üniversitesi Yazılım Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak işe başlamış ve halen de görevini devam ettirmektedir.

