

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ZAMAN-UZAMSAL ÖZNİTELİKLERİN ÇIKARIMI İLE ARŞİV
VİDEOLARINDA LEKE ONARMA

DOKTORA TEZİ

Bilgisayar Yük. Müh. Yıldız AYDIN

HAZİRAN 2020
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ZAMAN-UZAMSAL ÖZNİTELİKLERİN ÇIKARIMI İLE ARŞİV
VİDEOLARINDA LEKE ONARMA

Bilgisayar Yük. Müh. Yıldız AYDIN
ORCID NO: 0000 - 0002 - 3877 - 6782

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“DOKTOR (BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23.05.2020
Tezin Savunma Tarihi : 17.06.2020

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Bekir DİZDAROĞLU
ORCID NO : 0000 - 0002 - 2955 - 1776

Trabzon 2020

ÖNSÖZ

Videolarda belirlenen alanların bir alanın onarım süreci video içboyama olarak adlandırılmaktadır. Görüntü içboyama yaklaşımının zaman-uzamsal eşdeğeri olan video içboyama, görüntü içboyama probleminin hem zorluklarını hem de çözümlerini genişletmektedir. Bu zorluklar temel olarak zamansal tutarsızlık ve uzamsal karmaşıklığıdır. Video içboyama uygulamalarının alt dallarından biri ise tarihi, kültürel ve bilimsel miras niteliğinde olan arşiv videolarının onarılmasıdır. Arşiv videoları sayısal ortama aktarılmadan önce analog filmler kullanılarak çekilirdi. Bu yüzden analog filmler üzerinde ise uygun olmayan saklanma koşullarından kaynaklanan bazı bozulmalar meydana gelmektedir. Arşiv videolarında meydana gelen yaygın bir bozulma tipi de lekelerdir. Oldukça fazla yanlış algılama oranları ve yüksek çözünürlüklü videolardaki çok büyük miktardaki veriler nedeniyle onarılma işleminin gerçekleştirilmesi diğer görüntü işleme problemlerine kıyasla daha zordur. Bu tez çalışmasında arşiv videoları üzerinde meydana gelen lekelerin algılanması ve giderilmesi için yeni yaklaşımlar ortaya konulmuştur.

Doktora çalışmalarım sürecinde bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren hocam ve danışmanım Sayın Doç. Dr. Bekir DİZDAROĞLU'na sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca bu süreçte görüş ve katkılarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Güzin ULUTAŞ ve Doç. Dr. Önder AYDEMİR'e teşekkür ederim.

Eğitimim aşamasında her zaman yanımda olan annem Nebahat ÇİLTAŞ ve oğlum Muhammed Ali AYDIN başta olmak üzere aileme teşekkür ederim.

Yıldız AYDIN
Trabzon, 2020

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Zaman-Uzamsal Özniteliklerin Çıkarımı ile Arşiv Videolarında Leke Onarma” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Bekir DİZDAROĞLU’nun sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdığimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 17/06/2020

Yıldız AYDIN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XV
SEMBOLLER DİZİNİ	XVI
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Araştırmanın Amacı ve Katkısı.....	5
1.3. Literatür Taraması.....	6
1.3.1. Leke Tespiti.....	6
1.3.1.1. Leke Algılama İndeksi (SDI) Algılayıcı.....	7
1.3.1.2. Sıralama Düzenli Fark (ROD) Algılayıcı	8
1.3.1.3. Basitleştirilmiş Sıralama Düzeni Farkı (SROD) Algılayıcı	9
1.3.1.4. Özbağlanımlı (AR) Algılayıcı.....	9
1.3.1.5. Son Yıllarda Geliştirilen Leke Tespit Çalışmaları	10
1.3.2. Görüntü ve Video İçboyama	11
1.3.2.1. Doku Sentezine Dayalı İçboyama.....	12
1.3.2.2. Kısmi Diferansiyel Denklem Bazlı İçboyama	13
1.3.2.3. Örnekleme ve Arama Tabanlı İçboyama	14
1.3.2.4. Hibrit İçboyama	16
1.3.2.5. Yarı Otomatik ve Hızlı İçboyama	17
1.3.2.6. Video İçboyama	17
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	20
2.1. Leke Tespit Çalışmaları	22
2.1.1. Görsel Dikkat Çekerlik Haritası Tabanlı Arşiv Filmlerinde Leke Tespiti.....	22
2.1.1.1. Görsel Dikkat Çekerlik Haritası.....	23
2.1.1.2. Görsel Dikkat Çekerlik Haritası ile Leke Tespiti.....	26
2.1.2. Görsel Dikkat Haritası Üzerinde ROD Algılayıcı ile Leke Tespiti	30

2.2.	Tespit Edilen Lekelerin İçboyanarak Onarılması	31
2.2.1.	Yerel Öznitelik Çıkarımı ile Görüntü İçboyaama.....	32
2.2.1.1.	SURF Özniteliği.....	32
2.2.1.2.	MSER Özniteliği.....	34
2.2.1.3.	Harris Köşe Tanımlayıcısı	35
2.2.1.4.	Yerel Özniteliklerin Kullanımı ile İçboyaama.....	36
2.2.2.	Eski Filmlerde SIFT Özniteliğinin Çıkarılmasına Dayalı İçboyaama.....	37
2.2.2.1.	Ölçeklemeden Bağımsız Öznitelik Dönüşümü (SIFT) Özniteliği	38
2.2.2.2.	SIFT Eşleştirmesi ile Leke İçboyaama	41
3.	BULGULAR VE İRDELEME	44
3.1.	Görsel Dikkat Çekerlik Haritası Tabanlı Arşiv Filmlerinde Leke Tespiti Uygulamasının Başarım Analizi	46
3.2.	Görsel Dikkat Çekerlik Haritası Üzerinde ROD Algılayıcısı ile Leke Tespiti.....	67
3.3.	Görsel Dikkat Çekerlik Haritası Tabanlı Leke Tespit Uygulamalarının Başarım Analizi.....	74
3.4.	Yerel Öznitelik Çıkarımı ile Görüntü İçboyaama Uygulamasının Başarım Analizi.....	90
3.5.	Eski Filmlerde SIFT Özniteliğinin Çıkarılmasına Dayalı İçboyaama Uygulamasının Başarım Analizi	94
4.	SONUÇLAR	99
5.	KAYNAKLAR	101

ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET

ZAMAN-UZAMSAL ÖZNETELİKLERİN ÇIKARIMI İLE ARŞİV VİDEOLARINDA LEKE
ONARMA

Yıldız AYDIN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Bekir DİZDAROĞLU
2020, 106 Sayfa

Gelecek nesillere yol gösterici niteliği olan arşiv belgelerinden biri de videolardır. Arşiv videoları sayısal filmlerin keşfinden önce analog filmler kullanılarak çekilmekteydi. Fakat bu analog filmler üzerinde, uygun olmayan saklanma koşullarından dolayı bazı bozulmalar meydana gelmektedir. Sıklıkla karşılaşılan bozulma türlerinden olan lekeler filmlerin üzerinde biriken kir ve toz parçacıklarından dolayı oluşmaktadır. Sayısala dönüştürülme işleminden önce bu tür bozulmaların onarımının yapılması gerekmektedir. Arşiv videoların tarihi ve kültürel miras niteliğinde olması nedeniyle onarım günümüzde üzerinde oldukça durulan bir konu olmuştur. Arşiv videolarında bulunan veri miktarı fazlalığı nedeniyle, insan görme sisteminden esinlenerek geliştirilen yöntemler kullanılarak film karesinin tamamını incelemek yerine belirgin noktalara odaklanılmakta ve bu sayede işlem ve zaman maliyeti düşürülmektedir. Bu çalışmada video içboyamada lekelerin onarımı problemi üzerine odaklanılmıştır. Lekelerin onarımı, leke konumlarının tespiti ve bu bölgelerin giderilmesi olmak üzere iki adımdan oluşmaktadır. Lekelerin arka plana zıt kontrastta olmasından dolayı insan görme sistemin önemli bir yönü olan görsel çıkarım haritası, leke tespit adımıyla kullanılmıştır. Lekelerin giderilmesinde ise yerel özniteliklerin kullanımına bağlı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Tez kapsamında yerel öznitelik olarak ölçeklemeden bağımsız öznitelik dönüşümü (SIFT), hızlandırılmış gürbüz özniteliği (SURF), Harris köşe algılayıcı ve maksimal kararlı uç bölgeler (MSER) öznitelikleri kullanılmıştır. Bu bağlamda leke onarımı probleminde bulunan iki adımın her biri için iki ayrı yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemler son yıllarda sunulan çalışma ve literatürde bulunan temel yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda önerilen yöntemlerin karşılaştırılan yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Leke, Eksik Bölge, Video İçboyama, Doldurma, Onarma.

PhD. Thesis

SUMMARY

BLOTCH RESTORATION IN ARCHIVE VIDEOS WITH EXTRACTION OF SPATIO-
TEMPORAL FEATURES

Yıldız AYDIN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Computer Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Bekir DİZDAROĞLU
2020, 106 Pages

One of the archive documents that guide the future generations is videos. Archive videos were shot using analog films before the discovery of digital films. However, some degradations occur on these analog films due to improper storage conditions. Blotches, one of the most common types of degradations, occur due to dirt and dust particles accumulating on the films. Such degradations need to be repaired before being converted into numbers. Since the archive videos are of historical and cultural heritage, repair has been a highly emphasized subject today. Due to the large amount of data contained in archive videos, instead of examining the entire film frame by using methods developed inspired by the human vision system, focus is placed on specific points, thereby reducing process and time costs. In this study, the problem of repairing blotches in video inpainting is focused. It consists of two steps: repairing the blotches, determining the blotch locations and removing these areas. The visual saliency map, which is an important aspect of the human vision system, is used in the blotch detection step because of the contrast of the blotches against the background. An approach based on the use of local attributes has been developed to remove blotches. Within the scope of the thesis, scale-invariant feature transform (SIFT), speed up robust features (SURF), Harris corner detector and maximally stable extremal regions (MSER) features are used as local features. In this context, two different methods have been developed for each of the two steps in the blotch repair problem. The methods developed are compared with the basic methods in the study and literature presented in recent years. It has been observed that the performance of the proposed methods in the experimental studies yielded more successful results than the compared methods.

Key Words: Blotch Detection, Missing Area, Video Inpainting, Filling, Repairing.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	İçboyama yaklaşımı [1]: a) Leke içeren eski bir fotoğraf, b) İçboyama yapılacak bölgelerin kırmızı renk ile belirtildiği fotoğraf ve c) İçboyanmış fotoğraf.	1
Şekil 1.2.	Leke tespit aşaması için hareket kestirimi ve dengeleme prosedürleri	3
Şekil 1.3.	Bir arşiv filmi için [4]'deki algoritmayı kullanarak hareket kestirimi: a) Önceki film karesi, b) Geçerli film karesi, c) Sonraki film karesi, d) Geri yönde hareket vektörleri ve e) İleri yönde hareket vektörleri.....	4
Şekil 1.4.	Arşiv filmi onarımı için işlem adımları.....	5
Şekil 1.5.	Doku sentezine dayalı içboyama yaklaşımı. Bu görüntü [25]'ten alınmıştır.....	13
Şekil 1.6.	Örnek tabanlı içboyama, a) Hedef-doldurulacak bölge ve kaynak bölge, b) En yüksek öncelikli pikselle işaretlenmiş dolun yaması, c) Yama doldurmak için büyük olasılıkla kullanılacak adaylar, d) En yüksek önceliğe sahip piksel	16
Şekil 2.1.	Önerilen yöntemin akış şeması	22
Şekil 2.2.	Merkezde ve merkez dışında ganglion hücreleri ve dikkat çekerlik haritası yaklaşımları: a) Merkezde ganglion hücresi, b) Merkezde benzerlik, c) Merkezde olmayan ganglion hücresi ve d) Merkez dışı benzerlik	24
Şekil 2.3.	Görsel dikkat çekerlik haritasına dayalı olarak önerilen leke algılama yöntemi.....	26
Şekil 2.4.	Önerilen yöntemde yamaların temsili gösterimi: a) Geçerli film karesinin sol üst köşesinde p noktasında ortalanmış 5x5 yama, b) Geçerli film karesinde karşılık gelen yama ve c) Önceki ve sonraki film karelerindeki karşılık gelen on sekiz yama.....	28
Şekil 2.5.	Önerilen leke tespit yönteminin akış şeması.	29
Şekil 2.6.	Belirgin olmayan lekeli bölgelerde önerilen yöntem: a) Geçerli film karesi, b) Karşılık gelen dikkat çekerlik haritası ve c) Kırmızı renkli işaretlenmiş tespit edilen lekeli bölgeler.	30
Şekil 2.7.	Dikkat çekerlik haritası ve ROD algılayıcısına bağlı önerilen diğer leke tespit yönteminin akış diyagramı.....	31
Şekil 2.8.	SURF tanımlayıcısının hesaplanması.....	33
Şekil 2.9.	Ölçek farkı elde etmek için kullanılan anahtar noktalar.	37
Şekil 2.10.	Gauss Piramidinden DoG hesaplanması	39
Şekil 2.11.	DoG görüntüsünde minimum ve maksimum değerlerin tespiti	40
Şekil 2.12.	Kilit nokta tanımlayıcıların oluşturulması.....	41

Şekil 2.13.	“hababam” hareketli görüntü dizisi için SIFT özneteliği çıkarma sonucuna bir örnek: a) İçboyamak için gerekli bilginin kullanılacağı referans film karesi ve b) Eksik bir bölgenin içboyandığı başka bir film karesi.....	41
Şekil 2.14.	Sunulan algoritmanın işlem adımları.	42
Şekil 2.15.	Önerilen içboyama yönteminin akış diyagramı.	43
Şekil 3.1.	Pozitif ve negatif iki olası sonuç için örnek hata matrisi	45
Şekil 3.2.	Performans karşılaştırması için kullanılan yapay olarak bozulmuş hareketli görüntü dizileri: a) “futbol _1”, b) “futbol _2” ve c) “takvim”.	47
Şekil 3.3.	Performans karşılaştırması için kullanılan bozulmuş özgün hareketli görüntü dizileri: a) “yesilcam_1” ve b) “yesilcam_2.	47
Şekil 3.4.	Bozulmuş hareketli görüntü dizilerinin görsel dikkat çekerlik haritaları: a) “futbol _1”, b) “futbol _2”, c) “takvim”, d) “yesilcam_1” ve e) “yesilcam_2”.	48
Şekil 3.5.	Yapay olarak bozulmuş “futbol _1” hareketli görüntü dizisi üzerinde yama boyutunun 5x5, 7x7 ve 9x9 olarak ayarlanması ile elde edilen ROC eğrisi.....	49
Şekil 3.6.	Yapay olarak bozulmuş “futbol _2” hareketli görüntü dizisi üzerinde yama boyutunun 5x5, 7x7 ve 9x9 olarak ayarlanması ile elde edilen ROC eğrisi.....	49
Şekil 3.7.	Yapay olarak bozulmuş “takvim” hareketli görüntü dizisi üzerinde yama boyutunun 5x5, 7x7 ve 9x9 olarak ayarlanması ile elde edilen ROC eğrisi.....	50
Şekil 3.8.	Yapay olarak bozulmuş “futbol _1” hareketli görüntü dizisi için HOG özneteliği tabanlı leke tespit [18] sonuçları.	51
Şekil 3.9.	Yapay olarak bozulmuş “futbol _1” hareketli görüntü dizisi için LBP özneteliği tabanlı leke tespit [18] sonuçları.	51
Şekil 3.10.	Yapay olarak bozulmuş “futbol _1” hareketli görüntü dizisi için bölge eşleştirme tabanlı leke tespiti [6] sonuçları.	52
Şekil 3.11.	Yapay olarak bozulmuş “futbol _1” hareketli görüntü dizisi için SDI algılayıcısı ile leke tespit [5] sonuçları.....	52
Şekil 3.12.	Yapay olarak bozulmuş “futbol _1” hareketli görüntü dizisi için önerilen yöntem ile gerçekleştirilen uygulamanın leke tespit sonuçları. Burada kırmızı dikdörtgen içerisine alınmış çubuğa bağlı olarak eşik değeri $th_2 = 50$ olarak setlenmiştir.....	53
Şekil 3.13.	Yapay olarak bozulmuş “futbol _1” hareketli görüntü dizisi için hareket kestirim adımının eklendiği önerilen yöntem ile gerçekleştirilen uygulamanın leke tespit sonuçları.	53
Şekil 3.14.	Yapay olarak bozulmuş “futbol _2” hareketli görüntü dizisi için HOG özneteliği tabanlı leke tespit [18] sonuçları.	54

Şekil 3.15.	Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için LBP özniteliği tabanlı leke tespit [18] sonuçları.	54
Şekil 3.16.	Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için bölge eşleştirme tabanlı leke tespiti [6] sonuçları.	55
Şekil 3.17.	Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için SDI algılayıcısı ile leke tespit [5] sonuçları.	55
Şekil 3.18.	Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için önerilen yöntem ile gerçekleştirilen uygulamanın leke tespit sonuçları.	56
Şekil 3.19.	Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için hareket kestirim adımının eklendiği önerilen yöntem ile gerçekleştirilen uygulamanın leke tespit sonuçları.	56
Şekil 3.20.	“futbol_1” hareketli görüntü dizisi için siyah renkli yapay leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özniteliği, b) LBP özniteliği, c) Bölge eşleştirme, d) SDI, e) Önerilen yöntem ve f) Lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüsü.	58
Şekil 3.21.	“futbol_1” hareketli görüntü dizisi için siyah renkli yapay leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özniteliği, b) LBP özniteliği, c) Bölge eşleştirme, d) SDI, e) Önerilen yöntem ve f) Lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüsü.	59
Şekil 3.22.	“takvim” hareketli görüntü dizisi için farklı renkli yapay leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özniteliği, b) LBP özniteliği, c) Bölge eşleştirme, d) SDI, e) Önerilen yöntem ve f) Lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüsü.	60
Şekil 3.23.	“yesilcam_1” hareketli görüntü dizisi için leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özniteliği, b) LBP özniteliği, c) Bölge eşleştirme, d) SDI ve e) Önerilen yöntem.	61
Şekil 3.24.	“yesilcam_2” hareketli görüntü dizisi için leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özniteliği, b) LBP özniteliği, c) Bölge eşleştirme, d) SDI ve e) Önerilen yöntem.	62
Şekil 3.25.	“takvim” hareketli görüntü dizisinde sahne geçişleri olması durumunda önerilen yöntemin sonuçları: a) Sadece önceki film karesi kullanılarak gerçekleştirilen leke tespit sonucu b) Önceki ve sonraki film karesi kullanılarak gerçekleştirilen leke tespit sonucu.	63
Şekil 3.26.	“takvim” hareketli görüntü dizisinde sahne geçişleri olması durumunda önerilen yöntemin sonuçları: a) Sadece önceki film karesi kullanılarak gerçekleştirilen leke tespit sonucu b) Önceki ve sonraki film karesi kullanılarak gerçekleştirilen leke tespit sonucu.	64
Şekil 3.27.	Yapay olarak bozulmuş “futbol_1” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.	65
Şekil 3.28.	Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.	65

Şekil 3.29.	Yapay olarak bozulmuş “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.	66
Şekil 3.30.	Kullanılan hareketli görüntü dizileri: a) ”hababam” hareketli görüntü dizisi, b) “takvim” hareketli görüntü dizisi ve c) ”yeşilçam_1” hareketli görüntü dizisi.	67
Şekil 3.31.	Kullanılan dikkat çekerlik harita görüntüleri: a) ”hababam” hareketli görüntü dizisinin dikkat çekerlik harita görüntüsü, b) ”takvim” hareketli görüntü dizisinin dikkat çekerlik harita görüntüsü ve c) ”yeşilçam_1” hareketli görüntü dizisinin dikkat çekerlik harita görüntüsü.	68
Şekil 3.32.	“hababam” hareketli görüntü dizisi için farklı renkli yapay leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özniteliği, b) LBP özniteliği, c) SROD, d) Önerilen yöntem ve e) Lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüsü.	70
Şekil 3.33.	“takvim” hareketli görüntü dizisi için siyah renkli yapay leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özniteliği, b) LBP özniteliği, c) SROD, d) Önerilen yöntem ve e) Lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüsü.	71
Şekil 3.34.	“yeşilçam” hareketli görüntü dizisi için tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özniteliği, b) LBP özniteliği, c) SROD, d) Önerilen yöntem ve e) Gerçekte lekeli olan özgün görüntü.	72
Şekil 3.35.	Lekelerin yapay olarak eklendiği “hababam” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.	73
Şekil 3.36.	Lekelerin yapay olarak eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.	74
Şekil 3.37.	Performans karşılaştırması için kullanılan siyah yapay lekeler eklenmiş ‘futbol’ hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5’i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15’i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30’u kadar lekeye sahip film karesi	75
Şekil 3.38.	Performans karşılaştırması için kullanılan gri yapay lekeler eklenmiş ‘futbol’ hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5’i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15’i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30’u kadar lekeye sahip film karesi.	76
Şekil 3.39.	Performans karşılaştırması için kullanılan beyaz yapay lekeler eklenmiş ‘futbol’ hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5’i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15’i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30’u kadar lekeye sahip film karesi	77
Şekil 3.40.	Performans karşılaştırması için kullanılan siyah yapay lekeler eklenmiş ‘takvim’ hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5’i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15’i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30’u kadar lekeye sahip film karesi	78

Şekil 3.41.	Performans karşılaştırması için kullanılan gri yapay lekeler eklenmiş ‘takvim’ hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5’i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15’i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30’u kadar lekeye sahip film karesi	79
Şekil 3.42.	Performans karşılaştırması için kullanılan beyaz yapay lekeler eklenmiş ‘takvim’ hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5’i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15’i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30’u kadar lekeye sahip film karesi	80
Şekil 3.43.	Piksel sayısının %5’i kadar siyah yapay lekelerin eklendiği “futbol” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	81
Şekil 3.44.	Piksel sayısının %15’i kadar siyah yapay lekelerin eklendiği “futbol” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	81
Şekil 3.45.	Piksel sayısının %30’u kadar siyah yapay lekelerin eklendiği “futbol” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	82
Şekil 3.46.	Piksel sayısının %5’i kadar gri yapay lekelerin eklendiği “futbol” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	82
Şekil 3.47.	Piksel sayısının %15’i kadar gri yapay lekelerin eklendiği “futbol” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	83
Şekil 3.48.	Piksel sayısının %30’u kadar gri yapay lekelerin eklendiği “futbol” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	83
Şekil 3.49.	Piksel sayısının %5’i kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği “futbol” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	84
Şekil 3.50.	Piksel sayısının %15’i kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği “futbol” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	84
Şekil 3.51.	Piksel sayısının %30’u kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği “futbol” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	85
Şekil 3.52.	Piksel sayısının %5’i kadar siyah yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	85
Şekil 3.53.	Piksel sayısının %15’i kadar siyah yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	86
Şekil 3.54.	Piksel sayısının %30’u kadar siyah yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	86
Şekil 3.55.	Piksel sayısının %5’i kadar gri yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	87
Şekil 3.56.	Piksel sayısının %15’i kadar gri yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	87
Şekil 3.57.	Piksel sayısının %30’u kadar gri yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	88
Şekil 3.58.	Piksel sayısının %5’i kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.....	88

Şekil 3.59.	Piksel sayısının %15'i kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.	89
Şekil 3.60.	Piksel sayısının %30'u kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.	89
Şekil 3.61.	Yerel öznitelik çıkarımı ile görüntü içboyama yöntemi: a) Hasarlı görüntü, (b) İlgili görüntü, (c) SURF özniteliği kullanılarak içboyama yapılmış görüntü, d) Özgün görüntü ve e) İlgili ve hasarlı görüntü arasında eşleşen SURF anahtar noktalar.	91
Şekil 3.62.	Yerel öznitelik çıkarımı ile görüntü içboyama yöntemi: a) Hasarlı görüntü, (b) İlgili görüntü, (c) SURF özniteliği kullanılarak içboyama yapılmış görüntü ve d) Özgün görüntü.	92
Şekil 3.63.	Yerel öznitelik çıkarımı ile görüntü içboyama yöntemi: a) Hasarlı görüntü, (b) İlgili görüntü, (c) SURF özniteliği kullanılarak içboyama yapılmış görüntü, d) Özgün görüntü.	93
Şekil 3.64.	Leke onarımında kullanılan hareketli görüntü dizileri: a) “frank” hareketli görüntü dizisi, b) “hababam” hareketli görüntü dizisi ve c) “yeşilçam_1” hareketli görüntü dizisi (Lekeli bölgeler kırmızı oklarla gösterilmiştir).	95
Şekil 3.65.	“frank” hareketli görüntü dizisinin içboyama sonuçları: a) PDE tabanlı içboyama yöntemi [67], b) Video içboyama yöntemi [13] ve c) Önerilen yöntem (İçboyama yapılmış bölgeler kırmızı elips ile gösterilmiştir).	96
Şekil 3.66.	“hababam” hareketli görüntü dizisinin içboyama sonuçları: a) PDE tabanlı içboyama yöntemi [67], b) Video içboyama yöntemi [13] ve c) Önerilen yöntem (İçboyama yapılmış bölgeler kırmızı elips ile gösterilmiştir).	97
Şekil 3.67.	“yeşilçam_1” hareketli görüntü dizisinin içboyama sonuçları a) PDE tabanlı içboyama yöntemi [67], b) Video içboyama yöntemi [13] ve c) Önerilen yöntem (İçboyama yapılmış bölgeler kırmızı elips ile gösterilmiştir).	98

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Önerilen yöntem ve literatürdeki yöntemlerin duyarlılık, kesinlik ve FPR ortalama değerleri ile kıyaslanması:.....	66
Tablo 3.2. Özniteliklerin kullanımı ile gerçekleştirilen içboyama uygulamalarının PSNR ve çalışma süresi değerleri ile kıyaslanması	93
Tablo 3.3. “hababam” hareketli görüntü dizisinin 1 ile 5 arasındaki film kareleri için içboyama yöntemlerinin PSNR değerleri.....	98



SEMBOLLER DİZİNİ

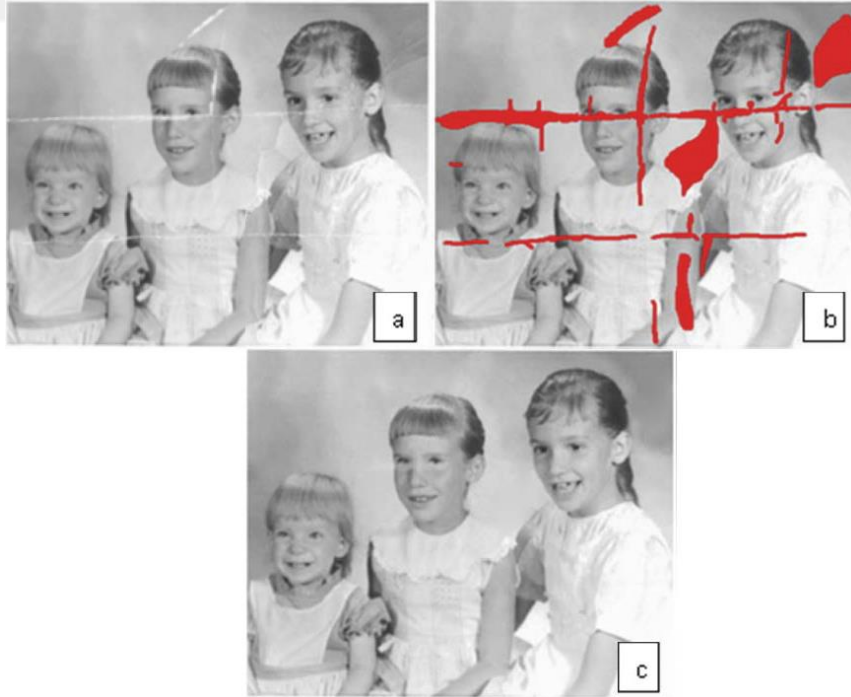
AR	: Özbağlanımlı (Autoregressive)
DoG	: Gauss Farkı (Difference of Gaussian)
FA	: Yanlış (Leke) Tahmini (False Alarm)
FMM	: Hızlı Yürüme Yöntemini (Fast Marching Method)
FN	: Yanlış Negatif (False Negative)
FP	: Yanlış Pozitif (False Positive)
FPR	: Yanlış Pozitif Oranı (False Positive Rate)
HMM	: Saklı Markov Modeli (HMM - Hidden Markov Model)
HOG	: Yönlü Gradyanların Histogramı (Histograms of Oriented Gradients)
HVS	: İnsan Görsel Sisteminin (Human Visual System)
LBP	: Yerel İkili Örüntü (Local Binary Pattern)
MC	: Hareket Dengelemesi (Motion Compensation)
ME	: Hareket Kestirimi (Motion Estimation)
MRF	: Markov Rastgele Alan (Markov Random Field)
MSER	: Maksimum Durağan Uç Bölgeler (Maximally Stable Extremal Region)
PDE	: Kısmi Diferansiyel Denklem (Partial Differential Equation)
PSNR	: Tepe İşaret Gürültü Oranı (Peak Signal To Noise Ratio)
ROD	: Sıralama Düzenli Fark (Rank Ordered Difference)
SDI	: Leke Algılama İndeksi (Spike Detection Index)
SIFT	: Ölçeklemeden Bağımsız Öznitelik Dönüşümü (Scale Invariant Feature Transformation)
SROD	: Basitleştirilmiş Sıralama Düzeni Farkı (Simplified Rank Order Difference)
SURF	: Hızlandırılmış Gürbüz Özniteliği (Speeded Up Robust Features)
SVM	: Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine)
TN	: Doğru Negatif (True Negative)
TP	: Doğru Pozitif (True Positive)
TPR	: Doğru Pozitif Oranı (True Positive Rate)
TV	: Toplam Değişim (Total Variation)
VSF	: Görsel Dikkat Çekerlik Öznitelik Çıkarma (Visual Saliency Feature Extraction)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Video görüntülerindeki hasarlı veya bozulmuş olan bölgelerin yeniden yapılandırılması işlemi, içboyama olarak adlandırılmaktadır. İçboyamada amaç, hasarlı bölgeyi çevresi ile uyumlu bir şekilde boyamak veya onu, tarafsız gözlemci tarafından fark edilemeyecek şekilde orijinal görüntüye mümkün olduğunca yaklaştırmaktır.

Sayısal içboyama, hasar görmüş eski görüntülerin ve fotoğrafların onarımı; film kareleri üzerine bindirilmiş pullar, logolar, altyazı ve haber şeritlerinin kaldırılması; belirli bozulmalara uğramış videoların kalitesinin artırılması, görüntü ve videolardaki iletim hatalarının giderilmesi; bilgisayar destekli multimedya düzenleme ve gizlilik koruması, video veya görüntüdeki büyük bölgelerin değiştirilmesi gibi pek çok uygulamada kullanılmaktadır. Şekil 1.1'de içboyama yapılmış örnek bir görüntü verilmiştir:



Şekil 1.1. İçboyama yaklaşımı [1]: a) Leke içeren eski bir fotoğraf, b) İçboyama yapılacak bölgelerin kırmızı renk ile belirtildiği fotoğraf ve c) İçboyanmış fotoğraf.

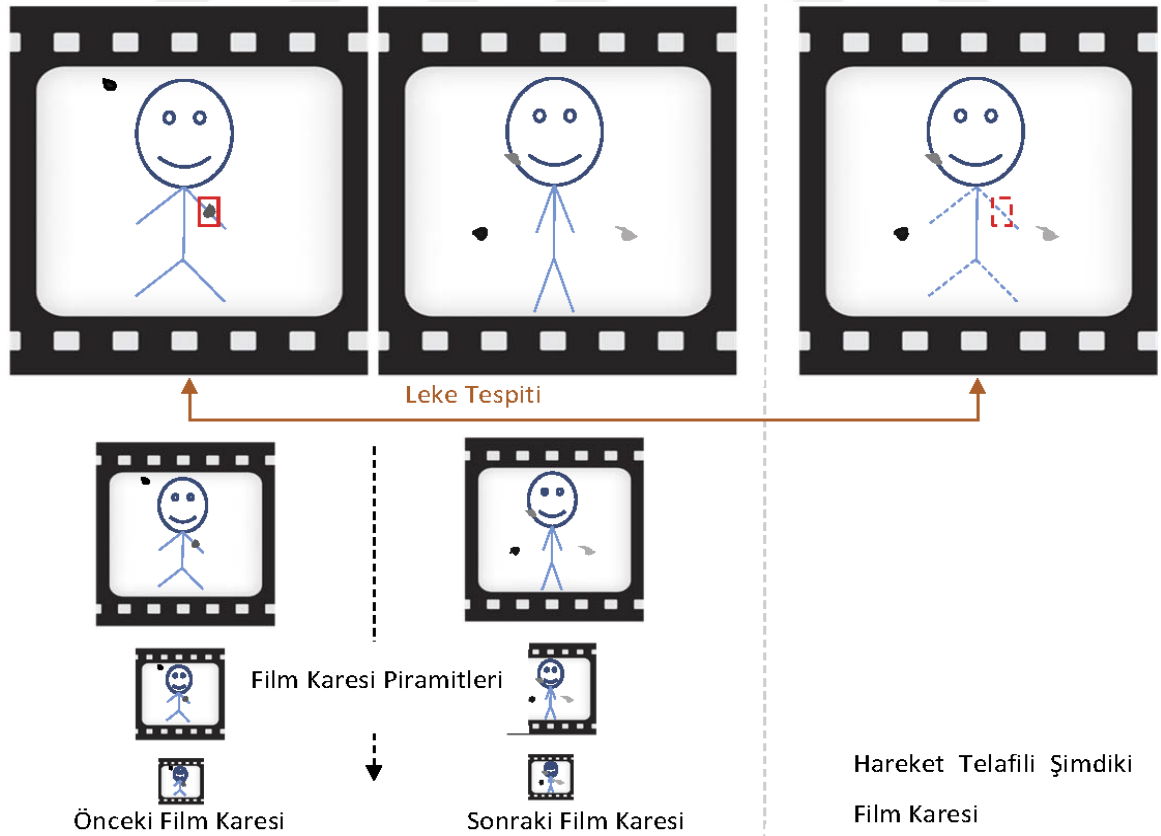
Görüntü içboyamasına benzer şekilde, video içboyama da bir videodaki eksik veya kaldırılmış bölgeleri kesintisiz bir şekilde doldurmayı hedefler. Video içboyama yöntemlerinde kullanılan en basit yaklaşımlardan biri, hareketli görüntü dizisinin her bir karesine görüntü içboyama algoritmasını ayrı ayrı uygulamaktır. Video içboyaması, görüntü içboyamasına birçok açıdan benzer olsa da görüntü işleme çözümleri video işlemesine doğrudan uygulanamaz. Çünkü videoda, içboyama için daha fazla veri vardır. İçboyama için göz önüne alınan örnekler, içboyama gerçekleştirilecek alanın dışındaki farklı uzamsal ve zamansal bölgelerden alınabilir. Fakat bu durumda çözüm daha da karmaşık hale gelmektedir. Görüntü içboyama yaklaşımlarının doğrudan video içboyamada kullanılması ile zamansal veri tutarsızlığı oluşabilir. Bu nedenle tutarlılık videonun doğal görünmesi için hem uzamsal olarak (her karede ayrı ayrı) hem de zamansal olarak (ardışık kareler arasında) tutulmalıdır. En basit örneklerin hepsinde görüntü içboyama algoritmalarını her karede içboyamayı ayrı ayrı gerçekleştirerek videoya uygulamak, zamansal tutarsızlıklarla sonuçlanır.

Video içboyama uygulamalarının yaygın olarak kullanıldığı bir alan ise arşiv filmlerinin onarımıdır. Sayısal fotoğrafçılığın keşfinden önce ışığa duyarlı bazı maddeler içeren fotoğraf filmi kullanılarak görüntü ve videolar çekilmiştir. Bu filmler yırtılma, çizilme ve çeşitli kimyasal değişimler gibi fiziksel bozulmalara maruz kalabilmektedir. Bu bozulmalardan bazıları lekeler, çizikler, görüntü titreşimi, solma, renk değişimi olmak üzere sınıflandırılabilir. Daha sık ve rahatsız edici bozulmalar lekeler ve çiziklerdir [2]. Saklama koşullarından meydana gelebilecek toz ve kir, film yüzeylerine yapışır ve leke olarak algılanırlar. Bu lekeler rastgele şekilde ve pozisyonda oluşurken bitişik film karelerinde aynı uzamsal konumda olmayabilirler. Film kir parçacıkları tarafından aşındığında ise görüntü üzerinde siyah-beyaz çizgilere yol açan çizgiler meydana gelmektedir [3].

Literatürde belirtilen leke algılayıcıların birçoğu, lekelerin bitişik film karelerinde farklı uzamsal konumda meydana gelme olasılığı üzerinde yoğunlaşmışlardır [4-7]. Lekeler art arda olan iki film karesinde aynı konumda nadiren görüldüklerinden geçici bir süreksizlik oluşturur. Bu nedenle, mevcut bozulmuş filmin önceki ve sonraki film kareleri, genellikle lekeleri tanımlamak için referans olarak kullanılır. Bununla birlikte, hareketli nesnelere ayrıca geçici süreksizliklere neden olduğundan leke tespit sorunu oldukça zor bir problemdir. Leke tespit algoritmalarında karşılaşılan temel zorluklar aşağıda listelenmektedir.

- Lekelerin ardışık film karelerinde, rastgele konumda, farklı yoğunluk ve boyutlarda olmaları,
- Videolarda zamansal olarak tutarlılık sağlanabilmesi için işlenecek verinin çok fazla olması,
- Leke tespit algoritmalarında eksik alanların etrafındaki hareketin bilinmesi gerekli iken bu alanlardaki bilgilerin güvenilir olmaması,
- Yanlış alarm (leke olmayan bölümlerin lekeli olarak tespit edilmesi) riski ile videonun orijinalliğinin bozulması.

Yukarıda bulunan ilk ögedeki zorluğu ortadan kaldırmak için, Şekil 1.2’de gösterildiği gibi klasik leke algılama yaklaşımında hiyerarşik blok eşlemeli hareket kestirimi [4] dikkate alınır. Burada, bir leke bölgesindeki hareket, en düşük toplam mutlak farkı olan üç komşu hareket vektörünün ortalama değeri ile tahmin edilir. Birbirini izleyen film kareleri arasında çok hızlı bir hareket değişikliği olmadığında elde edilen hareket vektörleri Şekil 1.3’te verilmiştir. Hareket dengelemesi etkili bir şekilde yapılırsa yanlış leke tespit etme oranı azaltılabilir [8].



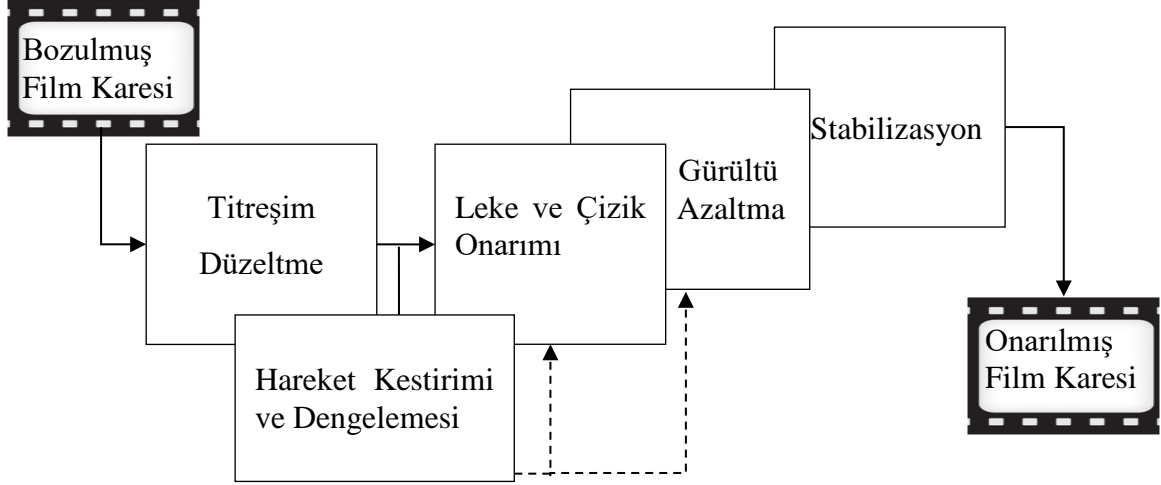
Şekil 1.2. Leke tespit aşaması için hareket kestirimi ve dengeleme prosedürleri [4].



Şekil 1.3. Bir arşiv filmi için [4] 'deki algoritmayı kullanarak hareket kestirimi: a) Önceki film karesi, b) Geçerli film karesi, c) Sonraki film karesi, d) Geri yönde hareket vektörleri ve e) İleri yönde hareket vektörleri [9].

Kültürel miras olarak nitelendirilen arşiv videolarının tarafsız bir gözlemci tarafından fark edilemeyecek şekilde ve mümkün olduğunca orijinal film karesine benzer bir onarma yapılması oldukça önemlidir. Bununla birlikte, büyük miktarda bozulmuş hareketli görüntü dizisinin manuel onarımı zor bir işlemdir. Bu nedenle genellikle yarı otomatik onarım teknikleri tercih edilmektedir [8].

Onarım için öncelikle filmlerin sayısallaştırılması gerekmektedir ve bu işlem iki aşamada gerçekleşir. İlk olarak hareketli görüntü dizisinin bozulmuş bölgeleri tespit edilir. Daha sonra, söz konusu bozulmuş alanların orijinal içerikleri, bilinen bölgeden gelen görüntü bilgisi kullanılarak onarılır. Bu bağlamda bozulmaların onarımının akış şeması Şekil 1.4'te verilmiştir.



Şekil 1.4. Arşiv filmi onarımı için işlem adımları [10].

Bu tez çalışmasında, mevcut ve gelişmekte olan video algoritmalarıyla ilişkili iki ana konu araştırılmıştır: İlk olarak videoda meydana gelen lekeli bölgelerin tespit edilmesi, ikinci olarak ise bu lekeli alanların onarımı ele alınmıştır. Bu bağlamda uyarlanmış çalışma koşulları altında çalışabilen hızlı ve etkili bir video içboyama algoritması tasarlanıp, yeni teknik ve algoritmalar önerilmiştir.

1.2. Araştırmanın Amacı ve Katkısı

Bu tezin temel amacı, video içboyama yaklaşımlarının iyileştirilmesi ve performansının artırılmasıdır. Ayrıca zaman-uzamsal özniteliklerin kullanımı ile aydınlanma ve hızlı hareket gibi sorunlara karşı değişmez, tam otomatik bir video içboyama yönteminin geliştirilmesidir.

İlgili literatürde, lekelerin tespiti ve onarımının yüksek hesaplama maliyetine ve diğer tarihi eserlerin düzeltilmesinden daha fazla manuel çalışmaya ihtiyaç duyduğu belirtilmiştir [11]. Bu çalışmada insan müdahalesinin gerekliliğini en aza indirerek orijinal hareketli görüntü dizisine mümkün olduğunca benzer bir video içboyama yöntemi önermek amaçlanmıştır.

Video içboyamada dokuların ve ince detayların yeniden yapılandırılması, literatürdeki çalışmaların esas kısıtlayıcısıdır [3]. Kısmi Diferansiyel Denklem (PDE-Partial Differential Equation) tabanlı yöntemler küçük bölgelerin içboyanmasında başarılı

sonuçlar verirken alan büyüdükçe bulanıklaşma meydana getirmektedir [12]. Yama tabanlı içboyama sistemlerinde ise içboyama gerçekleştirilecek bölge büyük olduğunda, bazı kenarlarda hafif sapmalar veya süreksizlik meydana gelebilmektedir [13]. Bu tür sorunların zm için, bu çalışmada öznelik kullanımına bağlı bir içboyama uygulaması önerilmektedir. Başka bir ifadeyle, zaman-uzamsal öznelikler kullanılarak arşiv videoları üzerinde gerçekleştirilen bir içboyama yöntemi sunulmaktadır. Burada, zaman-uzamsal özneliklerin kullanımı ile karmaşık sahnelerde belirgin olan alanlara odaklanılması amaçlanmıştır [14]. Böylece video içboyama araştırmalarında önemli bir sorun olan yanlış leke tespit oranının azaltılması ele alınan veri miktarının düşürülmesi ile sağlanmıştır.

Önerilen yöntemin en önemli avantajlarından biri de her bir göz önüne alınan bölgenin onarımı için ayrı algoritmalara başvurmak yerine komşu birkaç film karesinin kullanılmasıdır. Son olarak sistemin diğer içboyama algoritmalarında olduğu gibi herhangi bir şekilde manuel girdi gerektirmemesi ve n veya arka plan bltlendirme tekniğine dayalı olmamasıdır.

1.3. Literatür Taraması

Bu bölümde öncelikle leke tespit teknikleri ayrıntılı olarak sunulmuştur. Daha sonra görüntü içboyama teknikleri ve video içboyama uygulamaları için önerilen çeşitli algoritmalar anlatılmıştır.

1.3.1. Leke Tespiti

Literatürde leke tespit uygulamaları için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir [15-18]. Yöntemlerde, lekelerin zamansal süreksizliği, farklı yoğunlukta ve şekilde olma özellikleri temel alınarak araştırmalar yapılmıştır [4-7]. Bu araştırmaların performansı lekelerin özelliklerine ve video içeriğinin karmaşıklığının verimli bir şekilde ele alınmasına bağlı olarak değişmektedir. Lekelerin farklı yoğunlukta olması özelliğine bağlı olarak geliştirilen yöntemler, benzerlik, gürültü ve aydınlatma koşullarına karşı çok hassastır. Bu nedenle, lekelerin diğer uzamsal özellikleri göz önünde bulundurulması temelli birçok yöntem önerilmiştir. Bu yöntemler çoğunlukla morfolojik analizlere dayanmaktadır [19]. Literatürdeki yaklaşımların çoğunda gözlenen temel özellik, film karelerindeki düşük

zamansal korelasyona sahip lekeler ile yüksek korelasyona sahip olan gerçek nesnelerin karşılaştırılmasıdır [8]. Bu bağlamda öncelikle aşağıda belirtilen temel leke algılayıcıları anlatılacaktır. Daha sonra ise son yıllarda yapılan leke tespit çalışmaları açıklanacaktır.

- Leke Algılama İndeksi (SDI-Spike Detection Index),
- Sıralama Düzenli Fark (ROD-Rank Ordered Difference),
- Basitleştirilmiş Sıralama Düzeni Farkı (SROD- Simplified Rank Order Difference) ve
- Özbağlanımlı (AR-Autoregressive) Algılayıcılar.

1.3.1.1. Leke Algılama İndeksi (SDI) Algılayıcı

SDI, görüntü yoğunluğuna bağlı zamansal süreksizlikleri tespit etmek için kullanılan basit bir yöntemdir [5]. Geçerli film karesi z' nin her bir piksel yoğunluğu ($z(i)$), ileri ve geri zamansal yönlerdeki hareket dengeli film kareleri (z_{hd}) ile karşılaştırılır. Karşılaştırma işlemi $z_{hd}(i, t - 1)$ ve $z_{hd}(i, t + 1)$ 'de bulunan piksel yoğunluklarının minimum farkının hesaplanması ile yapılır (Denklem 1).

$$SDI(i) = \min[(z(i) - z_{hd}(i, t + 1)), z(i) - z_{hd}(i, t - 1)] \quad (1)$$

$SDI(.)$ için büyük değerler, hem ileri hem de geri zamansal yönlerde görüntü yoğunluğundaki süreksizlikleri gösterir. Denklem (2)'de gösterildiği gibi $SDI(.)$, T_1 eşliğini aşarsa bir leke tespit edilir:

$$d_{SDI}(i) = \begin{cases} 1 & SDI(i) > T_1 \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad \text{burada } T_1 \geq 0 \quad (2)$$

Denklem (2)'de $d_{SDI}(i)$ lekeli bölgelerin belirtildiği maske görüntüsünün piksel yoğunluk değeridir. T_1 , kullanıcı tarafından ayarlanan bir eşiktir. Bu eşik için küçük bir değer seçilirse algılayıcı çok hassaslaşır ve görüntüyü bozan lekelerin büyük bir yüzdesini algılar. Ancak, büyük hassasiyet nedeniyle birçok yanlış alarm ortaya çıkabilir. T_1 değerinin artırılması ise; duyarlılığı azaltır; böylece hem yanlış alarm sayısı hem de doğru algılama sayısı azaltılır.

SDI'nın bir diğer varyasyonu ise, SDİp algılayıcısıdır. SDİp, bir leke tespit edilebilmeden önce, $z(i) - z_{hd}(i, t + 1)$ ve $z(i) - z_{hd}(i, t - 1)$ işaretlerinin özdeş olmasını gerektiren ek bir kısıtlamaya sahiptir. Bu kısıtlama, hatalı hareket kestirimlerinden kaynaklanan yanlış alarmların sayısını azaltır. Doğru hareket kestirimi durumunda, önceki ve sonraki film karelerindeki referans piksellerinin özdeş olduğu varsayılır

1.3.1.2. Sıralama Düzenli Fark (ROD) Algılayıcı

ROD; sıralama istatistiklerine dayalı bir algılayıcıdır [4]. Geçerli film karesi olan $z(i)$ 'deki bir pikselin referans piksel kümesi P_k , hareket dengelemeli önceki, sonraki film karelerinden ve en yakın iki dikey komşusundan alınır. İlk olarak P_k referans piksellerinin yoğunluk değerleri $r_1 \leq r_2 \leq r_3 \leq r_4 \leq r_5 \leq r_6$ olacak şekilde sıralanır. Sıralama ortalaması $r_{ortalama}$ ve sıralama düzenli farklar çubuğu $ROD(i, l)$ aşağıda verilen Denklem (3) ve Denklem (4)'te tanımlanmıştır:

$$r_{ortalama} = \frac{r_3 + r_4}{2} \quad (3)$$

$$ROD(i, l) = \begin{cases} r_l - z(i) & z(i) \leq r_{ortalama} \\ z(i) - r_{l-1} & z(i) > r_{ortalama} \end{cases} \quad burada l = 1, 2, 3. \quad (4)$$

Sıralama düzenli farklar çubuğunda ($ROD(i, l)$) bulunan l , elde edilen 3 değeri göstermektedir. Bu değerlerden en az birinin belirli bir T_1 eşliğini aşması halinde bir leke tespit edilir. T_1 kullanıcı tarafından belirlenir ve dedektörün hassasiyetini belirler.

$$d_{ROD}(i) = \begin{cases} 1 & ROD(i) > T_1 \\ 0 & \text{değilse} \end{cases} \quad burada 0 \leq T_1 \leq T_2 \leq T_3 \text{ ve } l = 1, 2, 3. \quad (5)$$

Denklem (5)'te $d_{ROD}(i)$ lekeli bölgelerin belirtildiği maske görüntüsünün piksel yoğunluk değeridir.

1.3.1.3. Basitleştirilmiş Sıralama Düzeni Farkı (SROD) Algılayıcı

ROD leke tespit etme yönteminin en önemli kısıtı 3 eşik değeri kullanmasıdır. Bu kısıtı ortadan kaldırmak için Van Roselman; tek bir eşik değerini kullanan basitleştirilmiş ROD (SROD) yöntemini [10] önermiştir. SROD temel olarak hareket dengelemeli pencereden elde edilen referans piksel kümesinin yoğunluk aralığına bakar ve incelenen piksel yoğunluğu ile karşılaştırır. İlgilenilen piksel $z(i)$ yoğunluğu bu aralığın yeterince dışındaysa leke pikseli algılanır.

$$SROD(i) = \begin{cases} \min(r_1, \dots, r_s) - z(i) & \text{if } z(i) \leq \min(r_1, \dots, r_s) \\ z(i) - \max(r_1, \dots, r_s) & \text{if } z(i) > \max(r_1, \dots, r_s) \end{cases} \quad (6)$$

Denklem (6)'da gösterilen s alt indeksi referans piksel kümesinde bulunan piksellerin sayısıdır. $SROD(i)$ değeri kullanıcı tarafından seçilen belirli bir T_1 eşiği aşması halinde bir leke tespit edilir (Denklem (7)).

$$d_{SROD}(i) = \begin{cases} 1 & SROD(i) > T_1 \\ 0 & \text{değilse} \end{cases} \quad (7)$$

Denklem (7)'de $d_{SROD}(i)$ lekeli bölgelerin belirtildiği maske görüntüsünün piksel yoğunluk değeridir.

1.3.1.4. Özbağlanımlı (AR) Algılayıcı

AR algılayıcı [7], önceden tanımlanmış bir destek bölgesinde bulunan piksel yoğunluklarının ağırlıklı bir doğrusal kombinasyonuna dayanarak mevcut film karesindeki piksel yoğunluğunu tahmin etmeye çalışır. $t + k$ 'daki hareket kestirimli film karesi (z_{hd}) referans olarak kullanıldığında gözlemlenen geçerli film karesi $z(i)$ Denklem (8)'deki gibi verilir:

$$z(i) = \sum_{i=1}^n a_i z_{hd}(i + q_i, t + k) + e(i, t + k) = \widehat{z}_k(i) + e(i, t + k) \quad (8)$$

Denklem (8)'de a_i , gözlemlenen veriden tahmin edilen AR model katsayılarıdır. q_k , referans piksellerin mevcut piksele göre uzamsal konumlarını verir ve $e(i, t + k)$, ise tahmin hatasını gösterir.

Karesel tahmin hatası, hem ileri ($k = 1$) hem de geri ($k = -1$) yönlerindeki kullanıcı tanımlı olan T_1 eşliğini aşarsa Denklem (9)'da gösterildiği gibi bir leke algılanır:

$$d_{AR}(i) = \begin{cases} 1 & (e^2(i, t + 1) > T_1) \\ 0 & \text{aksi ise} \end{cases} \quad \text{burada } T_1 \geq 0 \quad (9)$$

Denklem (9)'da $d_{AR}(i)$ lekeli bölgelerin belirtildiği maske görüntüsünün piksel yoğunluk değeridir.

1.3.1.5. Son Yıllarda Geliştirilen Leke Tespit Çalışmaları

Klasik leke tespit yöntemlerinin performanslarının karmaşık sahnelerde ve bozuk dizilerde oldukça zor olan hareket kestiriminin doğruluğuna bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir [11]. Bu nedenle son yıllarda bölge bazlı yöntemler önerilmiştir. Xu vd. [8], daha iyi bir leke tespiti için film kareleri arasındaki aydınlatma değişikliğini, titremeyi ve gürültüyü ortadan kaldırmak için bir ön işlem adımı önermişlerdir. Daha sonra yöntemde bölgelerin boyutu, yoğunluk farkı, kenar tipi, alan ve diğer istatistiksel özellikler kullanılarak bir bölge eşleştirme algoritması geliştirilmiştir.

Leke tespit probleminde bölge bazlı yöntemlerin kullanılmasıyla beraber bölgedeki dokusal bilgilerin kullanımı da önerilmiştir [6,18]. Yous vd. tarafından gerçekleştirilen çalışmanın ilk adımında uzay-zamansal bölütleme yapılarak aday bölgeler çıkarılmıştır [6]. İkinci adımda ise aday bölgelerdeki lekeler gradyan haritasına göre belirlenmiştir. Yous vd. [18] öznitelik çıkarma yaklaşımlarını kullanarak daha sonraki yıllarda sundukları çalışmalarında yeni bir algılama yöntemi önermişlerdir. Bu çalışmalarında yönlü gradyanların histogramı (HOG - Histograms of Oriented Gradients) ve yerel ikili örüntü (LBP - Local Binary Pattern) özniteliklerini kullanarak bir önceki ve bir sonraki film karelerindeki lekeli aday bölgelerin arasındaki benzerliği ölçerek lekeli bölgeleri tespit etmişlerdir. Böylece öznitelik tanımlayıcıların kullanımı ile hareket kestirim hataları ve ışık değişikliklerine karşı daha güçlü bir yöntem elde etmişlerdir.

Wang ve Majid [20], iki adımdan oluşan bir leke tespit algoritması önermişlerdir: İlk adımda, video dizilerini saklı Markov modeli (HMM - Hidden Markov Model) kullanarak eğitmiş ve daha sonra lekeleri tespit etmek için birini dışarıda bırak (leave one out) yöntemi uygulamışlardır. İkinci adımda ise, uzamsal süreklilik sağlamak için bir Markov ağı kullanılmış ve yanlış alarm oranını azaltmak için Lukas-Kanade öznitelik izleyici algoritmasının piramitsel uygulamasını kullanmışlardır.

Licsár vd. [11], arşiv filmlerindeki lekeleri tespit etmek için hiyerarşik bir gradyan temelli hareket kestirimi metodu önermişlerdir. Ek olarak yöntemin son aşamasında, aday lekelerin uzamsal özelliklerini destek vektör makineleri (SVM -Support Vector Machine) ile sınıflandırarak yanlış alarm oranını azaltmışlardır.

Yous vd. [2], leke ve çizik tespiti için iki aşamadan oluşan derin öğrenme tabanlı yeni bir yöntem önermişlerdir: İlk aşamada CNN tabanlı kodlayıcı ve kod çözücü mimarisinin kullanımı ile piksel seviyesi sınıflandırması ve her film karesinin bozulmuş piksellerinin tespiti sağlanmıştır. İkinci aşamada ise, tespit edilen bozulmaları çizik ve leke olarak sınıflandırmak için zaman-uzamsal bir analiz yapılmıştır. Söz konusu iki bozulma tipini tespit etmek için piksel bazlı sınıflandırma dikkate alınmıştır. Daha sonra ise leke ve çizik bozulmalarının ayırt edilmesi için bazı ara işlemler gerçekleştirilmiştir. Trung vd. [21], arşiv videolarında lekelerin tespiti ve giderilmesi adımlarından oluşan yeni bir yöntem önermişlerdir. Lekeli bölgelerin tespiti adımıyla farklı çözünürlük seviyelerinin her biri üzerinde SROD algılayıcısı ile leke tespiti yapmışlardır. Aday lekeli bölge herhangi bir çözünürlük bölgesinde bile SROD algılayıcısı ile tespit edilirse bozuk bölge olarak etiketlenmiştir.

1.3.2. Görüntü ve Video İçboyama

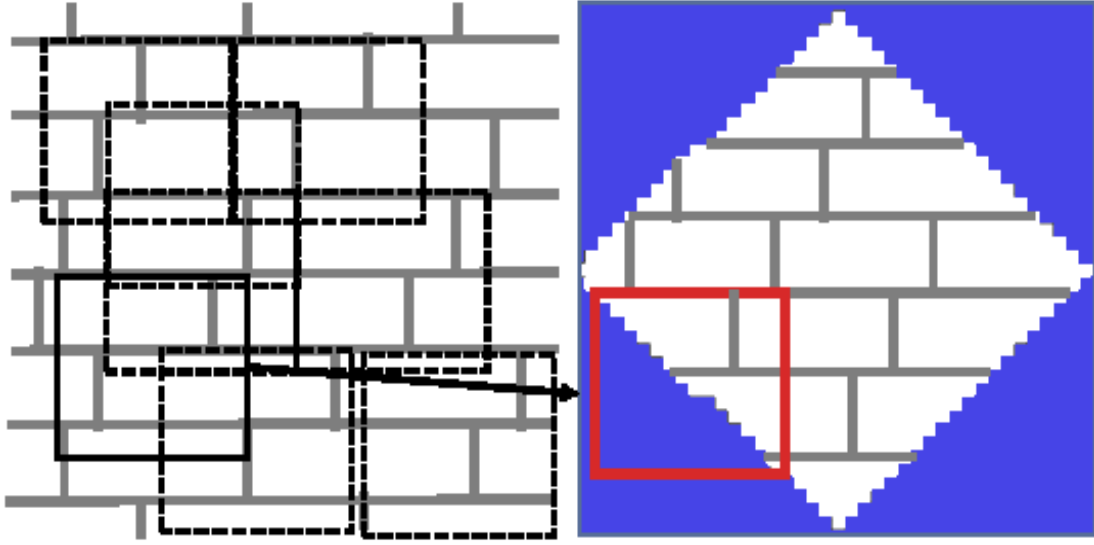
Video içboyama görüntü içboyamanın bir uzantısı olarak geliştirilmiştir [21, 22, 23, 24]. En basit yönüyle video içboyamada tüm film kareleri ayrı ayrı iç boyanıp birleştirilebilmektedir. Fakat bu yöntemde içboyama gerçekleştirilen film kareleri birbiriyle uyumlu olmayıp zamansal tutarsızlık meydana gelmektedir. Videonun içboyanması, görüntünün içboyanmasına birçok bakımdan benzese bile görüntü içboyama çözümleri doğrudan video içboyanmasına uygulanamaz. Bu bölümde ilk olarak görüntü içboyama için geliştirilen farklı yaklaşımlar anlatılmış ve son yıllarda geliştirilen video

içboyama uygulamaları ile ilgili kaynak özetleri sunulmuştur. Bu yaklaşımlar aşağıda listelendiği gibi farklı kategorilere ayrılabilir.

- Doku Sentezine Dayalı İçboyama,
- Kısmi Diferansiyel Denklem (PDE) Temelli İçboyama,
- Örnek ve Arama Tabanlı İçboyama,
- Hibrit İçboyama,
- Yarı Otomatik ve Hızlı İçboyama.

1.3.2.1. Doku Sentezine Dayalı İçboyama

Doku sentezine dayalı algoritmalar, eksik bölgeleri tamamlamak için kullanılan en eski görüntü içboyama modellerindedir. Doku sentez algoritmaları, başlangıçtaki bir kaynak bölgesi dikkate alınarak oklüde-eksik bölgenin içboyanması için yeni görüntü piksellerini sentezler ve görüntünün yerel yapılarını korumayı amaçlar. Bu algoritmada komşu bölgelerdeki pikselleri örneklenerek iç boyama yapılacak bölgeye kopyalanır [25,26]. Efros ve Leung [25], Markov Rastgele Alan (MRF-Markov Random Field)'ı bir pikselin yerel dağılımını modellemek için kullanmışlardır. Şekil 1.5'te gösterildiği gibi örnek bir doku görüntüsü verildiğinde yeni bir görüntü her seferinde bir piksel sentezlemiştir. Bir piksel sentezlemek için algoritma önce örnek görüntüde pikselin komşularına benzer tüm komşuları bulur ve ardından rastgele bir komşu seçer ve merkezini yeni sentezlenen piksel olarak alır. Bu yöntemin kısıtlılığı, içboyama uygulanmış alan ile mevcut pikseller arasında sürekliliğin nasıl devam ettiği ile ilgilidir. Bu doku sentez tabanlı teknikler, oklüde bölgesinin homojen doku bilgileriyle tamamlanmasının doğal bir doldurmaya yol açacağı belirli bir dizi görüntü için iyi performans gösterir. Heeger ve Bergen [26], bir hedef doku göz önüne alındığında, eşleşen bir dokuyu sentezleyebilen parametrik bir doku sentezi algoritması geliştirmişlerdir. Bu yöntemde, insan görsel sisteminin (HVS - Human Visual System) doku ayırmacılık kabiliyetleriyle kabaca eşleşen doğrusal bir süzgeç bankasının birinci sıra istatistikleri eşleştirilmektedir. Bu teknik stokastik dokularda iyi çalışıyor olsa da tuğla gibi daha yapılandırılmış doku desenlerini temsil edecek kadar güçlü değildir [27].



Şekil 1.5. Doku sentezine dayalı içboyama yaklaşımı. Bu görüntü [25]'ten alınmıştır.

Yamauchi vd. [17] tarafından içboyama için değişik parlaklık koşullarında doku üretebilen çok çözünürlüklü bir doku sentez yöntemi uygulanmıştır. Yukarıda belirtilen doku sentez tabanlı içboyama yöntemleri dışında literatürde çok sayıda yöntem vardır [22]. Doku sentezine dayalı içboyama algoritmaları, dokuları içboyamada iyi performans gösterirken kenarlar şeklinde yapılardan oluşan veya yapı ve doku sınırları arasında karmaşık etkileşimlere sahip olan doğal görüntülerin işlenmesinde başarılı sonuçlar üretememektedir. Bu nedenle, içboyamada doku sentezi tekniklerinin kullanımı fayda sağlarken bu yöntemlerin sadece içboyama sorunlarının küçük bir alt kümesine hitap ettiği ve büyük boyutlu alanların içboyanması için uygun olmadığı tespit edilmiştir [27].

1.3.2.2. Kısmi Diferansiyel Denklem Bazlı İçboyama

Bertalmio vd. [1] tarafından önerilen Kısmi Diferansiyel Denklem (PDE) tabanlı yinelemeli algoritma, sayısal görüntü içboyama algoritmaları için temel çalışmalardan biri olmuştur. Bu algoritma izotof yönündeki çevre alanlardan bilgileri Ω olarak gösterilen eksik bölgeye düzgün bir şekilde yaymaktır.

$$z^{n+1}(i, j) = z^n(i, j) + \Delta t \cdot \partial_t z^n(i, j), \forall (i, j) \in \Omega \quad (10)$$

Denklem (10)'da n , yinelemeyi göstermektedir; (i, j) , piksel koordinatları; Δt , içboyama zaman adımı sabiti; $\partial_t z^n(i, j)$, $z^n(i, j)$ görüntüsündeki güncelleme faktörüdür.

Yukarıdaki denklemdeki güncelleme faktörü, yinelemeli bir tarzda gradyan vektörüne dik yönde bir Laplace işleminin uygulanmasıyla elde edilen düzgünleştirilmiş bir görüntüdür. Bu sürecin PDE formülü Denklem (11)'de ifade edilmiştir.

$$\partial_t z = \nabla(\Delta z) \nabla^\perp z \quad (11)$$

Burada $\nabla^\perp z$ gradyan vektörüne dik olan izotof yönü ve $\nabla(\Delta z)$ gradyan vektörü üzerindeki Laplace yumuşatma işlemidir. Bu tekniğin temel dezavantajları, yayılım işlemi bulanıklaşmaya neden olmasıdır ve kenarlardaki piksellerin açık bir şekilde ele alınmamasına bağlı olarak büyük dokulu bölgelerin çoğalmasında düşük performans göstermesidir [28]. Bu çalışmadan esinlenen Chan ve Shen [16], Euler-Lagrange denklemini ve izofotların kuvvetine dayanan yönbağımlı yayılımı kullanan toplam değişim (TV-Total Variation) içboyama modelini önermişlerdir. Tschumperle ve Deriche [29], yönbağımlı yayılım film karesi altında renkli görüntüler için başka bir PDE tabanlı tekniği tanıtmışlardır. Diğer taraftan Sapiro [30], otomatik görüntü renklendirme için bir çerçeve çalışması önermiştir. Burada renklendirme işleminde kısmi diferansiyel denklem yaklaşımı kullanılmıştır. Bu çalışma, fotoğrafların ve filmlerin renklendirilmesi veya yeniden renklendirilmesi (ve diğer özel efektler) için farklı ve hızlı bir algoritma olmuştur. Bu yaklaşımlar, içboyama alanının yapısının muhafaza edilmesine odaklanmıştır ve bu nedenle, bulanıklaştırma nedeniyle doku dolgusunda da iyi performans gösterememiştir [31].

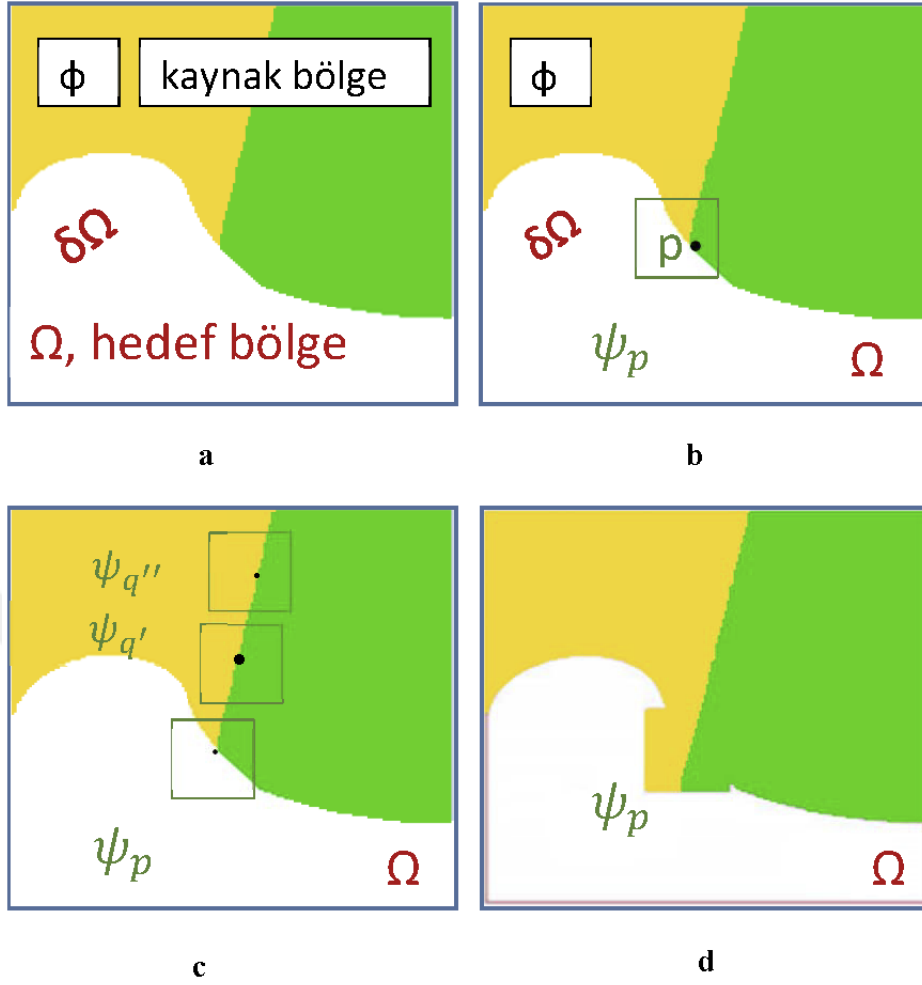
1.3.2.3. Örnekleme ve Arama Tabanlı İçboyama

Öncelikli bir mekanizma ile doku sentezini ve izotofa dayalı içboyamayı birleştiren geniş dolgu alanlarını ele alan bir algoritma, Criminisi vd. [32] tarafından önerilmiştir. Bu algorithmada bölge doldurma sırası öncelikli bir mekanizma ile belirlenir (Şekil 1.6). Kenarların üzerinde bulunan pikseller ve daha az doldurulacak piksel içeren yama daha yüksek bir önceliğe sahiptir ve dolayısıyla diğer piksellerden daha önce doldurulur. Şekil 1.6.b'de eksik bölge sınırının çevriti üzerinde bulunan yüksek öncelikli bir p noktası görülmektedir.

Şekil 1.6.c ve Şekil 1.6.d'de gösterildiği gibi en yüksek öncelikli pikseli çevreleyen dolum yaması bilinen bölgelerdeki en uygun eşleşmenin bulunmasıyla doldurulur. Yama boyutu görüntünün temel özelliklerine bağlı olarak değiştirilebilir. Örnek temelli içboyama tekniği, iyi bir doku ve yapı replikasyonu olan çok çeşitli görüntüler için etkili bir performans sergiler. Ancak bu yöntemde kavisli yapıların işlenmesinde bazı zorluklar yaşanabilmektedir. Örnek tabanlı yöntemin önemli bir dezavantajı, öncelik bazlı doldurma mekanizmasında bazen yanlış doldurma yamasının seçilmesinin neden olduğu yanlışlıktır [33]. Yanlış veya uygun olmayan bir doldurma sırası, başarısız bir boyama sonucuna yol açabilmektedir. Ayrıca, yama seçimi bu tür algoritmalarda çok önemlidir ve araştırmacılar bu alanda büyük ilerleme kaydetmiştir. Wong [35], sadece bir kaynak yaması kullanmak yerine, bilinen birkaç yamalar arasında ağırlık benzerlik fonksiyonunu kullanarak dolgu yamasını yeniden yapılandırmanın bir yolunu önermiştir.

Drori vd. [36], bilinmeyen bölgelere yinelemeli olarak yaklaşan ve uyarlamalı görüntü parçalarını bir araya getiren bir algoritma sunmuşlardır. Bu çalışmalarında görüntünün bilinen kısımları, bilinmeyen parçaları üretmeye yönelik bir eğitim seti olarak hizmet vermektedir. Farklı çözünürlük ve oryantasyonda yamaları arayarak ve doldurarak görüntü içboyama çoklu çözünürlükte gerçekleştirmişlerdir. Oklüde bölgesini doldurmak için hesaplama süresi, piksel sayısı ile karesel olarak ilişkilidir ve dolayısıyla bu yöntemde eksik bölgesinin boyutu arttırdıkça gecikme meydana gelmektedir.

Örnekleme temelli içboyama algoritmaları doğal olarak sadece kendi görüntü bilgilerini kullanmaktadır. Fakat arama temelli görüntü tamamlamalarında, verilen kaynak dışındaki görüntülerden doku ve yapıları eşleştiren teknikler de mevcuttur. Görüntü içboyama teknikleri, oklüde alanın tamamlanması için gerekli bilgilerin, aynı görüntünün oklüde bölgesi dışındaki bölgelerden alınacağı varsayımını kullanmaktadır. Bu yaklaşımın bazı yararları olsa da Hays vd. [37], veritabanı olarak milyonlarca görüntü kullanarak yalnızca tek bir görüntüden elde edilebileceğinden daha doğal ve semantik açıdan zengin bir içboyama gerçekleştirilebileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu çalışma, görüntü içboyama için yeni bir fikir ortaya koymuş ve çok çeşitli görüntülerde umut verici görüntü içboyama sonuçları üretmiştir. Oliva ve Antonio [38], görüntüyü birden fazla frekans bandında ve oryantasyonda kullanarak milyonlarca veritabanındaki her görüntü için hesaplamışlardır. Burada görüntünün en yakın semantik eşleşmesi, tüm veritabanında arama yapılarak elde edilmiştir.



Şekil 1.6. Örnek tabanlı içboyama, a) Hedef-doldurulacak bölge ve kaynak bölge, b) En yüksek öncelikli pikselle işaretlenmiş dolun yaması, c) Yama doldurmak için büyük olasılıkla kullanılacak adaylar, d) En yüksek önceliğe sahip piksel [32].

1.3.2.4. Hibrit İçboyama

Hibrit yaklaşımlar, oklüde alanların tamamlanması için hem doku sentezini hem de PDE bazlı içboyamayı birleştirir. Bu yaklaşımların ardındaki temel fikir, görüntüyü yapı ve doku bölgeleri olmak üzere 2 ayrı kısma ayırmaktır. Karşılık gelen ayrılmış bölgeler, sırasıyla kenar iletme algoritmaları ve doku sentezi teknikleri ile doldurulmaktadır [39-41]. Bu algoritmalar, büyük oklüde alanların iç boyamasında yüksek hesaplama maliyetine sahiptir [28].

1.3.2.5. Yarı Otomatik ve Hızlı İçboyama

Yarı otomatik görüntü içboyama çalışmaları kullanıcının yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Sun vd. [42] tarafından geliştirilen yapı yayılımı ile içboyama olarak adlandırılan yöntem iki aşamalı bir süreci izlemektedir: İlk adımda kullanıcı, bilinmeyen bölgeden bilinen nesne sınırlarını çizerek hedef bölgedeki önemli eksik bilgileri manuel olarak belirler. Daha sonra ardından dokuyu oluşturmak için yama bazlı bir doku sentezi kullanılır. Eksik görüntü yamaları, çeşitli yapısal ve tutarlılık kısıtlamaları altında küresel bir optimizasyon problemi olarak formüle edilerek kullanıcı tarafından belirlenen eğriler boyunca sentezlenir. Basit bir dinamik programlama, sadece tek bir eğri mevcutsa optimal cevabı elde etmek için kullanılabilir. Birden fazla nesne için, optimizasyon çok daha zor hale gelmektedir. İçboyama alanının büyüklüğüne bağlı olarak yukarıda tartışılan tüm metotların sonuç üretmesi yüksek zaman maliyetine sahiptir. Bu da interaktif kullanıcı uygulamaları için kabul edilemez hale getirmektedir [28].

Geleneksel görüntü içboyama algoritmalarını hızlandırmak için bazı yeni hızlı içboyama teknikleri geliştirilmektedir. Richard ve Chang [43], eksik bölgeyi bir yayılım çekirdeği ile tekrar tekrar evriştirerek içboyama yapan bir yönbağımsız yayılım modeline dayanan hızlı bir teknik önermişlerdir. Eksik bölgeleri seviye kümeleri olarak gören ve görüntü bilgilerini yaymak için hızlı yürüme yöntemini (FMM-Fast Marching Method) kullanan yeni bir yöntem Telea tarafından [44] önerilmiştir. Fakat bu hızlı teknikler, geniş bölgelerinin doldurulması için uygun değildir, çünkü görüntüde bulanıklık etkisi ortaya çıkarmaktadır [27].

1.3.2.6. Video İçboyama

Video içboyama, görüntü içboyama algoritmalarının doğal bir uzantısı olarak düşünülmektedir. Video iletimde video hatası gizleme [45], multimedya düzenleme ve görselleştirme [24], video stabilizasyonu [46] ve gizlilik koruması için video modifikasyonu gibi yeni uygulamalarından [47] dolayı son yıllarda büyük ilgi görmektedir. Video içboyama yöntemlerinde kullanılan en basit yaklaşımlardan biri, video verisini bir dizi farklı görüntü olarak ele almak ve bunlara ayrı ayrı görüntü içboyama algoritmaları uygulamaktır. Yöntemler, videolarda mevcut olan yüksek zamansal korelasyondan tam

olarak faydalanmamakta ve bu nedenle, elde edilen video içboyamanın kalitesi genellikle tatmin edici olmamaktadır [33].

Kısmi Diferansiyel Denklem (PDE) tabanlı görüntü içboyamayı [1] video içboyamaya uyarlayan ilk çalışmalardan biri; Bertalmio vd. [48] tarafından yapılmıştır. Bu yöntemin odak noktası, uzatılmış kenarları ve Navier Stokes Denklemi'ni kullanarak bir yayılım sürecine bağlı olarak düzeltilmiş renk bilgisi ile eksik bölgeyi uzamsal olarak içboyamaktır. Bu yaklaşım, videoda bulunan zamansal bilgileri ele almaz ve film karelerini tek bir görüntü olarak değerlendirir. Yöntemde, yoğun yumuşatma nedeniyle, doku bilgisi çoğaltılamamakta ve bulanıklaşma meydana gelebilmektedir. Sonuç olarak bu yöntem sadece arşiv filmlerinde meydana gelen küçük çizikleri veya lekeleri düzeltmede etkili olmaktadır [27]. Cheung vd. [49], olasılıksal öğrenmeye dayalı bir zaman-uzamsal yama modeli ile gerçekleştirilen bir içboyama yöntemi tanıtmışlardır. Öz (Epitom) olarak adlandırılan bu yoğunlaştırılmış modeller, giriş videolarından elde edilen çok sayıda zaman-uzamsal yamaların derlenmesi ile eğitilir. İçboyama bir geriçatim (rekonstrüksiyon) problemi olarak ele alınır ve bu durumda özler, gözlemlenen piksellerden elde edilir. Eksik piksellerin yoğunlaştırılmış özlerden çıkarımı, yeniden oluşturulan piksellerin yumuşatılmasına yol açabilmektedir [24].

Criminisi vd. [32] tarafından görüntü içboyama için önerilen öncelikli bir örnek yaklaşım, Patwardhan vd. [24] tarafından video içboyamaya modifiye edilmiştir. Bu yöntem, bir dizi kısıtlanmış kamera hareketi altında video içboyama gerçekleştirebilir. Başlangıçta giriş videosu, optik akışı kullanan ön plan nesne katmanı ve arka plan katmanı olarak ayrılmıştır. Ön plan katmanında tanımlanan oklüde bölgeler, öncelik tabanlı örnekleme işlemi ile arka plan katmanındaki hasarlı bölgenin içboyanmasından önce doldurulmaktadır. Bu yama tabanlı örnekleme yönteminde, oklüde alanın sınırları etrafındaki hasarlı yamalar öncelik bazlı bir mekanizma ile doldurulur. Hasarlı alanları doldurmak için uygun adaylar, piksellerin renk değerlerine ve optik akış vektörlerine dayalı olarak 5 boyutlu bir mesafe metriğiyle en aza indirerek seçilir. Nadiren dağınık yapısal bölgeleri tamamlamada etkili olmakla birlikte, bu metot, görüntüdeki sahte yerel varyasyonların bir sonucu olarak seçilen bazı yanlış yamalar nedeniyle kararsız içboyama gerçekleştirmeye yatkındır. Özellikle yoğun yapısal değişimlere sahip bölgeleri doldururken süreç istikrarsız hale gelebilmektedir. Daha da önemlisi; bu teknik, nesnenin önemli bir kısmı eksik olduğunda doldurma işlemini başarılı bir şekilde

gerçekleştirememekte ve ayrıca kavisli yapıların birleştirilmesinde zorluklar ortaya çıkabilmektedir [33].

Wexler vd. [50], video tamamlama literatüründe yaygın olarak kullanılan uzamsal yama temelli bir içboyama yöntemi sunmuşlardır. Bu çalışmalarında global optimizasyon problemini çözmek için yinelemeli bir yaklaşım önermişlerdir. Bununla birlikte, geniş arama alanı ve en yakın komşuluk arama algoritmasının karmaşıklığı nedeniyle, yöntemle birkaç saniyelik bir videonun işlenmesi oldukça uzun sürebilmektedir. Ayrıca yöntem, hareketli kameralarda iyi bir içboyama performansı gösterememektedir [23].

Newson vd. [13] zaman-uzamsal etki için yama eşleştirmesi algoritmasını genişleterek Wexler vd. [50]'nin yöntemini önemli ölçüde geliştirmişlerdir [33]. Zaman-uzamsal yama eşleştirmesi adımıyla yaklaşık olarak en yakın komşuluklar hesaplanır. Fakat bu işlemden önce, tüm film kareleri geçerli film karesi ile yeniden hizalanmaktadır.

Hareket kestirimi ve doku tamamlanması yapıldıktan sonra hareket katmanını kestirmeye dayalı bir video tamamlama çalışması Zhang vd. [51] tarafından önerilmiştir. Belirli bir hareket katmanı çıkarıldıktan sonra, hareket eden nesnelere tamamlamak için hareket kestirimi kullanılmış ve statik arka plan bölgelerini tamamlamak içinse parametrik olmayan doku sentezi kullanılmıştır. Bu teknik, yerel hareket kestirimlerini türev bazlı bir süreçle yaptığından, gürültüye son derece duyarlıdır. Hareket kestirim teknikleri, sadece küçük yerel hareketleri ölçmeye odaklandığından, yöntem, büyük hareket içeren bölgelerin içboyamasında başarılı olamamaktadır. Ek olarak, yöntemde, sadece hareket bilgisi dikkate alındığından, renk bilgisini tahmin etmek için yeniden örnekleme işleminin kullanılması nedeniyle işlenen film karesinde bulanıklaşma meydana gelebilmektedir [52].

Wang vd. [53], video içboyamada zamansal tutarsızlık sorununun çözümü için bir derin öğrenme mimarisi önermişlerdir. Yöntemde; zamansal ilişkiyi öğrenmek, maske alanı için geçici kaba görüntüler oluşturmak ve bu görüntüleri iyileştirmek için 3-boyutlu bir evrişimsel sinir ağı tasarlanmıştır. Bu yöntem, zamansal tutarlılık göstermesine rağmen, eğitim için sadece L_1 kayıp fonksiyonunu kullandığından, karmaşık hareket içeren görüntü dizileri için başarılı bir içboyama gerçekleştirememiştir [23]. Kim vd. [54] tarafından görüntü tabanlı bir kodlayıcı-kod çözücü derin öğrenme ağında komşu film karelerinden bilgi toplamak için optik akış dikkate alınmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

17. yüzyılın son dönemlerinden itibaren kullanılmaya başlanan arşiv videoları sayesinde toplumların yaşadığı sosyal, kültürel ve tarihsel olayların gelecek nesillere aktarılması amaçlanmıştır. Amerika ve Avrupa'da sinema filmi araştırma heyetleri kurularak sinema filmlerinin sınırlılıkları ve yararlılıkları araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar neticesinde filmlerin yararları ön plana çıkarılmış ve film sektörüne olan ilgi hızla artarak toplum içerisinde filmler önemli bir yer edinmiştir. Söz konusu dönemde çekilen videolar ışığa ve sese karşı duyarlı maddelerden yapılan filmlerle depolanmıştır. Günümüz toplumları için kültürel ve tarihi bir miras olan bu filmlerin saklanması ve gelecek nesillere aktarılması amacıyla kullanılan analog depolama yöntemi artık güvenilir bir depolama yöntemi değildir [18]. Çünkü bu filmlerin kötü saklama koşulları ve nakliye sırasında oluşabilecek fiziksel deformasyonlara maruz kalma ihtimalleri bulunmaktadır. Ayrıca uzun süre saklanan filmler üzerinde oluşabilecek biyolojik ve kimyasal bozulmalar da meydana gelebilmektedir. Dünyanın kültürel mirası, gelecek toplumların yol göstericisi ve geçmişe açılan bir pencere niteliğinde olan bu filmlerin orijinalliğinin bozulmaması arşivciler ve tarihçiler açısından oldukça önemli bir sorumluluktur [5].

Geçmiş ile gelecek arasında köprü niteliğinde olan arşiv filmlerinde sıklıkla karşılaşılan bozulmalardan biri ise lekelerdir [2]. Yapılan literatür çalışmalarına göre lekelerin tespiti ve giderilmesi çalışmalarının yüksek maliyetli olması diğer tarihi eserlerin düzeltilmesinden daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir [8]. Bu çalışmada görüntü kalitesini düşürmeden, orijinalliğini bozmadan ve insan müdahalesini en aza indirerek videolardaki lekeleri gidermek amaçlanmıştır. Tipik bir leke onarım çalışması, şu adımlardan oluşur:

- Ön işleme (komşu film kareleri dahil), hareket kestirimi (ME-Motion Estimation) ve hareket dengelemesi (MC-Motion Compensation),
- Zamansal süreksizliklerin tahmin edilmesi için bir leke algılayıcı uygulaması,
- Doğruluğu arttırmak için tespit sonuçlarının yeniden değerlendirilmesi ve
- Algılanan lekeli bölgelerinin giderilmesi.

Tipik bir leke onarım çalışmasında hareket kestirimi ve hareket dengeleme işlemleri bulunmaktadır. Fakat karmaşık sahnelerde hesaplama maliyeti ve yanlış leke tahmini (FA-

False Alarm) oranları meydana gelebilmektedir. Eğer FA oranı göz ardı edilirse, giderme aşamasında orijinal görüntülerdeki önemli ayrıntılar kaybolabilir. Bu durum ek sorunlar çıkarmakla birlikte arşivciler ve tarihçilerin onarım çalışmalarına mesafeli yaklaşımlarına neden olabilmektedir [5].

Bu çalışmanın amacı, arşiv videoları üzerinde zaman-uzamsal öznitelikler kullanarak otomatik içboyama sistemine yönelik performansı artırmak için yeni bir öneri geliştirmektir. Bu araştırma, videoda leke tespiti ve video içboyama sorunlarını ele almaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmalar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

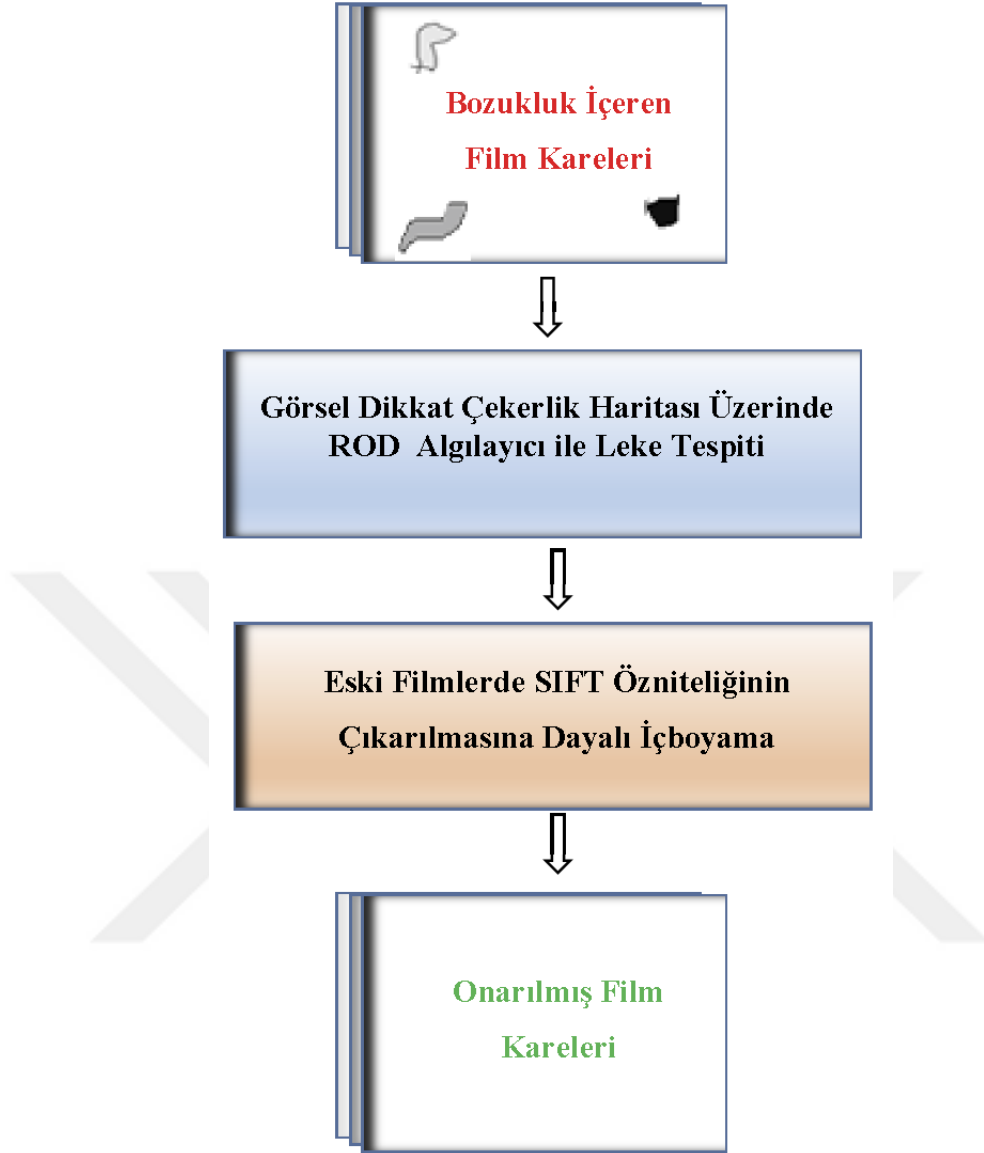
- I. Leke Tespit Çalışmaları
 - a. Görsel Dikkat Çekerlik Haritası Tabanlı Arşiv Filmlerinde Leke Tespiti
 - b. Görsel Dikkat Çekerlik Haritası Üzerinde ROD Algılayıcı ile Leke Tespiti
- II. Tespit Edilen Lekelerin İçboyanarak Giderilmesi
 - a. Yerel Öznitelik Çıkarımı ile Görüntü İçboyama
 - b. Eski Filmlerde SIFT Özniteliğinin Çıkarılmasına Dayalı İçboyama

İlk adımda leke tespiti için görsel dikkat mekanizması kullanılarak görsel dikkat çekerlik haritası üzerinde ROD algılayıcı ile leke tespiti önerilmiştir. Çünkü bu yöntemin, görsel dikkat çekerlik haritası tabanlı arşiv filmlerinde leke tespiti yöntemine göre yanlış leke tespit oranını azaltırken doğru leke tespit performansını artırdığı gözlemlenmiştir. İkinci adımda ise girdi görüntü dizilerinden yerel öznitelik olan SIFT özniteliği [55] çıkartılıp bu şekilde içboyama gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntemin akış şeması Şekil 1.7’de verilmiştir.

Literatürde [5, 6, 10, 18] ile yapılan çalışmalarda yanlış alarm oranı, lekelerin renk tonuna bağlı olarak değişmektedir. Tez süresince yapılan çalışmalarla;

- Leke tespit adımında özellikle arşivciler tarafından istenmeyen durum olan yanlış alarm oranının azaltılması
- Ön veya arka plan bölütlendirme tekniğine ihtiyaç duyulmaması
- Görsel dikkat mekanizmasının kullanılması ile ilgilenilen veri miktarının azaltılması
- Yöntemin farklı renk tonundan oluşan lekelerle karşı dayanıklı olması

sağlanmıştır. Bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların detayları sırasıyla ilerleyen alt bölümlerde verilmektedir.



Şekil 1.7. Önerilen yöntemin akış şeması

2.1. Leke Tespit Çalışmaları

2.1.1. Görsel Dikkat Çekerlik Haritası Tabanlı Arşiv Filmlerinde Leke Tespiti

Arşiv filmlerinin onarımı lekelerin film karelerinde farklı konumda, yoğunlukta ve şekilde bulunmasından kaynaklı yüksek hesaplama maliyetine sahiptir ve diğer çalışmalardan daha fazla manuel çalışma gerektirmektedir [8]. Leke tespit uygulamalarında eksik alanlar etrafındaki hareket bilinmesi gerekirken, bu bilgiler hatalı bölgelerde

güvenilir değildir [11]. Bu nedenle en gelişmiş tekniklerin çoğunda lekelerin zaman-zamansal öznitelikleri temel alınarak uygulamalar geliştirilmiştir.

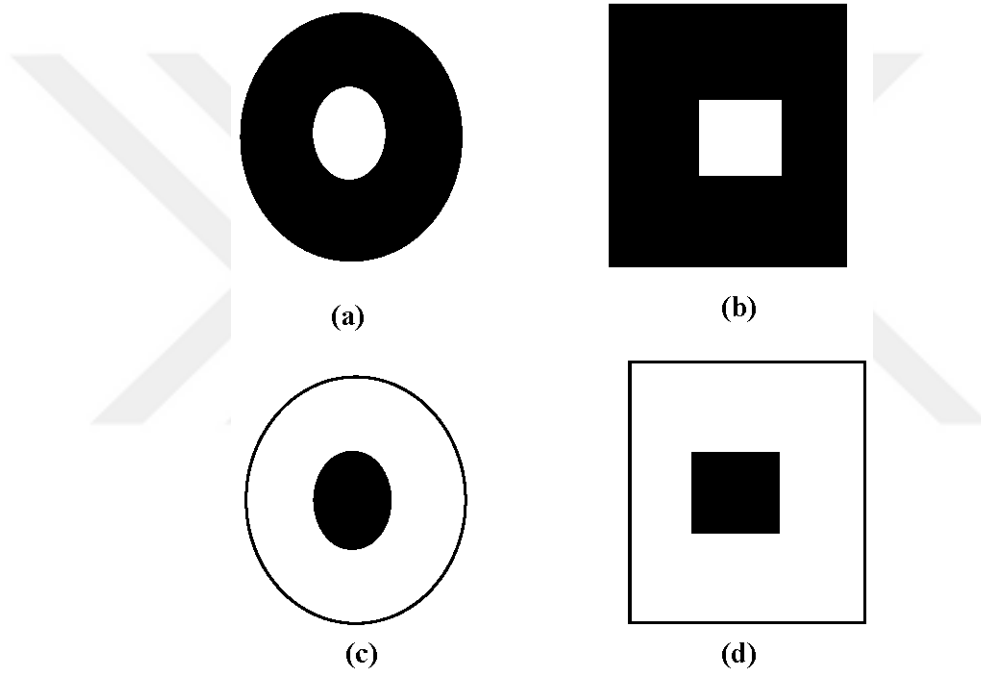
Bu çalışmada leke tespit uygulamalarında meydana gelen problemlerin üstesinden gelebilmek için insan görme sisteminin görsel dikkat mekanizmasını taklit eden sayısal modeller [56] kullanılmıştır. Bu mekanizma görüşümüzde bulunan belirgin bölgelere öncelik vererek çevremizi algılamamızı sağlar. Bu çalışmada dikkat çekerlik haritası kullanılarak komşu film karelerinin tüm bölgeleri değil, sadece belirgin noktaları değerlendirilerek çevresel etmenlerden farklı olan lekeli alanların tespiti yapılmıştır. Aşağıda kullanılan görsel dikkat mekanizması ve önerilen yöntem ayrıntılı açıklanmıştır.

2.1.1.1. Görsel Dikkat Çekerlik Haritası

Araştırmacılar, bilgisayarlı görme algoritmalarında insan görme sisteminin fizyolojik ve psikolojik yönlerini kullanmayı önermişlerdir [56]. İnsan görme sisteminin önemli bir yönü görsel göze çarpan mekanizmasıdır. Bu mekanizma, görme alanımızda en çok öne çıkan noktalara dikkat çekerek literatürde çoğunlukla “göze çarpan noktalar” veya “ilginç noktalar” olarak adlandırılan bölgeleri seçme sürecidir. Görsel göze çarpan (belirginlik) mekanizması insan görme sisteminin sahneden yalnızca yararlı bilgileri çıkarmasını sağlar [57]. Ayrıca görsel algısal sistemin görsel bilgileri daha hızlı organize etmesine yardımcı olur [58]. Belirginlik mekanizmasının modelleri, görüntünün önde gelen bölgelerini bulmak için birçok bilgisayarlı görme algoritmasının başlangıç aşamasında kullanılabilir. Bu sayede, sadece belirgin bölgeler ayrıntılı olarak ele alınabilir ve bilgisayarlı görüş uygulamalarında bazen önemli bir problem olarak ortaya çıkan yüksek bilgi hesaplama maliyeti azaltılabilir. İnsan görme sistemindeki dikkat mekanizması, aşağıdan yukarıya ve yukarıdan aşağıya kayma mekanizmaları arasındaki bir etkileşimdir [59,60]. Aşağıdan yukarıya belirginlikte, görüntünün bölgelerinin ön plana çıkması içeriğe bağlıdır ve insan davranış veya deneyimine bağlı değildir. Yukarıdan aşağıya belirginlikte ise gözlemcinin, dikkatini çekebilecek bölgeler hakkında bilgisi vardır [61]. Aşağıdan yukarıya mekanizmasını kullanan bir çalışma Itti ve arkadaşları tarafından önerilmiştir [62]. Bu çalışmalar temel alınarak birçok dikkat çekerlik haritası uygulaması geliştirilmiştir [63, 64]. Montabone ve Soto [65], özgün film karesi çözünürlüğünü dikkate alan bir başka görsel dikkat çekerlik öznitelik çıkarma (VSF - Visual Saliency Feature Extraction) yöntemi önermişlerdir. İnsan gözünün retinası, ganglion hücrelerinden oluşur. Merkezde

olan ve merkezde olmayan iki tür ganglion hücresi vardır [65]. Şekil 1.8.a-d'de görüldüğü gibi merkez, karanlık bir arka planla çevrili aydınlık alanlara yanıt verirken merkez dışı, aydınlık bir arka planla çevrili karanlık alanlara yanıt verir. Montabone ve Soto [65], algoritmalarında merkez içi ve merkez dışı farklılıklara dayanarak belirginliği hesaplamaktadır.

Burada, VSF yöntemi, basit ve aynı zamanda integral görüntüyü $O(1)$ zaman karmaşıklığında hesapladığından hızlı olması nedeniyle bu tezde kullanılmıştır [65]. VSF yöntemi aşağıda kısaca açıklanmaktadır:



Şekil 1.8. Merkezde ve merkez dışında ganglion hücreleri ve dikkat çekerlik haritası yaklaşımları: a) Merkezde ganglion hücresi, b) Merkezde benzerlik, c) Merkezde olmayan ganglion hücresi ve d) Merkez dışı benzerlik [65].

Gri düzeyli bir görüntüdeki piksel koordinatı $\mathbf{p} = (x, y)$ ve bu koordinatta bulunan piksel değeri $z(\mathbf{p})$ olarak tanımlanırsa, integral görüntüsü Denklem (12)'de verildiği gibi tanımlanır.

$$I(\mathbf{p}) = \sum_{i \leq x, j \leq y} z(i, j). \quad (12)$$

Burada görüntünün yukarıdan aşağıya ve soldan sağa tarandığı varsayılmaktadır. Bu bağlamda, sol üst köşe koordinat $p_1 = (x_1, y_1)$ ve sağ alt köşe koordinatı $p_2 = (x_2, y_2)$ olan dikdörtgen bölgeler aşağıda verilmiştir [15]:

$$R(p_1, p_2) = I(x_2, y_2) - I(x_1, y_2) - I(x_2, y_1) + I(x_1, y_1). \quad (13)$$

Yöntemde, merkez ve çevre hesaplamaları Denklem (14)'deki gibi yapılır [15]:

$$C(\mathbf{p}) = z(\mathbf{p})$$

$$S(\mathbf{p}, l) = \frac{R(x-l, y-l, x+l, y+l) - z(\mathbf{p})}{(2l+1)^2 - 1} \quad (14)$$

Burada $l \in \{12, 24, 28, 48, 56, 112\}$ olmak üzere çevreyi temsil eder. Son olarak merkez içi ve merkez dışı farklılıklara bağlı olarak göze çarpan haritalar Denklem (15)'deki gibi üretilir:

$$VSF_{on} = \sum VSF_{on,l} \quad (15)$$

$$VSF_{off} = \sum VSF_{off,l}$$

Her bir noktanın her bir ölçekteki dikkat çeker (belirginlik) değerinin hesaplanması Denklem (16)'da verilmiştir.

$$VSF_{on,l} = \max \{C(\mathbf{p}) - S(\mathbf{p}, l), 0\}$$

$$VSF_{off,l} = \max \{S(\mathbf{p}, l) - C(\mathbf{p}), 0\} \quad (16)$$

Önerilen yöntemde, merkez içi farklılık yaklaşımı $M \equiv VSF_{on}$, dikkat çekerlik haritasını hesaplamak için kullanılmıştır.

2.1.1.2. Görsel Dikkat Çekerlik Haritası ile Leke Tespiti

Bu çalışmanın amacı, arşiv filmleri üzerinde leke tespit problemine yönelik yanlış leke tespit oranını azaltarak doğru leke tespit performansını artırmak için yeni bir model geliştirmektir. Arşiv filminin üzerine yapışan toz ve kir parçacıklarının sebep olduğu lekeler ardışık film karelerinde farklı uzamsal konumda, yoğunlukta ve boyutta oluşmaktadır. Bu nedenle önerilen yöntemde üzerinde çalışılan husus, çevresel etmenlerden farklı olan lekelerin tespit edilmesinde görsel dikkat avantajlarından faydalanılması için dikkat çekerlik haritası kullanılmasıdır.

Hedeflenen sisteminin genel işleyişi Şekil 1.9’te sunulmuştur. Bu bağlamda, leke tespit uygulaması, ardışık film karelerinden elde edilen görsel dikkat çekerlik haritaları kullanılarak geliştirilmiştir.



Şekil 1.9. Görsel dikkat çekerlik haritasına dayalı olarak önerilen leke algılama yöntemi.

Şekil 1.9’te ardışık film kareleri üst satırda, toplam belirgin pikselleri karşılaştıran zaman-uzamsal yamalar orta satırda ve algılanan lekelerin kırmızı renkle işaretlendiği geçerli film karesi alt satırda gösterilmiştir. Mevcut p pikselin zaman-uzamsal ele alınan, önceki ve sonraki film karelerinden elde edilen dikkat yama haritaları sırasıyla $M_t^{(m,n)}$, $M_{t-1}^{(m\pm c, n\pm c)}$ ve $M_{t+1}^{(m\pm c, n\pm c)}$ ‘dir. Burada $c = \{0,1\}$. Bunlara karşılık gelen yamalar ise, Y_t^5 , Y_{t-1}^k and Y_{t+1}^k ‘dir. Burada, yama boyutu VSF modelini verimli kullanmak için, literatürdeki yaklaşımlar da dikkate alınarak [66], yapılan deneysel çalışmalar sonucunda 5x5 olarak ayarlanmıştır. $k = \{1, 2, \dots, 9\}$ bitişik yama numarasını belirtir, $(m \pm c, n \pm c)$ bitişik yamaları temsil eder ve film karesi boyutunun yama boyutuna oranına göre ayarlanır ve aşağıda gösterildiği gibi t indeksi zaman-uzamsal film karesini gösterir.

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{t-1}^1 \leftarrow M_{t-1}^{(m-1,n)} , \\ Y_{t-1}^2 \leftarrow M_{t-1}^{(m,n-1)} , \\ Y_{t-1}^3 \leftarrow M_{t-1}^{(m+1,n)} , \\ Y_{t-1}^4 \leftarrow M_{t-1}^{(m,n+1)} , \\ Y_{t-1}^5 \leftarrow M_{t-1}^{(m,n)} , \\ Y_{t-1}^6 \leftarrow M_{t-1}^{(m-1,n-1)} , \\ Y_{t-1}^7 \leftarrow M_{t-1}^{(m-1,n+1)} , \\ Y_{t-1}^8 \leftarrow M_{t-1}^{(m+1,n-1)} , \\ Y_{t-1}^9 \leftarrow M_{t-1}^{(m+1,n+1)} , \end{array} \right. \quad Y_t^5 \leftarrow M_t^{(m,n)} , \quad \left\{ \begin{array}{l} Y_{t+1}^1 \leftarrow M_{t+1}^{(m-1,n)} , \\ Y_{t+1}^2 \leftarrow M_{t+1}^{(m,n-1)} , \\ Y_{t+1}^3 \leftarrow M_{t+1}^{(m+1,n)} , \\ Y_{t+1}^4 \leftarrow M_{t+1}^{(m,n+1)} , \\ Y_{t+1}^5 \leftarrow M_{t+1}^{(m,n)} , \\ Y_{t+1}^6 \leftarrow M_{t+1}^{(m-1,n-1)} , \\ Y_{t+1}^7 \leftarrow M_{t+1}^{(m-1,n+1)} , \\ Y_{t+1}^8 \leftarrow M_{t+1}^{(m+1,n-1)} , \\ Y_{t+1}^9 \leftarrow M_{t+1}^{(m+1,n+1)} . \end{array} \right.$$

Film karesinin yukarıdan aşağıya ve soldan sağa tarandığı düşünüldüğünde, $M_t(\mathbf{p}) \equiv z_t(\mathbf{p})$, geçerli film karesinin sol üst köşesindeki \mathbf{p} noktasında bulunan pikseli ve $M_t^{(0,0)}$, 5x5 boyutunda olan ilgili yamayı gösterir (Şekil 1.10).

Önerilen yöntemde, geçerli Y_t^5 yamasındaki herhangi bir $M_t(\cdot)$ pikseli belirli bir eşik değerinden büyükse bu piksel belirgin piksel olarak etiketlenir. Burada, kullanılan eşik değeri (th_1) deneysel olarak belirlenir. Geçerli yamada bir veya daha fazla belirgin piksel etiketlendikten sonra, geçerli pikselin lekeli bir bölgede olup olmadığını kontrol etmek için Y_{t-1}^k ve Y_{t+1}^k geçici yamalarındaki toplam belirgin piksel sayısı başka bir th_2 eşikliğiyle karşılaştırılır.

$Lekeli\ Bölge = 0,$

$S_{t\pm 1} = 0.$

$Y_{t\pm 1}^k$ zamansal yamadaki tüm pikselleri kontrol et.

Eğer $Y_{t\pm 1}^k$ yamasında herhangi bir $M_{t\pm 1}(\cdot)$ pikseli th_1 değerinden büyük ise

$S_{t\pm 1} += 1.$

$Lekeli\ Bölge = 1$ Eğer $S_{t-1} \leq th_2$ ve $S_{t+1} \leq th_2.$

...	...	$M_t(x, y - 2)$
...	...	$M_t(x, y - 1)$
$M_t(x - 2, y)$	$M_t(x - 1, y)$	$M_t(p)$	$M_t(x + 1, y)$	$M_t(x + 2, y)$
...	...	$M_t(x, y + 1)$
...	...	$M_t(x, y + 2)$

(a)

	$M_t^{(0,0)}$	

(b)

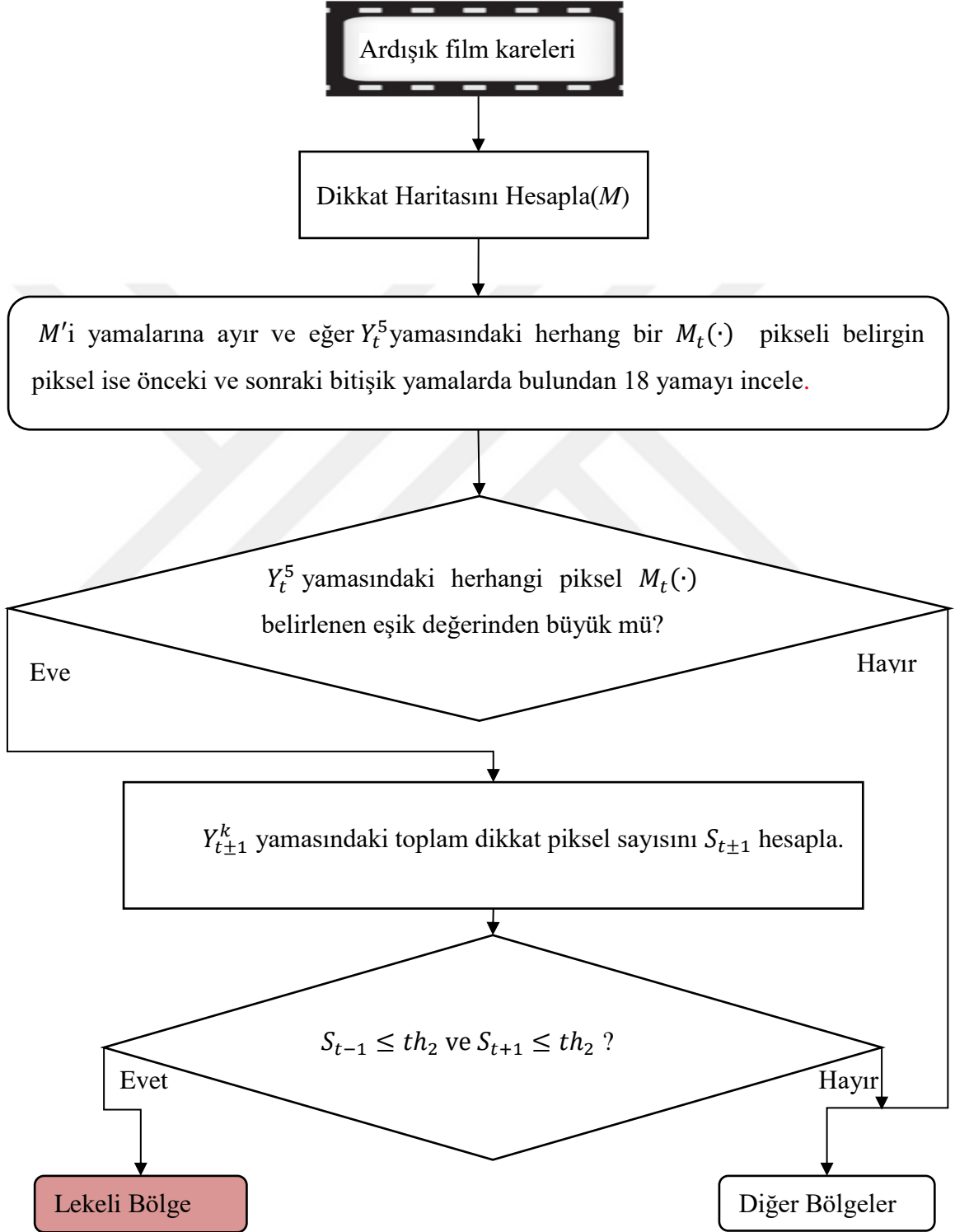
$M_{t\pm 1}^{(-1,-1)}$	$M_{t\pm 1}^{(0,-1)}$	$M_{t\pm 1}^{(1,-1)}$
$M_{t\pm 1}^{(-1,0)}$	$M_{t\pm 1}^{(0,0)}$	$M_{t\pm 1}^{(1,0)}$
$M_{t\pm 1}^{(-1,1)}$	$M_{t\pm 1}^{(0,1)}$	$M_{t\pm 1}^{(1,1)}$

(c)

Şekil 1.10. Önerilen yöntemde yamaların temsili gösterimi: a) Geçerli film karesinin sol üst köşesinde p noktasında ortalanmış 5x5 yama, b) Geçerli film karesinde karşılık gelen yama ve c) Önceki ve sonraki film karelerindeki karşılık gelen on sekiz yama.

Burada eşik değeri (th_2) ilgili ROC eğrisi dikkate alınarak optimum değere ayarlanır. Önceki ve sonraki film karelerindeki yamaların komşuları, hareket kestirimi olmaksızın blok tabanlı leke bölgelerini tespit etmek için incelenir. Yani, önceki ve sonraki film karelerinin arama bölgelerindeki dikkat noktaları ele alınır; böylece blok tabanlı hareket kestirimine benzer olarak önerilen yöntemin herhangi bir hareketten etkilenmemesi

sağlanır. Önerilen yöntemde, belirgin pikselleri daha da belirgin hale getirmek için görsel dikkat haritalarına bir keskinleştirme filtresi uygulanmıştır. Bu bağlamda, önerilen yöntemin genel çalışma prensibini gösteren akış diyagramı Şekil 2.5'te sunulmaktadır.



Şekil 1.11. Önerilen leke tespit yönteminin akış şeması.

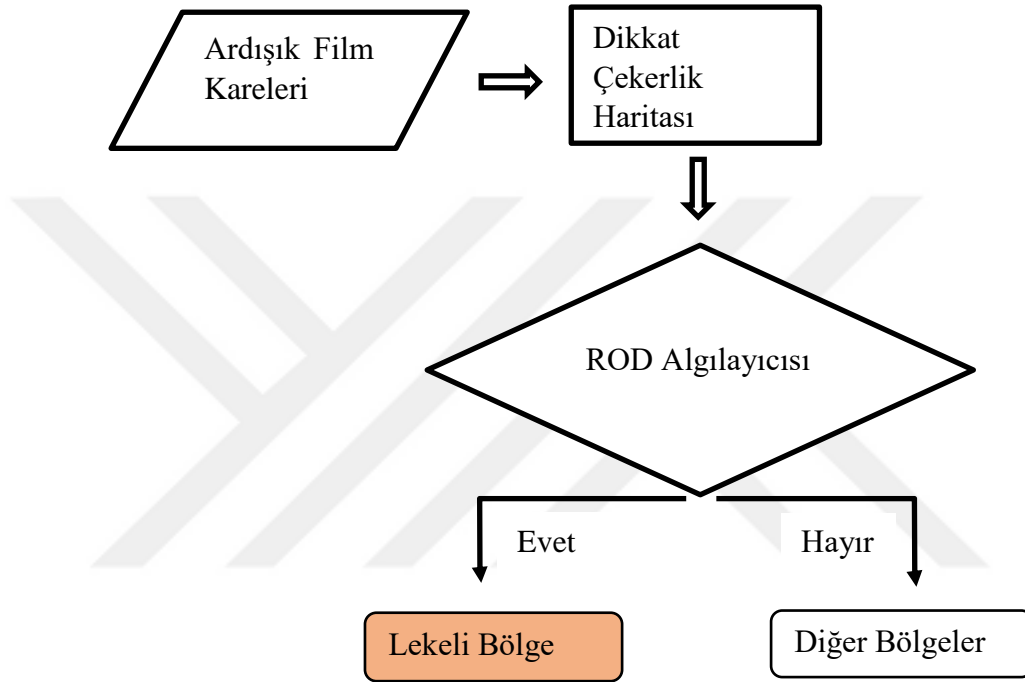
Arşiv filmlerindeki lekeler çok belirgin değilse, lekeleri tespit edilebilmek için th_1 eşiği bu duruma bağlı olarak ayarlanmalıdır. Belirgin olmayan lekeli bölgelerde $th_1 = 80$ olarak ayarlandığında, Şekil 1.12’de gösterildiği gibi, düşük kontrastlı lekeli bölgeleri tespit etmek de mümkün olmaktadır. Ancak bu çalışmada işlenen arşiv filmlerindeki lekeler genelde belirgin olduğundan th_1 değeri 100 olarak ayarlanmıştır.



Şekil 1.12. Belirgin olmayan lekeli bölgelerde önerilen yöntem: a) Geçerli film karesi, b) Karşılık gelen dikkat çekerlik haritası ve c) Kırmızı renkli işaretlenmiş tespit edilen lekeli bölgeler.

2.1.2. Görsel Dikkat Haritası Üzerinde ROD Algılayıcı ile Leke Tespiti

Diğer bir önerilen leke algılama yöntemi ise görsel dikkat özneliği (VSF) ile çıkartılan dikkat çekerlik haritası üzerinde ROD algılayıcı ile leke tespitidir. Burada doğru bir şekilde hareket kestirimin yapılması yöntemin sonucunu oldukça etkilemektedir. Bir önceki bölümde önerilen yöntemde hareket kestirimi yapılmaksızın leke algılama işlemi yapılmaktadır. Uygulamaya ait akış diyagramı Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 1.13. Dikkat çekerlik haritası ve ROD algılayıcısına bağlı önerilen diğer leke tespit yönteminin akış diyagramı

2.2. Tespit Edilen Lekelerin İçboyanarak Onarılması

Bu çalışmada, video içboya uygulamaları görüntü içboya uygulamalarının zaman ve uzamsal boyutların ele alınması ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle tez kapsamında ön bir çalışma olarak yerel öznelik çıkarımı ile uzamsal bir içboya uygulaması geliştirilmiştir. Daha sonra ise, uzamsal içboya yöntemi zaman-uzamsal boyuta genişletilerek eski filmlerde SIFT özneliğinin çıkarılmasına dayalı bir uygulama önerilmiştir. Bu bağlamda tez kapsamında lekelerin giderilmesi adımı gerçekleştirilen çalışmaların detayları sırasıyla ilerleyen alt bölümlerde verilmektedir.

2.2.1. Yerel Öznitelik Çıkarımı ile Görüntü İçboyama

İçboyama uygulamalarında genel kullanım oklüde alanın aynı görüntüde bilinen bölge bilgilerinin kullanımı ile içboyanmasıdır. Fakat içboyama için gerekli bilginin sadece aynı görüntüden değil bağlantılı görüntülerin kullanımı ile elde edilebileceğini sunan çalışmalar da vardır [37]. Bu ek görüntüler aynı sahnenin farklı bakış açısından çekilmiş görüntülerinden oluşabilir. Bu çalışmada ilgili görüntülerin farklı ölçekte veya döndürülmüş olabileceği fakat görüntülerde aydınlanma değişikliği olmadığı varsayılmıştır. Hasarlı görüntü ve ilgili görüntü arasında ölçek ve dönüşüm bilgilerini elde etmek için ölçeklemeden bağımsız öznitelik dönüşümü (SIFT) [54], hızlandırılmış gürbüz özniteliği (SURF) [69], Harris köşe tanımlayıcısı [70] ve maksimum durağan uç bölgeler (MSER) [71] öznitelikleri kullanılarak zaman ve performans kıyaslaması yapılmıştır. Aşağıda kullanılan öznitelikler ile ilgili bilgiler verilir ve özniteliklerin kullanımı ile gerçekleştirilen içboyama yöntemi detaylandırılmıştır. SURF, Harris ve MSER özniteliklerinin çıkarımı ile ilgili bilgiler aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

2.2.1.1. SURF Özniteliği

Hızlandırılmış gürbüz özniteliği (SURF), Bay vd. [69] tarafından önerilen bir görüntü algılayıcısı ve tanımlayıcısıdır. Ölçek dönüşümü ve parlaklık değişimine karşı sağlam bir özniteliktir. Hesaplama açısından SIFT'ten daha az maliyetlidir [72]. Bu durum mobil cihazlar gibi hesaplama maliyeti bakımından kısıtlanmış bir ortamda kullanım için ideal bir aday olmasını sağlar. SURF, nesne tanıma, nesne izleme ve 3 boyutlu geriçatım için kullanılabilir. SURF algoritması üç aşamadan oluşur. İlk aşamada, bir hızlı Hessian algılayıcısı tarafından görüntüde ilgi noktaları bulunur :

$$H(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{xy}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \quad (17)$$

Denklem (17)'de verilen $L_{xx}(x, \sigma)$ 'nin formülü Denklem 18'de verilmiştir.

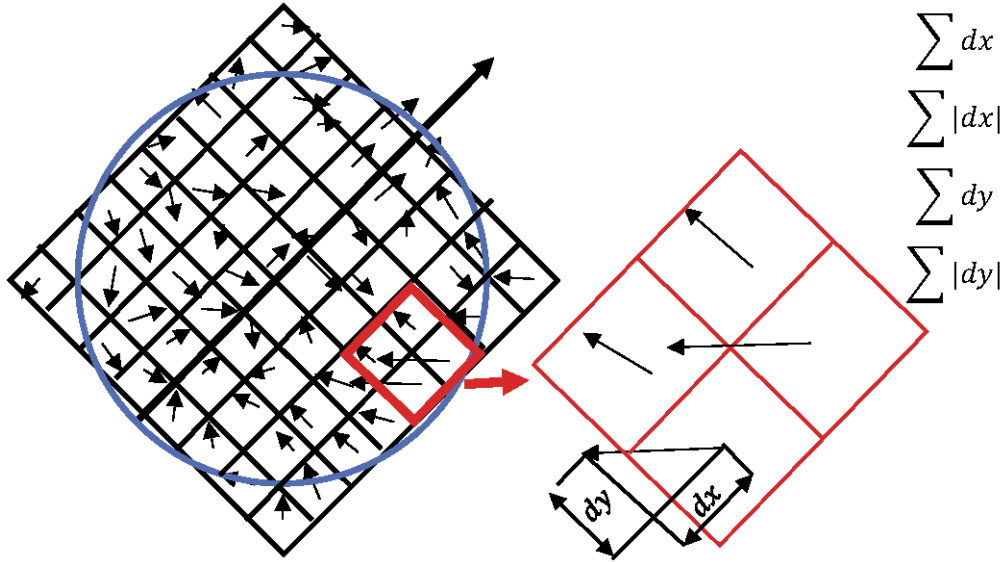
$$L_{xx}(x, \sigma) = z(x) * \frac{\partial^2 g(\sigma)}{\partial x^2} \quad (18)$$

Denklem (17)'de H , Hessian matrisidir ve L_{xx} ise x noktasında z görüntüsüyle standart sapması σ olan Gauss süzgecinin ikinci mertebeden kısmi türeviyle konvülyasyonunu göstermektedir. L_{xy} ve L_{yy} de benzer şekilde hesaplanmaktadır.

Bir görüntünün integrali, orijin ve $\mathbf{x} \equiv \mathbf{p}$ arasındaki her $\mathbf{x} = (x, y)$ noktasındaki tüm piksellerin toplamıdır (Denklem (19)).

$$z(\mathbf{x}) = \sum_{i=0}^{i \leq x} \sum_{j=0}^{j \leq y} z(i, j) \quad (19)$$

İkinci aşamada hem x hem de y yönleri için Haar dalgacık tepkileri ilgi noktası etrafında hesaplanır ve dönme değişmezliğini elde etmek için en baskın yön seçilir. Son aşamada, alanı çevreleyen ilgi noktalarının tanımlayıcısını hesaplamak için yönelime göre yönlendirilmiş olan kenar boyutu $20s$ olan kare bölge inşa edilir (s ilgi noktasının ölçeğidir). Kare bölge, 4×4 alt bölgelere ayrılır ve Haar dalgacık cevapları Şekil 1.14'de gösterildiği gibi bu bölgeden hesaplanır.



Şekil 1.14. SURF tanımlayıcısının hesaplanması [69].

Daha sonra x ve y yönündeki d_x ve d_y cevapları her alt bölgede toplanır ve yoğunluk değişimi ile ilgili bilgi edinmek için Haar dalgacık cevaplarının mutlak değerleri alınır.

Haar dalgacık cevapları ve mutlak değerleri olmak üzere 4 boyutlu tanımlama vektörü elde edilir. Sonuç olarak SURF tanımlayıcısının uzunluğu her 4x4 alt bölge için 64 olur. Son olarak ise aydınlatma değişikliklerine karşı sağlamlık elde etmek için tanımlayıcı birim vektörü ile normalize edilmektedir.

2.2.1.2. MSER Özniteliği

Matas vd. [71] tarafından önerilen maksimum durağan uç bölgeler (MSER) [70], sıklıkla kullanılan damla tanımlayıcılardır. Ayırt edici bölgeleri yani, görüntü dizilerinde veya aynı sahnenin yüksek tekrarlanabilirlikle çoklu görünümünde tespit edilebilen bölgelerini güçlü bir şekilde algılar. Matas vd. [71] algoritmalarında maksimum durağan uç bölgeler adı verilen yeni bir tür ayırt edici bölge tanıtmışlardır. Bu kavram, aşağıdaki şekilde tanımlanan uç bölgelerin bir uzantısıdır:

Uç bölge, z görüntüsünde verilen bir R bölgesinin uç bölge olarak tanımlanabilmesi için bu bölgenin tüm piksellerinin bu bölgenin dış sınırında (Ω_R) bulunan tüm piksellerden daha fazla veya daha az yoğunlukta olması gerekmektedir.

$$\begin{aligned} (\forall p \in R, \forall q \in \Omega R \mid z(x_p, y_p) < z(x_q, y_q)) \vee \\ (\forall p \in R, \forall q \in \Omega R \mid z(x_p, y_p) > z(x_q, y_q)) \end{aligned} \quad (20)$$

Maksimum durağan uç bölgeler kavramı ayrıca bir bölgenin göreceli büyümesine dayanan bir istikrar kriteri de içerir.

$R_{i-1} \subset R_i \subset R_{i+1}$ olacak şekilde z görüntüsünde R_{i-1} , R_i , R_{i+1} bölgeleri olsun. Bölge R_i , yalnızca R_{i-1} , R_i , R_{i+1} uç bölgeler ise ve Denklem (21)'de durağanlık özelliği i 'de yerel bir minimum değere sahipse maksimum durağan bir bölgedir:

$$s\Delta(i) = \frac{|R_{i+\Delta}| - |R_{i-\Delta}|}{|R_i|} \quad (21)$$

Burada Δ , kullanıcı tarafından tanımlanan bir sabittir.

$z(\cdot)$ gri düzeyli görüntüsünde olası tüm yoğunluk değerlerinin $i \in \{0, \dots, 255\}$ eşiklendirilerek 256 ikili görüntü B_i ile sonuçlandığı varsayılır. yalnızca siyah piksel içerirken B_{255} 'te tüm pikseller beyazdır. Bu nedenle artan i ile B_i yinelendiğinde, siyah

görüntü yavaş yavaş tam bir beyaz görüntüye dönüşür ve yeni beyaz lekeler ortaya çıkar. Mevcut lekeler boyut olarak artar. Tüm eşikli görüntülerden bağlı bileşenler göz önüne alındığında, her biri uç bir bölgeye karşılık gelir. Sonuç olarak uç bölgeler, kök düğümün tüm görüntü alanını kapsayan bir uç bölgeden oluştuğu ağaç benzeri bir yapıda organize edilebilir.

2.2.1.3. Harris Köşe Tanımlayıcısı

Harris algılama algoritmasında [70] her pikselin gradyan vektörü hesaplanır. Mutlak gradyan vektör değeri her yönden önemli ölçüde farklı ise bu piksel köşe olarak etiketlenir. Harris algoritması, bir görüntünün küçük bir penceresini (örneğin 6x6 piksel) alır ve pencerenin bir köşe özneliği içerip içermediğini belirler.

$$R = \det(M) - \lambda(\text{trace}(M))^2 \quad (22)$$

Denklem (22)'de gösterilen M ;

$$M = G(\sigma) * \begin{pmatrix} z_x^2 & z_x z_y \\ z_x z_y & z_y^2 \end{pmatrix} \quad (23)$$

Denklem (22)'de $R(x, y)$ piksel koordinatlarındaki her pikselin köşe cevaplarının ölçümüdür. λ , genellikle 0.04 değerine setlenen bir sabittir. z_x ve z_y sırasıyla yatay ve dikey yöndeki birinci mertebeden gradyan vektörlerini temsil eder. $G(\sigma)$, standart sapması σ olan bir yönbağımsız Gauss süzgecidir ve * konvolüsyon işlemidir.

R değeri, bir eşik değerinden daha büyükse pencere merkezinde bulunan piksel bir köşe özneliği adaydır. Tüm görüntünün farklı konumlarındaki pencereler taranarak görüntüde bulunan tüm öznelik adayları bulunur. Uygulamada, yerel bir pencere (örneğin 25x25 piksel), bazı görme algoritmalarında karışıklığa neden olan çok fazla köşe özneliği içerebilir. Bunu çözmek için sistem yalnızca yerel bir pencere için bir köşe özneliği rapor edebilir ve bu orijinal Harris algılayıcı algoritmasında maksimum olmayan baskılıma adımı ile gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, öznelik adayları Harris skoruna (R değerine) göre sıralanır ve en yüksek N öznelik adayını en iyi N köşe özneliği olur [73].

2.2.1.4. Yerel Özniteliklerin Kullanımı ile İçboyama

Önerilen yöntem, içboyama yapılacak hasarlı görüntüyle ilgili farklı ölçekte ve farklı açıda çekilmiş görüntünün olduğu varsayımına dayanmaktadır. İlgili görüntü ve hasarlı görüntü arasında döndürme ve ölçek farkı bilgileri SIFT, SURF Harris ve MSER öznitelikleri kullanılarak elde edilmiştir.

Dönüşüm fonksiyonunun kullanımı ile döndürme açısı bulunur (Denklem (24)). Hasarlı ve ilgili görüntü arasındaki açı θ , x ve y eksenini boyunca olan öteleme; sırasıyla h ve k olarak isimlendirildiğinde dönüşüm fonksiyonu Denklem (25) ve (26)'da verilmiştir.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{x'_2 - x'_1 - a(y_2 - y_1)}{x_2 - x_1} \quad (24)$$

Denklem 24'de a noktalar arasındaki ilişkiyi gösteren katsayıdır.

$$h = x_1 \cos \theta - y_1 \sin \theta - x'_1 \quad (25)$$

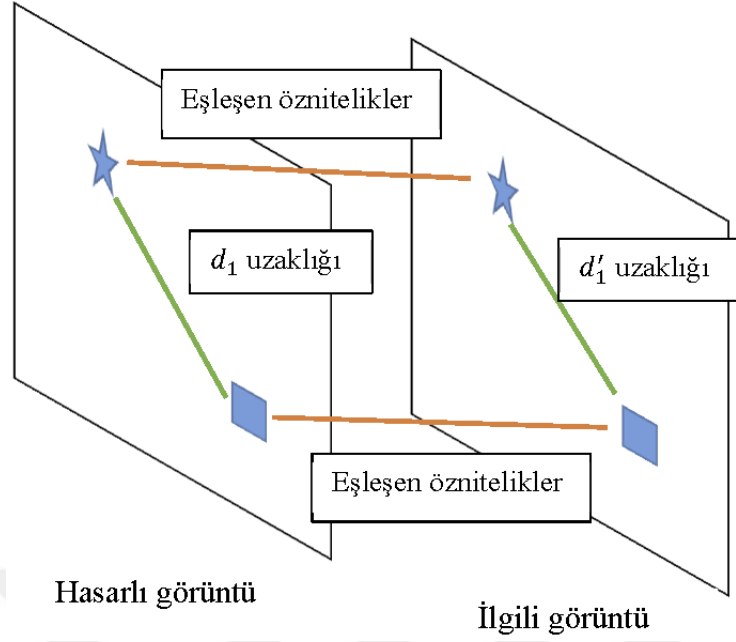
$$k = y_1 \cos \theta + x_1 \sin \theta - y'_1 \quad (26)$$

Ters dönüşüm fonksiyonları ise Denklem (27) ve (28)'de verilmektedir

$$x'_1 = x_1 \cos \theta - y_1 \sin \theta - h \quad (27)$$

$$y'_1 = y_1 \cos \theta + x_1 \sin \theta - k \quad (28)$$

Hasarlı görüntü ve ilgili görüntü arasındaki ölçek farkının hesaplanması için ise bu iki görüntü üzerinde eşleşen öznitelikler kullanılmaktadır.



Şekil 1.15. Ölçek farkı elde etmek için kullanılan anahtar noktalar.

Şekil 1.15’da hasarlı görüntü ve ilgili görüntüde yıldız ve kare sembolleri eşleşen anahtar noktaları temsil etmektedir. Bu eşleşen noktalar arasındaki d_1 ve d'_1 uzaklıklarının oranı Denklem (29)’da gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\frac{d_1}{d'_1} = r \quad (29)$$

r değeri birden büyük ise uzaklaştırma, r değeri birden küçük ise yakınlaştırma yapılmıştır. Hasarlı görüntü, r değeri ile yeniden boyutlandırıldığında bu iki görüntü arasında ölçek farkı olmayacaktır. Ölçek ve dönüşüm farkı olmayan ilgili görüntü bilgileri kullanılarak hasarlı görüntü içboyanmaktadır.

2.2.2. Eski Filmlerde SIFT Özniteliğinin Çıkarılmasına Dayalı İçboyama

Film endüstrisi için, içboyama, videodaki zarar görmüş kısımların veya istenmeyen nesnelerin kaldırılması olarak ele alınmıştır.

Bu çalışmada lekelerin ardışık film karelerinde farklı uzamsal konumlarda meydana geldiği esas alınarak SIFT eşleştirme tabanlı bir video içboyama önerilmiştir. Önerilen

yöntem lekelerin ardışık film karelerinde farklı konumda meydana gelmesinden kaynaklanan zamansal tutarsızlığa dayandırılmıştır. Video içboyamada işlenmesi gereken veri miktarı yüksek iken, SIFT özneteliğinin kullanımı ile hesaplama karmaşıklığı azaltılmış ve video içboyamada meydana gelen bulanıklaşma sorunu giderilmiştir. Çalışma, literatürde küçük alanlarının içboyanmasında kullanılan PDE tabanlı içboyama [67] ve video içboyama metodu [13] ile kıyaslanmıştır. Aşağıda SIFT özneteliği tabanlı geliştirilen metot ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

2.2.2.1. Ölçeklemeden Bağımsız Öznetelik Dönüşümü (SIFT) Özneteliği

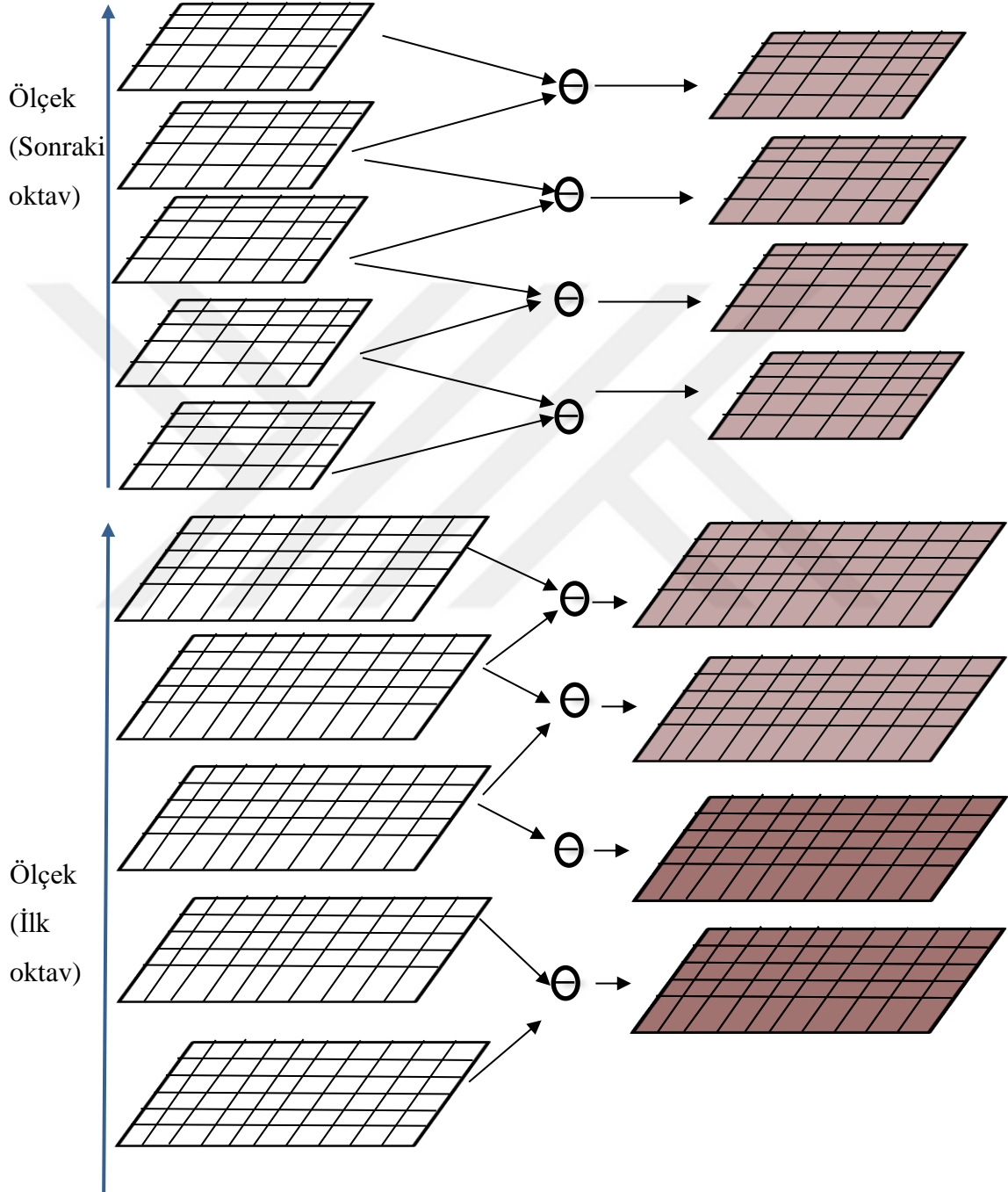
Love [54] tarafından sunulan ölçeklemeden bağımsız öznetelik dönüşümü; 3 boyutlu bakış açısı, gürültü ve döndürmeden etkilenmez. Bu öznetelikler hem uzamsal hem de frekans alanlarında iyi konumlandırılmıştır; bu da gürültüye bağlı bozulma olasılığını azaltır. SIFT özneteliği, tüm görüntüyü bölümlenmeden ilgili nokta (kilit nokta, anahtar nokta) üzerinde odaklanmaktadır. İlgili noktalar, temelde köşe çizgi ve lekelenme (çevresinden daha karanlık veya aydınlık olan bölge ya da nokta) gibi daha fazla bilgi içeren ayırt edici bölgelere yerleştirilmektedir. Kilit nokta tespitinin amacı, aynı nesnenin veya sahnenin farklı görünümünde tekrarlanabilir bir şekilde bulunabilecek konumları ve ölçekleri tanımlamaktır. Ölçek değişmez noktaları elde etmek için yalnızca görüntüdeki her olası konumu değil, aynı zamanda tüm ölçeklerde de arama yapmak önemlidir. Bir görüntüdeki SIFT özneteliklerini çıkarmak için temel dört adım vardır [54]. İlk adımda ölçek alanı, $z(x, y)$ görüntüsünün evrişimi ve Gauss fonksiyonu $G(x, y, \sigma)$ ile hesaplanır.

$$D(x, y, \sigma) = (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) * z(x, y) \quad (30)$$

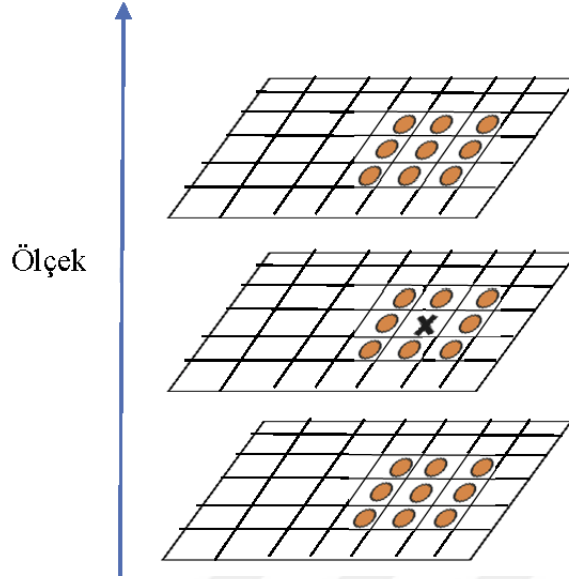
Denklem (30)'da, σ ölçek uzamsal faktör ve k komşu iki Gauss ölçek uzayının ölçeklendirme faktörüdür. Bu işlem, Şekil 1.16'un sol tarafında gösterilmiştir.

Ölçek alanı oluşturulduktan sonra yakın görüntü ölçekleri Şekil 1.16'un sağ tarafında gösterildiği gibi Gauss Farkı (DoG-Difference of Gaussian) fonksiyonun etkili biçimde uygulanması için birbirinden çıkartılır. İkinci adımda ölçek alanında aday öznetelik konumlarını belirlemek için yerel minimum ve maksimum araması yapılır ve kenar tepkisini ortadan kaldırmak için 3 boyutlu kareli bir fonksiyon uygulanır. . Aday bir öznetelik noktası olarak nitelendirmek için belirli bir DoG pikseli, yakın çevresindeki tüm

piksellerin yanı sıra bitişik DoG görüntülerindeki karşılık gelen komşularındaki tüm piksellerden daha büyük veya daha küçük olmalıdır. Şekil 1.17’de gösterildiği gibi her bir piksel 26 komşusuyla karşılaştırılır.



Şekil 1.16. Gauss Piramidinden DoG hesaplanması [54].



Şekil 1.17. DoG görüntüsünde minimum ve maksimum değerlerin tespiti [54].

Üçüncü adımda, anahtar nokta konumu ve görüntü gradyan vektör yönü temel alınarak her anahtar noktaya bir veya daha fazla yön atanır. Görüntüde, (x, y) konumundaki ve m ölçeğindeki bir piksel için gradyan vektör büyüklüğü, $mag(x, y)$ ve yönü, $\theta(x, y)$, piksel farklılıklarına bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

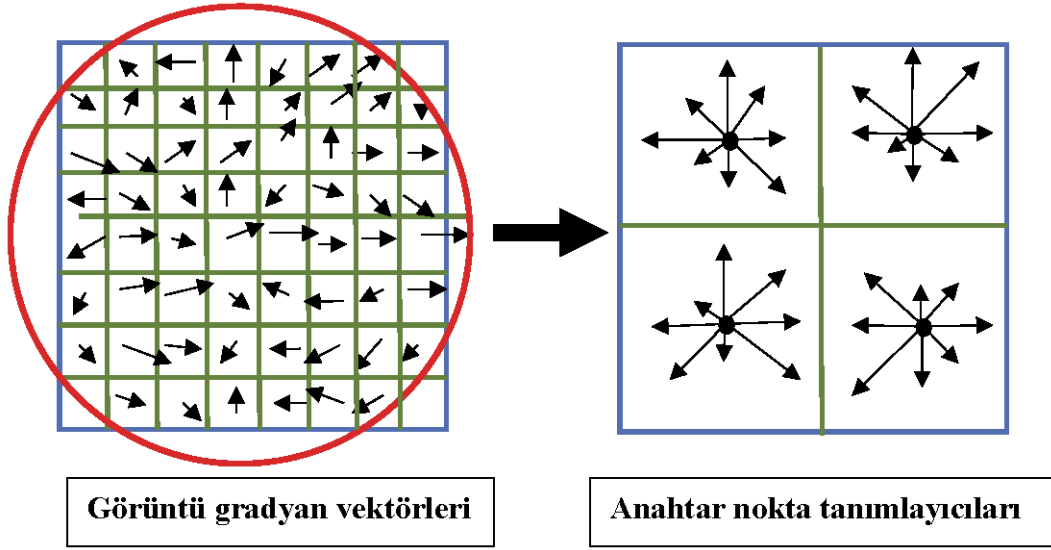
$$mag = \sqrt{(L(x+1, y) - L(x-1, y))^2 + (L(x, y+1) - L(x, y-1))^2} \quad (31)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1}((L(x+1, y) - L(x-1, y)) / (L(x, y+1) - L(x, y-1))) \quad (32)$$

Burada, $L(x, y) = G(x, y) * z(x, y)$ verilen görüntünün Gauss ölçek uzayıdır.

Şekil 1.18'de, anahtar nokta tanımlayıcıların hesaplanma şekli gösterilmektedir. Anahtar nokta konumunun etrafındaki bir bölgede her görüntü örnek noktalarının gradyan vektör büyüklüğü ve yönü hesaplanarak bir anahtar nokta tanımlayıcısı oluşturulur.

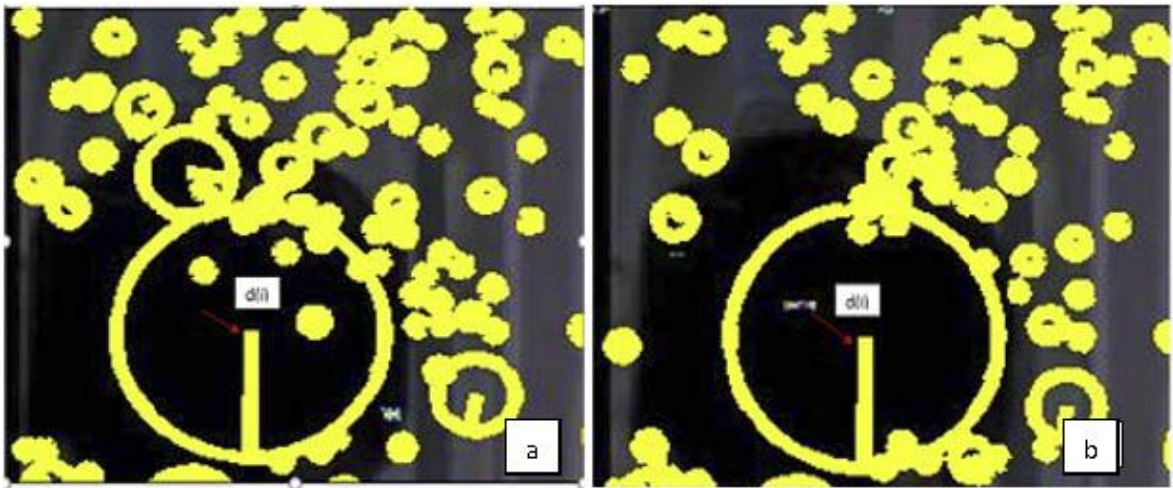
Anahtar noktaların her biri için etrafında 16x16 boyutunda bloklar alınır ve örnekleme alanı oluşturulması için sekiz yönelimi olan ve yönelim histogramı içeren 4x4'lük 16 bloğa bölünür. Sonuç olarak 4x4x8 =128 boyutlu bir öznitelik vektörü elde edilir.



Şekil 1.18. Kilit nokta tanımlayıcıların oluşturulması [54].

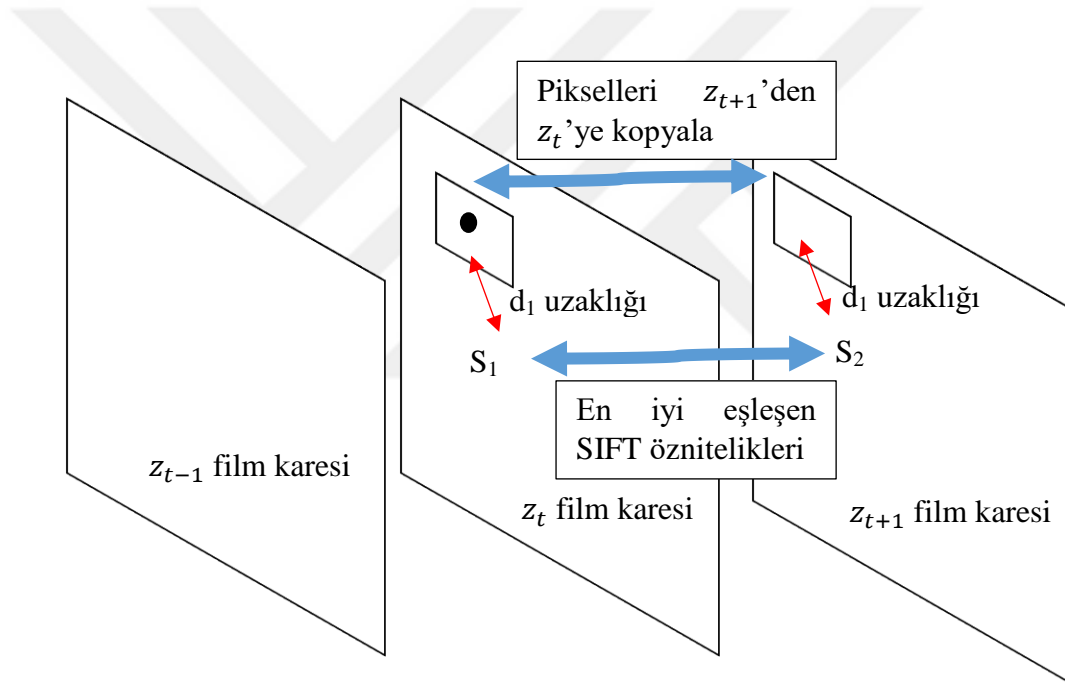
2.2.2.2. SIFT Eşleştirmesi ile Leke İçboya

Lekelerin ardışık film karelerinde farklı uzamsal konumda, yoğunlukta ve boyutta olduğundan önerilen yöntem, oklüde alan çevresinde bulunan SIFT özneliğinin bir önceki ve bir sonraki film karesinde belirli bir komşulukta eşleşmesi esasına dayanmaktadır.



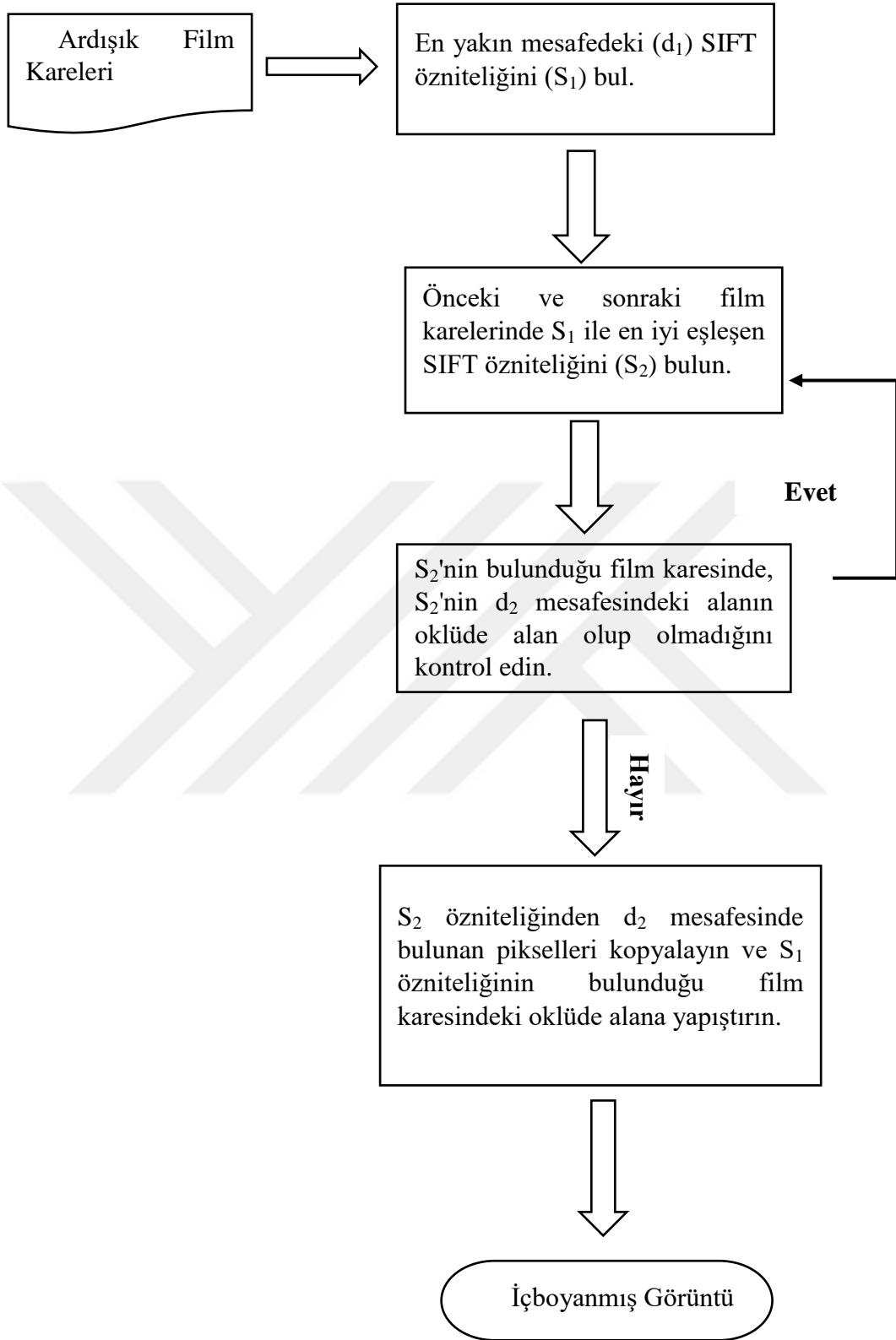
Şekil 1.19. “hababam” hareketli görüntü dizisi için SIFT özneliği çıkarma sonucuna bir örnek: a) İçboyamak için gerekli bilginin kullanılacağı referans film karesi ve b) Eksik bir bölgenin içboyandığı başka bir film karesi [68].

Şekil 1.19’de SIFT özneliği ile leke içboyamanın bir örneği gösterilmiştir. Lekeli alana sahip film karesi z_t ise, önceki film karesi görüntü z_{t-1} ve sonraki film karesi z_{t+1} olsun. z_t film karesindeki oklüde alana en yakın mesafede $d(i)$ olan SIFT özneliği S_1 olarak tanımlansın ve S_1 özneliği ile en iyi eşleşen S_2 özneliği önceki veya sonraki film karesinde bulunur. Şekil 1.20’te en iyi eşleşen özneliğin bir sonraki film karesinde olduğu varsayılmıştır. S_2 özneliğinin bulunduğu film karesinde, $d(i)$ uzaklığında bulunan piksellerin lekeli olup olmadığı kontrol edilir. Bu alan lekeli pikselleri içermiyorsa bu pikseller z_t film karesindeki lekeli bölgeye kopyalanarak bir içboyama yapılır. S_2 ’nin bulunduğu film karesinde, S_2 özneliğinden $d(i)$ mesafesindeki pikseller lekeli alandıysa en yakın ikinci öznelik bulunur ve aynı işlemler tekrarlanır.



Şekil 1.20. Sunulan algoritmanın işlem adımları.

Önerilen içboyama yönteminin akış diyagramı Şekil 1.21’te verilmektedir.



Şekil 1.21. Önerilen içboyanma yönteminin akış diyagramı

3. BULGULAR VE İRDELEME

Lekelerin film karelerinde farklı konumda, yoğunlukta ve biçimde bulunmasından dolayı lekelerin onarımı yüksek hesaplama maliyetine sahiptir. Ayrıca bu özelliklerinden dolayı diğer çalışmalardan daha fazla manuel çalışma gerektirmektedir [8]. Bu nedenle en gelişmiş tekniklerin çoğunda lekelerin zaman-uzamsal öznitelikleri temel alınarak uygulamalar geliştirilmiştir.

Bu tez kapsamında videolarda bulunan lekelerin konumlarının tespiti ve tespit edilen lekeli bölgelerin içboyanması adımlarından oluşan video içboya uygulama geliştirilmiştir. Her iki adımda da 2 uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemlerde yapay olarak eklenmiş lekeleri içeren videolar ve gerçek lekeler içeren videolar kullanılmıştır. Bu çalışmalar, i7 mikro işlemcisine ve 8GB RAM'e sahip olan bilgisayarda MATLAB betik dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Performansın değerlendirilmesi için önerilen yöntemde leke tespit adımında duyarlılık (TPR - true positive rate (recall)), yanlış pozitif oranı (FPR - false positive rate) ve kesinlik (precision) kullanılmıştır (Denklem (33), Denklem (34) ve Denklem (35)).

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} \quad (33)$$

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN} \quad (34)$$

$$Kesinlik = \frac{TP}{TP + FP} \quad (35)$$

Burada doğru pozitif (TP - true positive) Şekil 1.22'de gösterildiği gibi gerçekte lekeli olan ve uygulama tarafından lekeli tespit edilen alanları, yanlış negatif (FN - false negative) gerçekte lekeli alan olup uygulama tarafından tespit edilmeyen alanları, yanlış pozitif (FP - false positive) gerçekte lekeli olmayan fakat uygulama tarafından lekeli tespit edilen alanları ve son olarak ise doğru negatif (TN - true negative) gerçekte lekesiz olan bölgelerin uygulamada da lekesiz olarak tespit edildiği alanları ifade eder.

		Gerçekte olan	
		Lekeli Alan	Lekeli Değil
Tahmin	Lekeli	Doğru Pozitif	Yanlış Pozitif
	Lekeli Değil	Yanlış Negatif	Doğru Negatif

Şekil 1.22. Pozitif ve negatif iki olası sonuç için örnek hata matrisi

Ele alınan problemin ikinci adımı olan videoda lekeli alanların içboyanmasında ise performans ölçütü olarak tepe işaret gürültü oranı (PSNR - Peak Signal to Noise Ratio) kullanılmıştır. PSNR Denklem (36)'da verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{OKH}} \right) \quad (36)$$

Ortalama karesel hata (OKH) ise Denklem (37)'de verilmiştir:

$$OKH = \frac{1}{3|\Omega|} \sum_{i=1}^3 \int_{\Omega} (u_i - z_i)^2 d\mathbf{p} \quad (37)$$

Denklem 37'de Ω , görüntüdeki lekeli alanı; $i = \{1,2,3\}$, görüntünün renk kanallarını; u_i , içboyanmış görüntüyü ve son olarak z_i ise orijinal görüntünün (yapay lekeler eklenmemiş orijinal görüntü) renk kanallarını ifade eder.

Aşağıda, video içboyanma kapsamında gerçekleştirilen uygulamaların deneysel sonuçları verilmektedir.

3.1. Görsel Dikkat Çekerlik Haritası Tabanlı Arşiv Filmlerinde Leke Tespiti Uygulamasının Başarım Analizi

Önerilen yöntem, blok tabanlı olduğundan leke tespit problemlerinde kullanılan diğer blok tabanlı yöntemler [6, 18] ve en basit piksel tabanlı yöntem olan SDI [5] ile beş farklı hareketli görüntü dizisinde karşılaştırılmıştır. Performansın değerlendirilmesi için önerilen yöntemde lekelerin yapay olarak eklendiği sadece siyah lekelerden oluşan ‘futbol_1’ hareketli görüntü dizisi; siyah, beyaz, gri tonlarından oluşan “futbol_2” hareketli görüntü dizisi ve “takvim” hareketli görüntü dizisi kullanılmıştır. Ayrıca gerçek lekeye sahip olan arşiv filmleri, “yeşilcam_1” ve “yeşilcam_2” hareketli görüntü dizisi kullanılmıştır. “futbol_1” ve “futbol_2” hareketli görüntü dizisi karmaşık hareketler içermeyen aynı görüntü sahnelerinden oluşmaktadır. “takvim” hareketli görüntü dizisi ise video içboyama çalışmalarında test için sıklıkla kullanılmaktadır. “futbol_1”, “futbol_2” ve “takvim” hareketli görüntü dizilerindeki 50 görüntü dizisi 288x352 boyutlarındadır (Şekil 1.23.a-c). “yesilcam_1” hareketli görüntü dizisindeki 50 görüntü dizisi 480x640 boyutunda ve “yesilcam_2” hareketli görüntü dizisindeki 50 görüntü dizisi 360x480 boyutundadır (Şekil 1.24.a-b).

Uygulamanın ilk adımında Şekil 1.25.a-e’den görüldüğü gibi, lekeli bölgelerin tespiti için VSF yaklaşımı [65] kullanılarak görsel dikkat çekerlik haritaları üretilir. Lekelerin diğer dikkat çekici noktalardan ayırt edilmesi lekelerin ardışık film karelerinde farklı konumda bulunması özelliğinden faydalanılarak sağlanır. Önerilen yöntemde, lekeleri diğer bölgelerden ayırmak için birbirini takip eden film kareleri kullanılmıştır. Ek olarak yanlış leke tespit oranını azaltmak için film karelerindeki hareketli nesnelere tahmin edilmelidir. İkinci adımda bulunan dikkat çekici noktalar bir önceki ve bir sonraki film karelerinde belirli bir komşulukta ki gri tonlama yoğunluk değerleri ile karşılaştırılır ve böylece lekeli bölgeler tespit edilir.

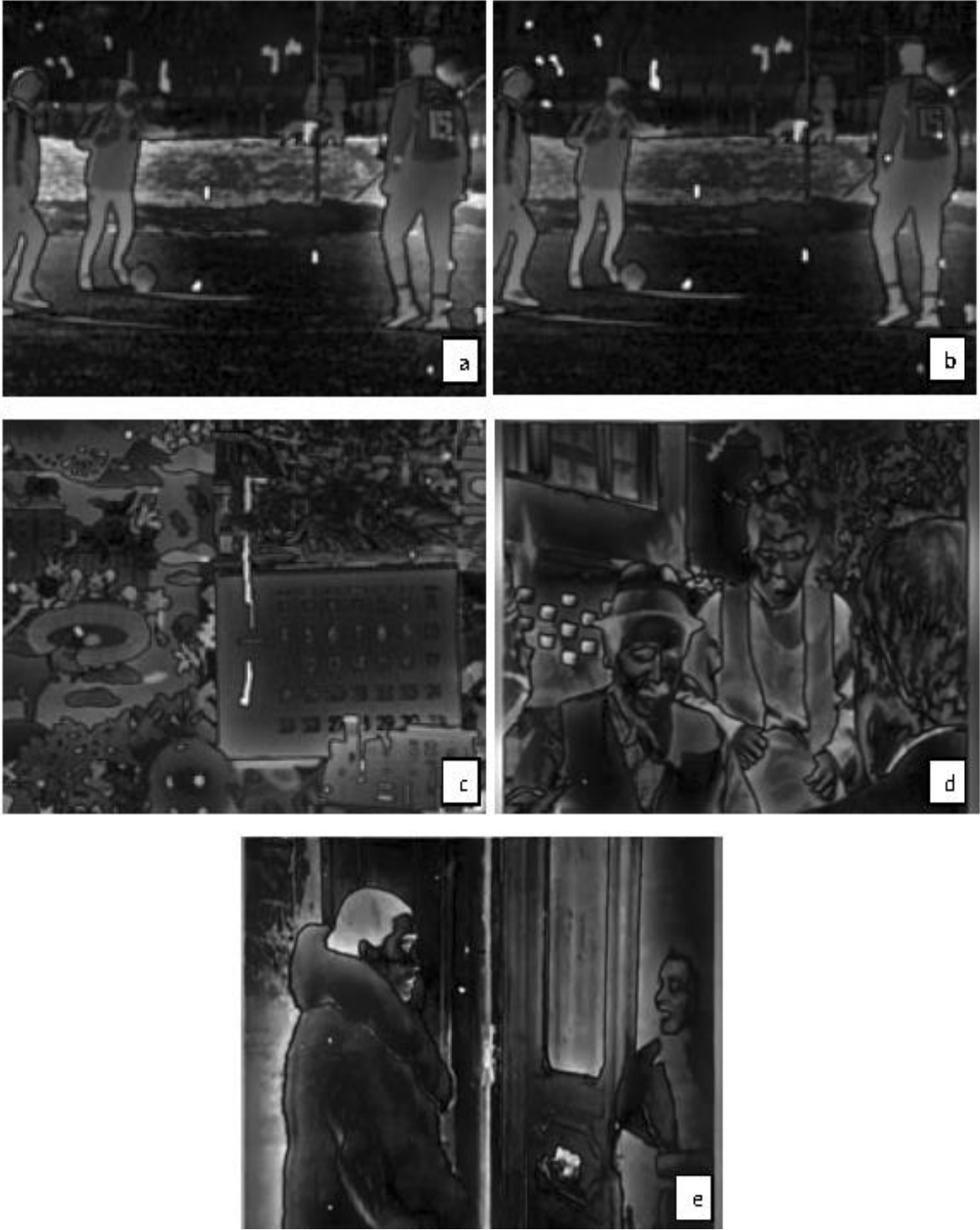
Çalışmada, performans ölçütü için ROC eğrisinden yararlanılmıştır. ROC eğrisinde y eksenini duyarlılık (TPR), x eksenini ise yanlış pozitif oranı (FPR) değerlerini göstermektedir. Bu değerler farklı eşik değerleri için hareketli görüntü dizilerinde bulunan tüm görüntülerin TPR ve FPR değerlerinin ortalaması ile elde edilmiştir. Duyarlılık değeri tespit edilen lekeli bölgenin gerçekte lekeli olan bölgeye oranını göstermektedir. Yanlış pozitif oranı ise yanlış tespit edilen lekeli bölgenin tüm lekesiz bölgeye orantısını göstermektedir.



Şekil 1.23. Performans karşılaştırması için kullanılan yapay olarak bozulmuş hareketli görüntü dizileri: a) “futbol_1”, b) “futbol_2” ve c) “takvim”.



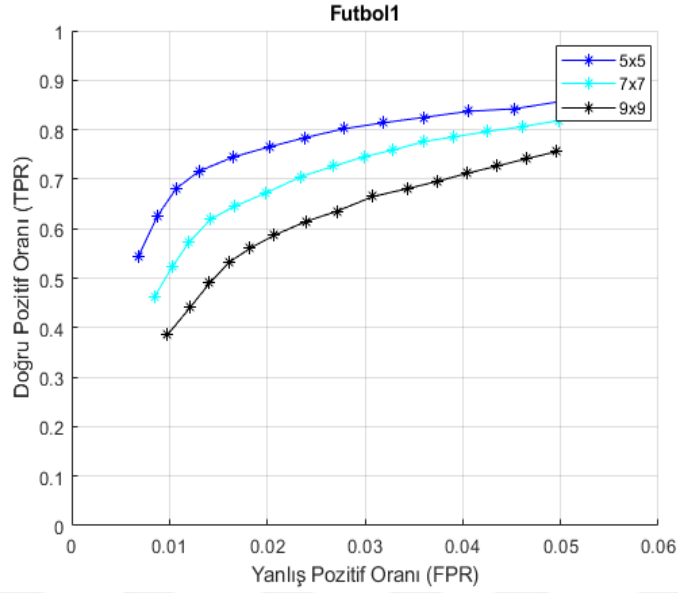
Şekil 1.24. Performans karşılaştırması için kullanılan bozulmuş özgün hareketli görüntü dizileri: a) “yesilcam_1” ve b) “yesilcam_2”.



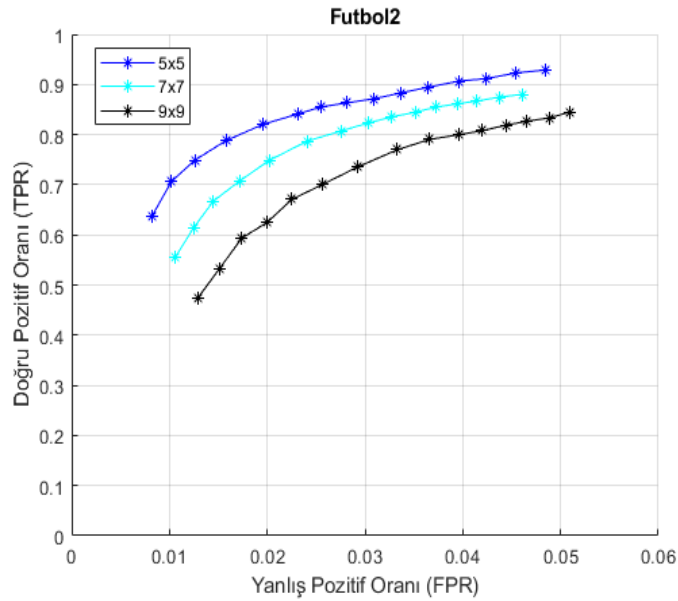
Şekil 1.25. Bozulmuş hareketli görüntü dizilerinin görsel dikkat çekerlik haritaları: a) “futbol_1”, b) “futbol_2”, c) “takvim”, d) “yesilcam_1” ve e) “yesilcam_2”.

“futbol_1”, “futbol_2” ve “takvim” hareketli görüntü dizileri üzerinde yama boyutunun 5x5, 7x7 ve 9x9 olarak ayarlanması ile elde edilen ROC eğrileri sırasıyla Şekil

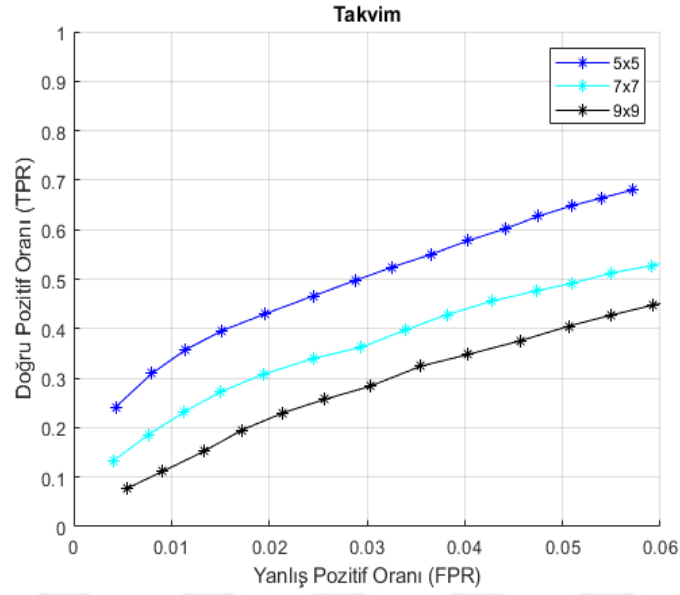
1.26, Şekil 1.27 ve Şekil 1.28’de verilmiştir. Şekil 1.26, Şekil 1.27 ve Şekil 1.28’den görüldüğü gibi 5x5 yama boyutunun kullanılması ile en başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu bağlamda, yama boyutu VSF modelini verimli kullanmak için 5x5 olarak ayarlanmıştır.



Şekil 1.26. Yapay olarak bozulmuş “futbol _1” hareketli görüntü dizisi üzerinde yama boyutunun 5x5, 7x7 ve 9x9 olarak ayarlanması ile elde edilen ROC eğrisi



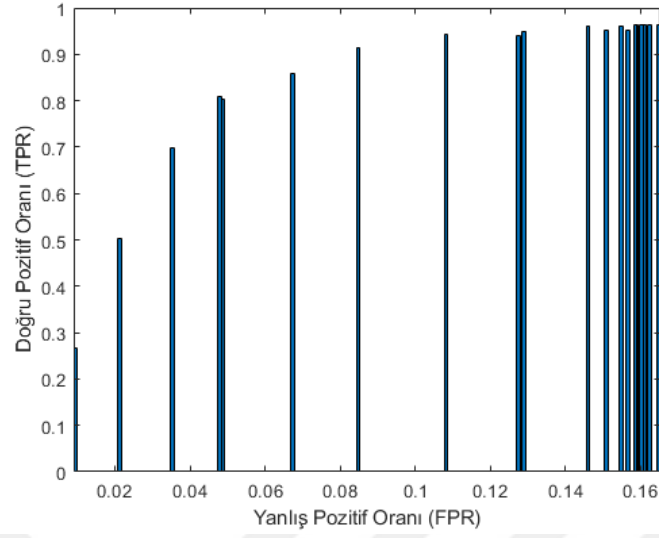
Şekil 1.27. Yapay olarak bozulmuş “futbol _2” hareketli görüntü dizisi üzerinde yama boyutunun 5x5, 7x7 ve 9x9 olarak ayarlanması ile elde edilen ROC eğrisi



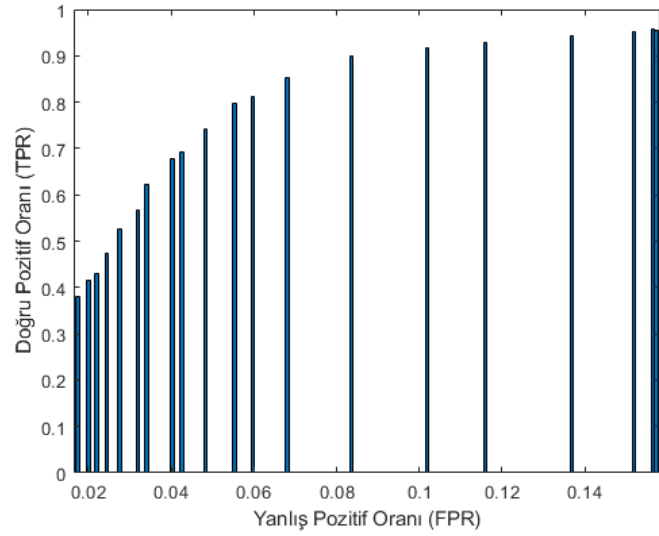
Şekil 1.28. Yapay olarak bozulmuş “takvim” hareketli görüntü dizisi üzerinde yama boyutunun 5x5, 7x7 ve 9x9 olarak ayarlanması ile elde edilen ROC eğrisi

Gerçekleştirilen tüm deneyler için farklı eşik değerleri kullanılarak leke tespitine ait sonuç görüntüleri elde edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, doğru tespit etme oranı (TPR) ve yanlış tespit etme oranı (FPR) dikkate alınarak uygun eşik değerleri için sonuç görüntüleri seçilmiştir. Örneğin, Şekil 1.33’de verilen grafikteki kırmızı dikdörtgen ile işaretlenen çubuğa bağlı olarak eşik, $th_2 = 50$ değerini içermektedir. Bu çubuktaki, TPR değeri, diğer eşik değerlerinin setlenmesi ile elde edilen TPR değerlerine kıyasla fazla değişmezken; FPR değeri en düşük olmaktadır. Seçilen tüm eşik değerlerinin TPR ve FPR değerleri aynı aralıkta olmadığından, sadece “futbol_1” ve “futbol_2” hareketli görüntü dizileri için çubuk grafikleri aşağıda verilmiştir. “takvim” hareketli görüntü dizisi içinse, TPR ve FPR değerleri seçilen tüm eşik değerleri için aynı aralıkta olduğundan dolayı burada tekrar verilmemiş olup sonuç görüntüleri için uygun eşik değerleri ROC eğrileri dikkate alınarak seçilmiştir.

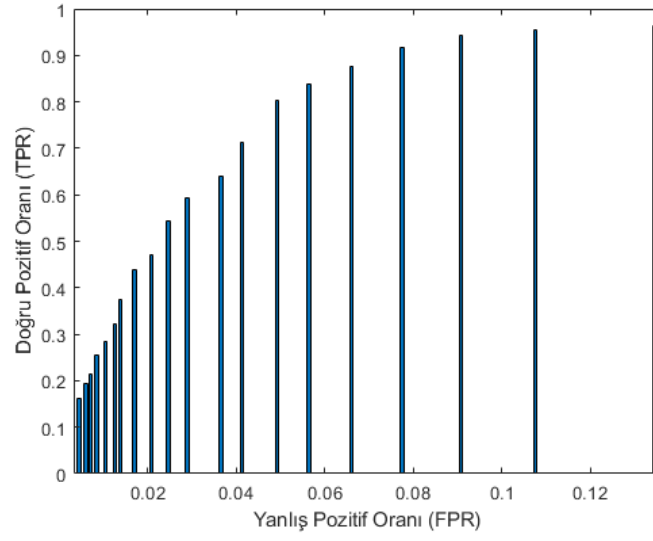
“futbol_1” hareketli görüntü dizisi üzerinde HOG özniteliği tabanlı [18], LBP özniteliği tabanlı [18], bölge eşleştirme tabanlı [6], SDI [5] algılayıcısıyla, önerilen yöntemle ve hareket kestirimli önerilen yöntemle leke tespiti sonuçlarının gösterildiği çubuk grafikleri sırasıyla Şekil 1.29, Şekil 1.30, Şekil 1.31, Şekil 1.32, Şekil 1.33 ve Şekil 1.34’de verilmiştir.



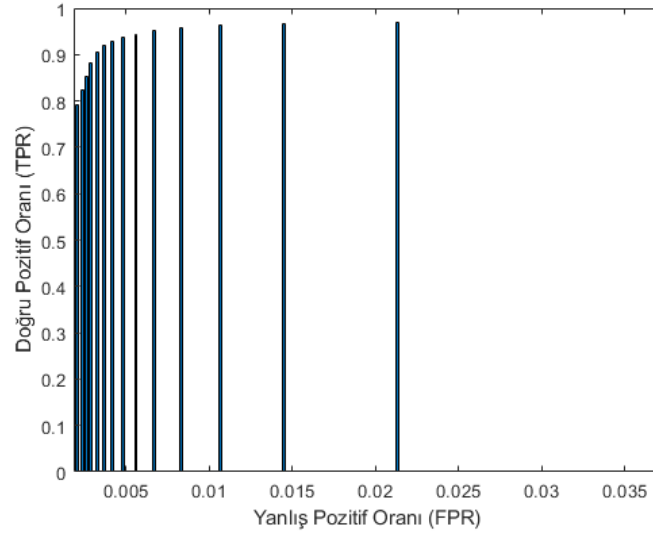
Şekil 1.29. Yapay olarak bozulmuş “futbol_1” hareketli görüntü dizisi için HOG özneliği tabanlı leke tespit [18] sonuçları.



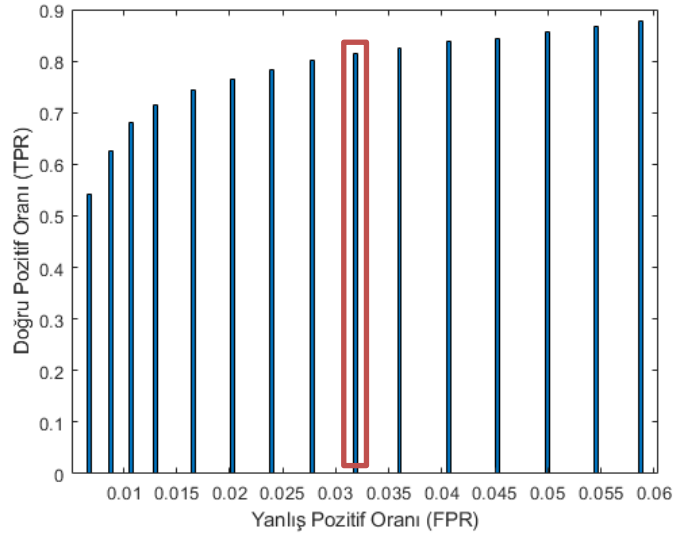
Şekil 1.30. Yapay olarak bozulmuş “futbol_1” hareketli görüntü dizisi için LBP özneliği tabanlı leke tespit [18] sonuçları.



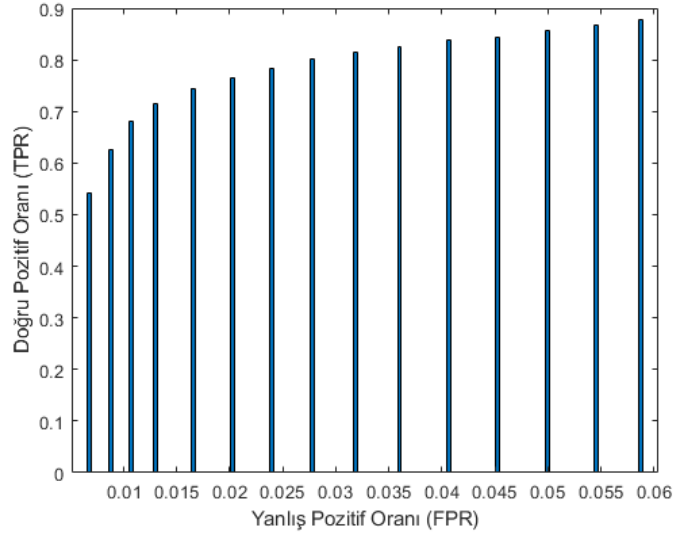
Şekil 1.31. Yapay olarak bozulmuş “futbol _1” hareketli görüntü dizisi için bölge eşleştirme tabanlı leke tespiti [6] sonuçları.



Şekil 1.32. Yapay olarak bozulmuş “futbol _1” hareketli görüntü dizisi için SDI algılayıcısı ile leke tespit [5] sonuçları.

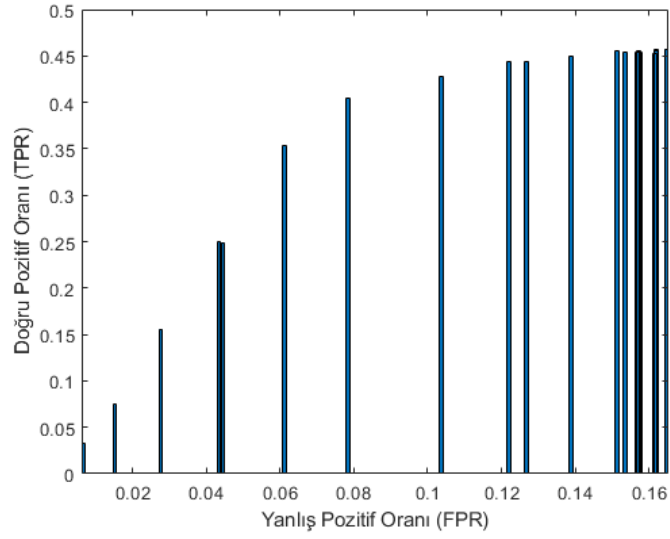


Şekil 1.33. Yapay olarak bozulmuş “futbol_1” hareketli görüntü dizisi için önerilen yöntem ile gerçekleştirilen uygulamanın leke tespit sonuçları. Burada kırmızı dikdörtgen içerisine alınmış çubuğa bağlı olarak eşik değeri $th_2 = 50$ olarak setlenmiştir.

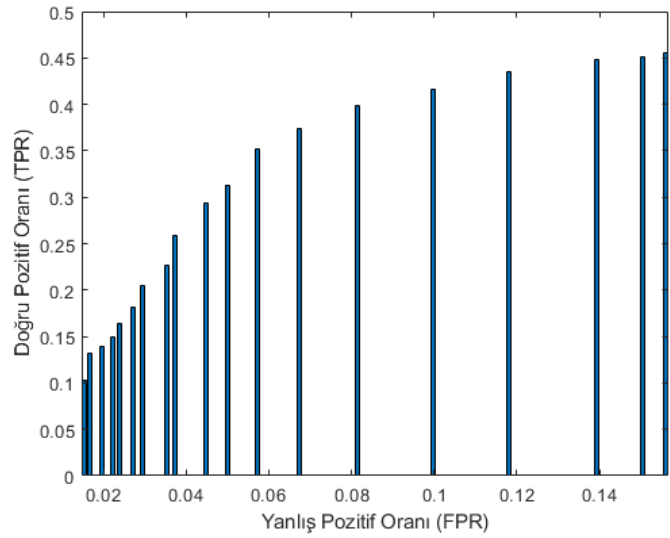


Şekil 1.34. Yapay olarak bozulmuş “futbol_1” hareketli görüntü dizisi için hareket kestirim adımının eklendiği önerilen yöntem ile gerçekleştirilen uygulamanın leke tespit sonuçları.

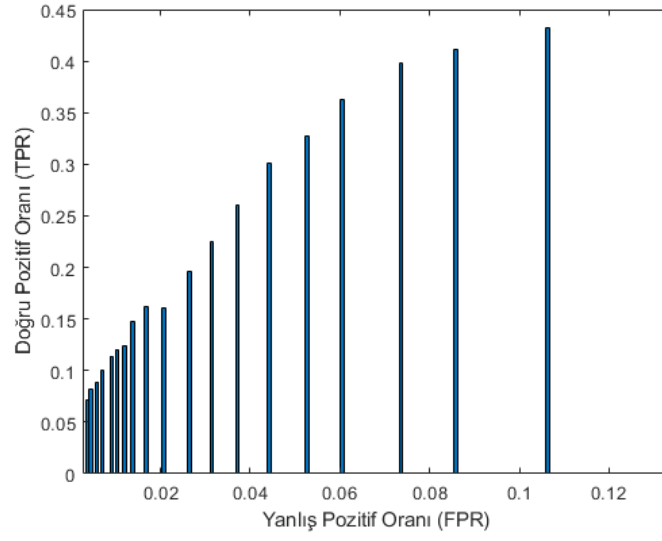
Ayrıca “futbol_2” hareketli görüntü dizisi üzerinde, HOG özniteliği tabanlı [18], LBP özniteliği tabanlı [18], bölge eşleştirme tabanlı [6], SDI [5] algılayıcısıyla, önerilen yöntemle ve hareket kestirimli önerilen yöntemle leke tespiti sonuçlarının gösterildiği çubuk grafikleri sırasıyla Şekil 1.35, Şekil 1.36, Şekil 1.37, Şekil 1.38, Şekil 1.39 ve Şekil 1.40’da verilmiştir.



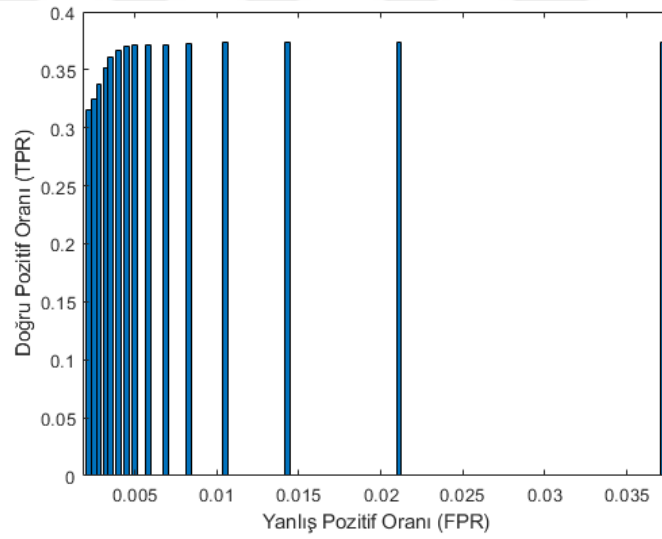
Şekil 1.35. Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için HOG özneliği tabanlı leke tespit [18] sonuçları.



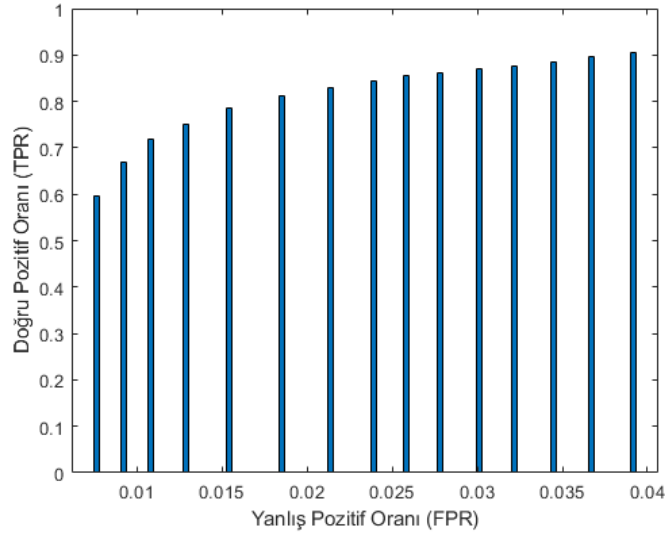
Şekil 1.36. Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için LBP özneliği tabanlı leke tespit [18] sonuçları.



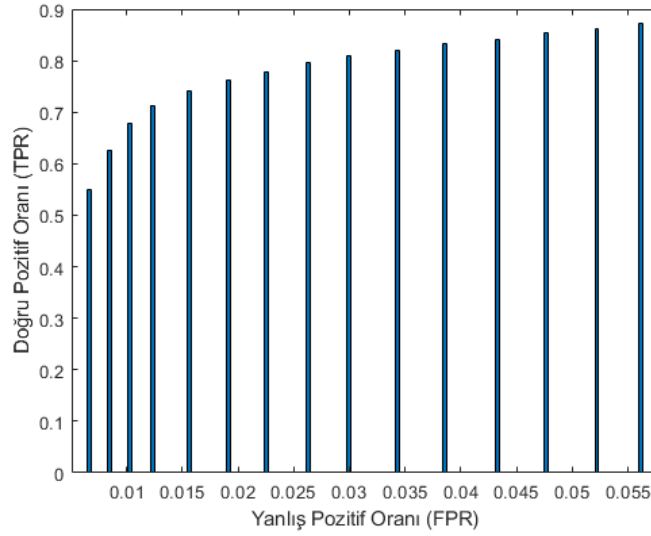
Şekil 1.37. Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için bölge eşleştirme tabanlı leke tespiti [6] sonuçları.



Şekil 1.38. Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için SDI algılayıcısı ile leke tespit [5] sonuçları.



Şekil 1.39. Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için önerilen yöntem ile gerçekleştirilen uygulamanın leke tespit sonuçları.



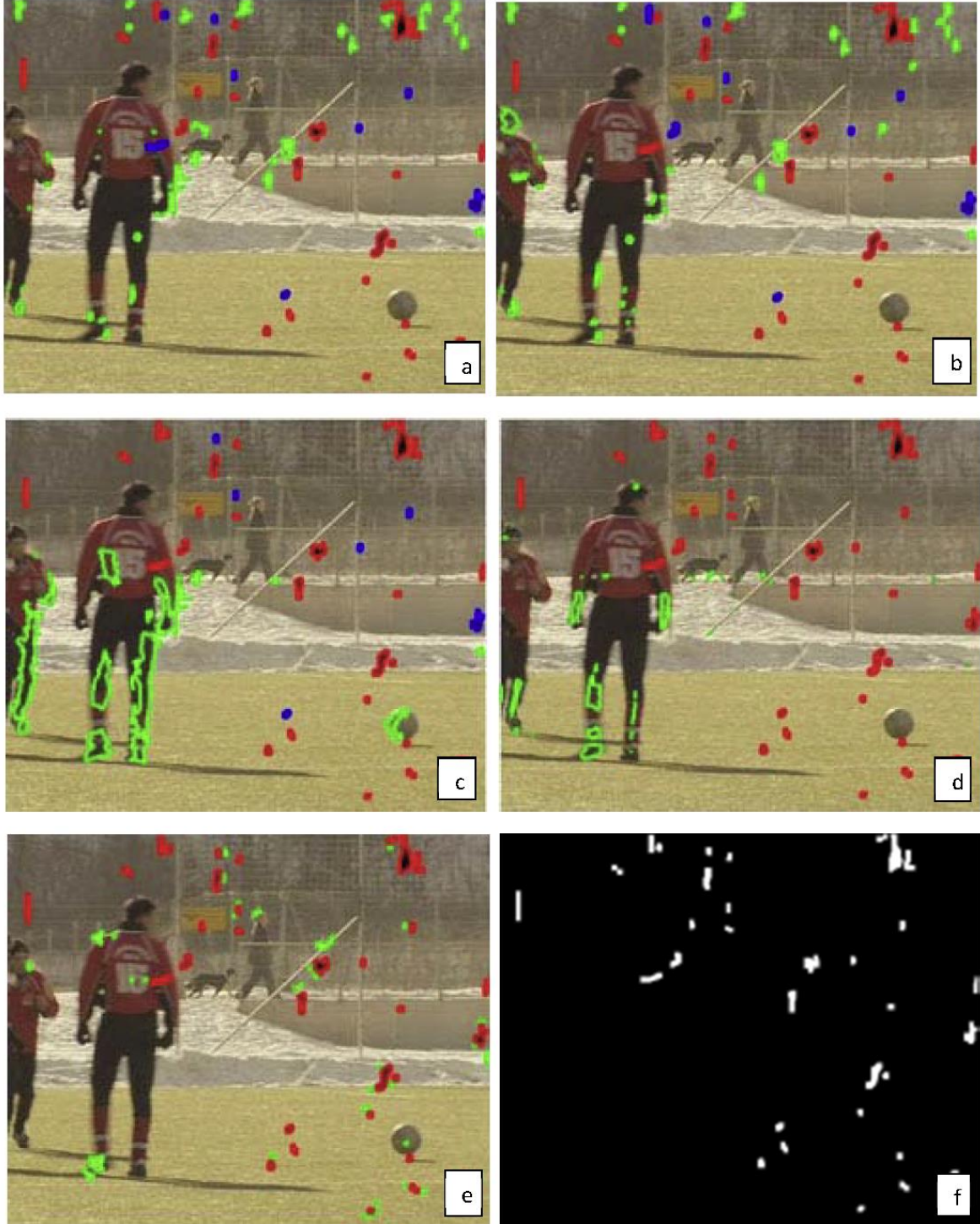
Şekil 1.40. Yapay olarak bozulmuş “futbol_2” hareketli görüntü dizisi için hareket kestirim adımının eklendiği önerilen yöntem ile gerçekleştirilen uygulamanın leke tespit sonuçları.

Şekil 1.41.a, Şekil 1.42.a, Şekil 1.43.a, Şekil 1.44.a ve Şekil 1.45.a; HOG özneliğine dayalı leke tespit uygulamasının sonuçlarını göstermektedir [18]. Şekil 1.41.b, Şekil 1.42.b, Şekil 1.43.b, Şekil 1.44.b ve Şekil 1.45.b; LBP özneliğine dayalı leke tespit uygulamasının sonuçlarını göstermektedir [18]. Şekil 1.41.c, Şekil 1.42.c, Şekil 1.43.c, Şekil 1.44.c ve Şekil 1.45.c; bölge eşleştirilme tabanlı leke tespit uygulama sonuçlarını

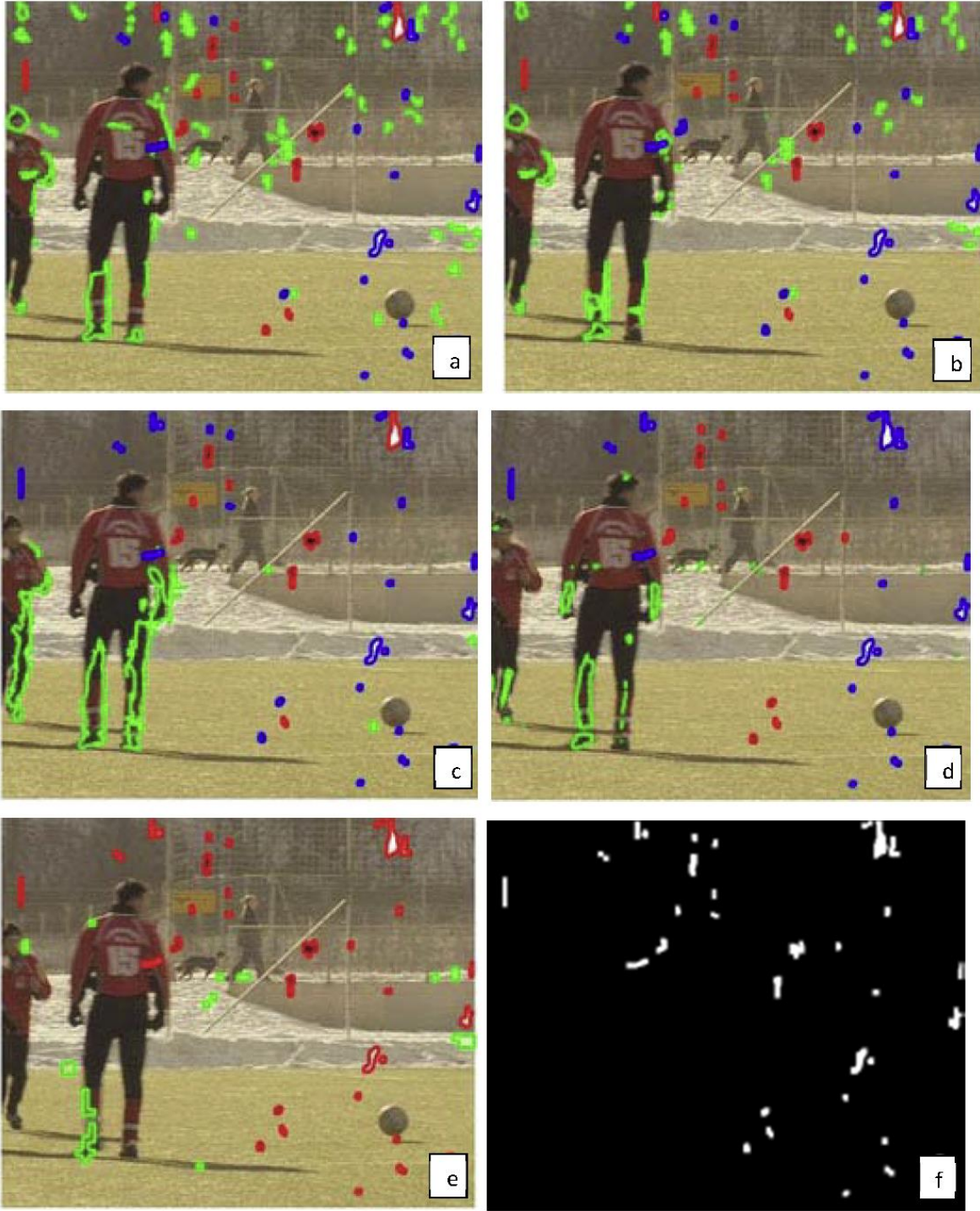
göstermektedir [6]. Şekil 1.41.d, Şekil 1.42.d, Şekil 1.43.d, Şekil 1.44.d ve Şekil 1.45.d; SDI algılayıcısı ile gerçekleştirilen leke tespit uygulama sonuçlarını göstermektedir [5]. Diğer yandan Şekil 1.41.e, Şekil 1.42.e, Şekil 1.43.e, Şekil 1.44.e ve Şekil 1.45.e; önerilen yöntemle gerçekleştirilen leke tespit çalışmasının sonuçlarını göstermektedir. Şekil 1.41, Şekil 1.42 ve Şekil 1.43,'de kırmızı, mavi ve yeşil renkli bölgeler; sırasıyla doğru, eksik ve yanlış tespit edilen lekeli bölgeleri göstermektedir. Şekil 1.41.f, Şekil 1.42.f ve Şekil 1.43.f'de; lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüleri verilmiştir. Şekil 1.44 ve Şekil 1.45'deki kırmızı renkli bölgeler, gerçek bozulmuş film kareleri için leke tespit sonuçlarını göstermektedir. Bu gerçek bozulmuş film kareleri için maske görüntüsü olmadığından yalnızca tespit edilen lekeli bölgeler gösterilmiştir.

Yapay bozulma eklenmiş film karelerinde yapılan tüm deneysel çalışmalar için sonuçlar, 20 farklı eşik değerine bağlı olarak elde edilmiştir. Burada, TPR ve FPR oranları dikkate alınarak uygun eşik değeri seçilir. Şekil 1.41'de verilen sonuçlardan görülebileceği gibi; HOG özniteliği tabanlı leke tespiti [18], LBP özniteliği tabanlı leke tespiti [18], bölge eşleştirme tabanlı leke tespiti [6] ve SDI [5] ile yapılan çalışmalarla elde edilen sonuçların performansı yapay leke bölgeleri sadece siyah renk içerdiğinde oldukça başarılıdır. Şekil 1.42 ve Şekil 1.43'de verilen sonuç görüntülerinden ise lekeli bölgelerin renk tonlarının çeşitli olması durumunda HOG özniteliği, LBP özniteliği, bölge eşleştirmesi ve SDI ile gerçekleştirilen uygulamanın farklı leke tonlarını tespit edemediği anlaşılmaktadır. Önerilen yöntemde ise yanlış alarm oranı düşürülürken lekelerin renk tonu fark etmeksizin doğru tespit oranı değişmemektedir.

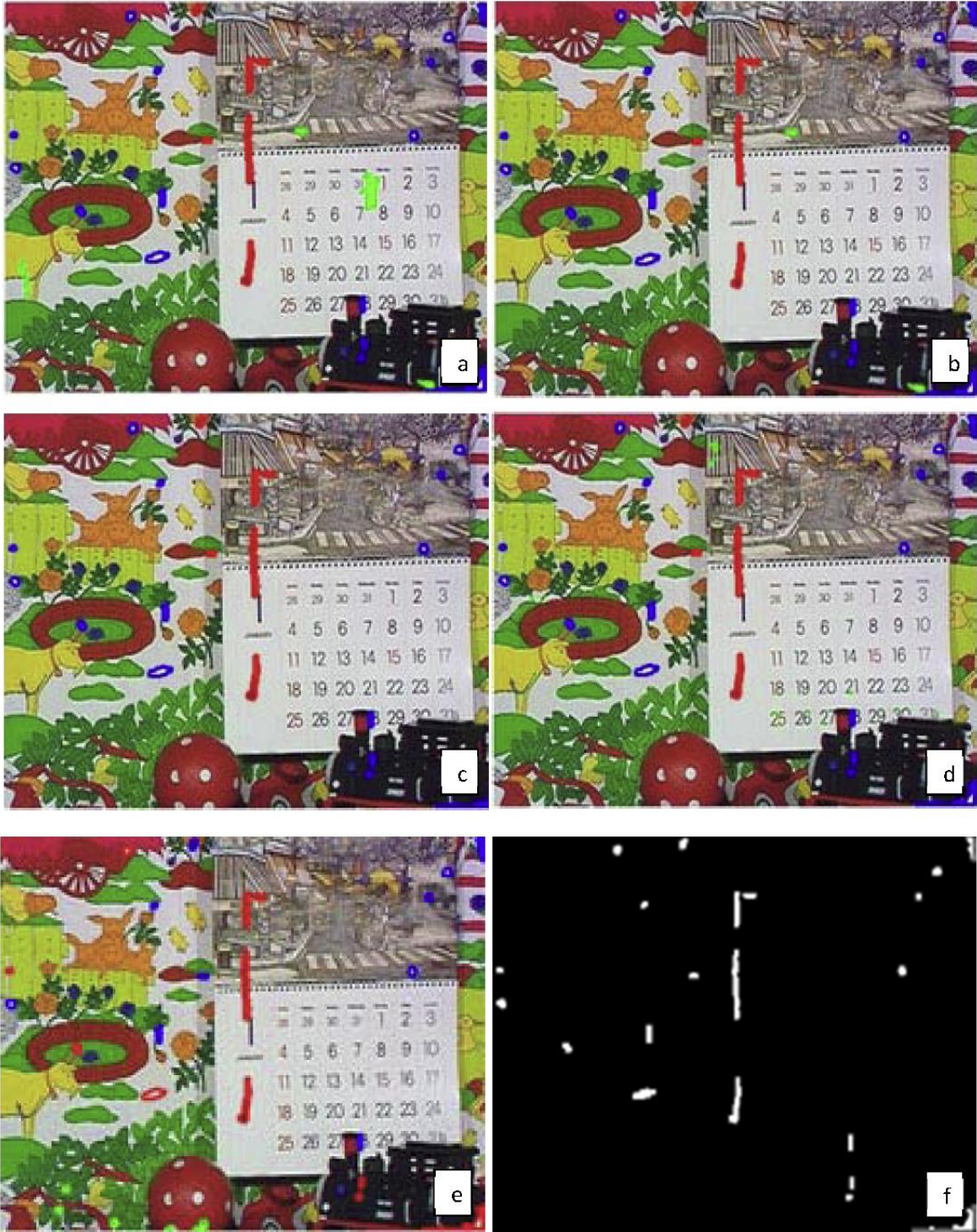
Şekil 1.44 ve Şekil 1.45'ten görüldüğü gibi, yukarıda bahsedilen sonuçlara kıyasla bozulmuş özgün film kareleri içeren iki arşiv filmi için de hemen hemen benzer sonuçlar elde edilmektedir.



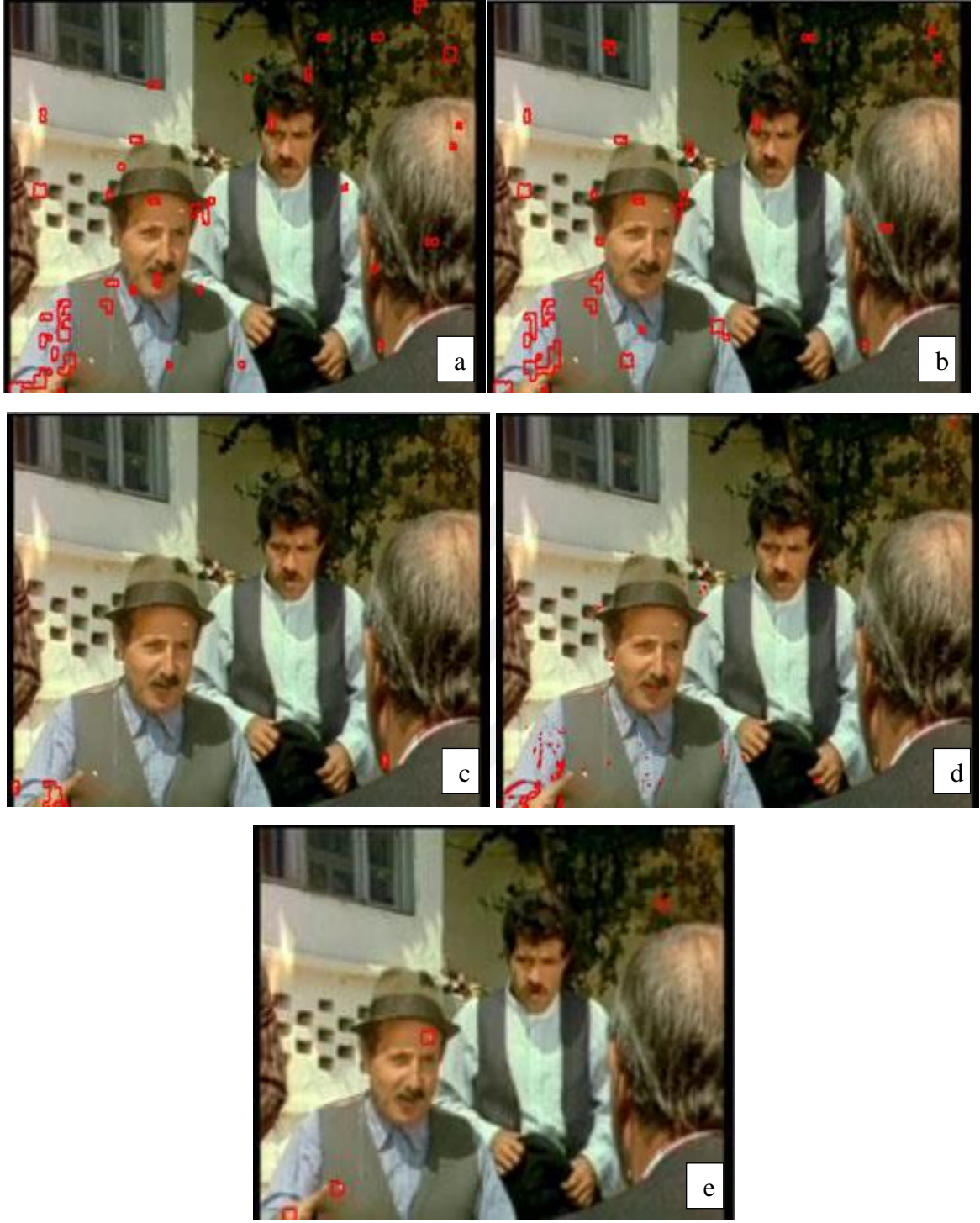
Şekil 1.41. “futbol_1” hareketli görüntü dizisi için siyah renkli yapay leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özneliği, b) LBP özneliği, c) Bölge eşleştirme, d) SDI, e) Önerilen yöntem ve f) Lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüsü.



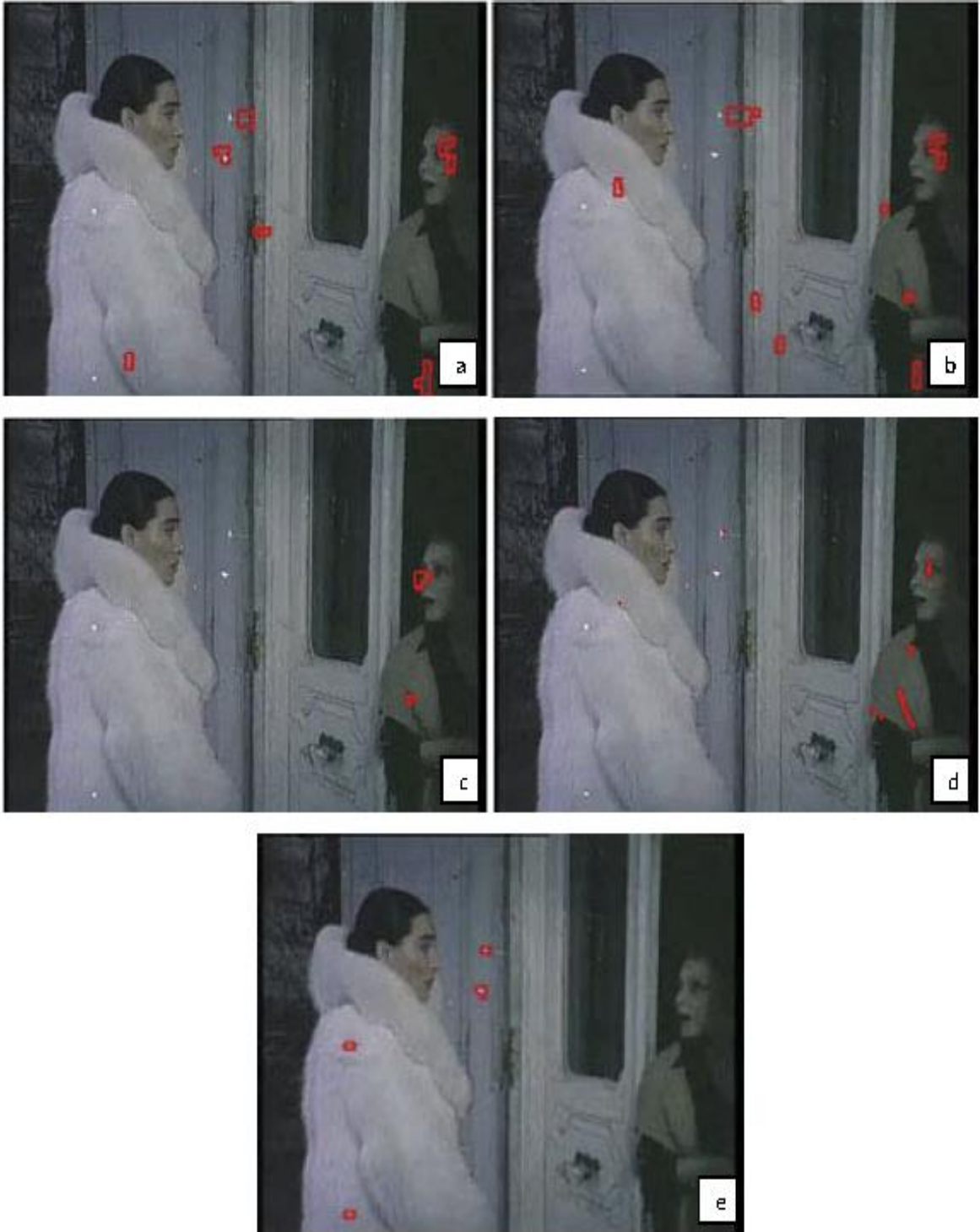
Şekil 1.42. “futbol_1” hareketli görüntü dizisi için siyah renkli yapay leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özneliği, b) LBP özneliği, c) Bölge eşleştirme, d) SDI, e) Önerilen yöntem ve f) Lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüsü.



Şekil 1.43. “takvim” hareketli görüntü dizisi için farklı renkli yapay leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özneliği, b) LBP özneliği, c) Bölge eşleştirme, d) SDI, e) Önerilen yöntem ve f) Lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüsü.



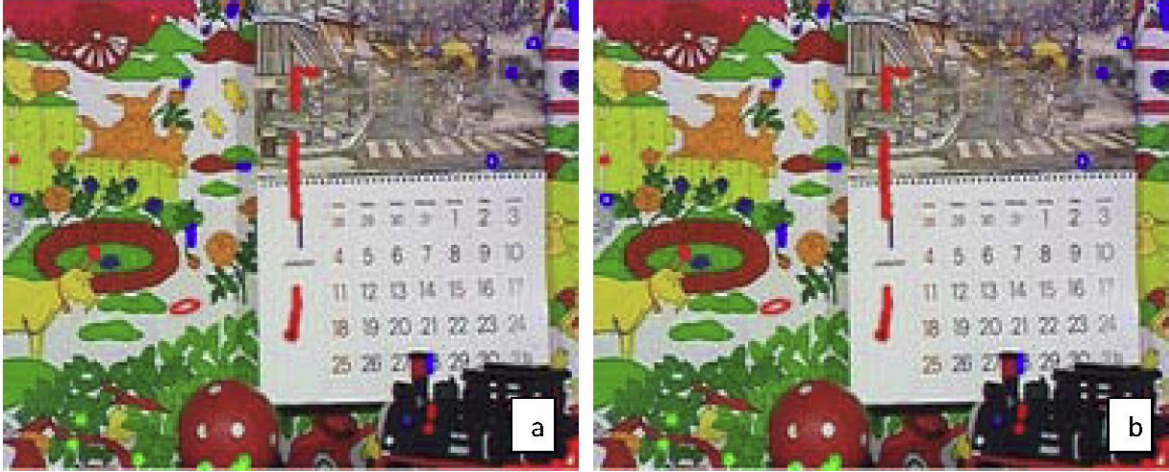
Şekil 1.44. "yesilcam_1" hareketli görüntü dizisi için leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özneliği, b) LBP özneliği, c) Bölge eşleştirme, d) SDI ve e) Önerilen yöntem.



Şekil 1.45. “yesilcam_2” hareketli görüntü dizisi için leke tespit çalışmalarının sonuçları:
 a) HOG özneliği, b) LBP özneliği, c) Bölge eşleştirme, d) SDI ve e) Önerilen yöntem.

Bu çalışmada sahne geçişleri problemi üzerinde ayrıntılı bir çalışma yapılmamasına rağmen performans değerlendirmesi için takvim hareketli görüntü dizisi kullanılarak

sadece 2 film karesi üzerinde önerilen yöntemin leke tespit sonuçları ve 3 film karesi kullanılarak gerçekleştirilen leke tespit yönteminin leke tespit sonuçları Şekil 1.46’te verilmiştir.



Şekil 1.46. “takvim” hareketli görüntü dizisinde sahne geçişleri olması durumunda önerilen yöntemin sonuçları: a) Sadece önceki film karesi kullanılarak gerçekleştirilen leke tespit sonucu ve b) Önceki ve sonraki film karesi kullanılarak gerçekleştirilen leke tespit sonucu.

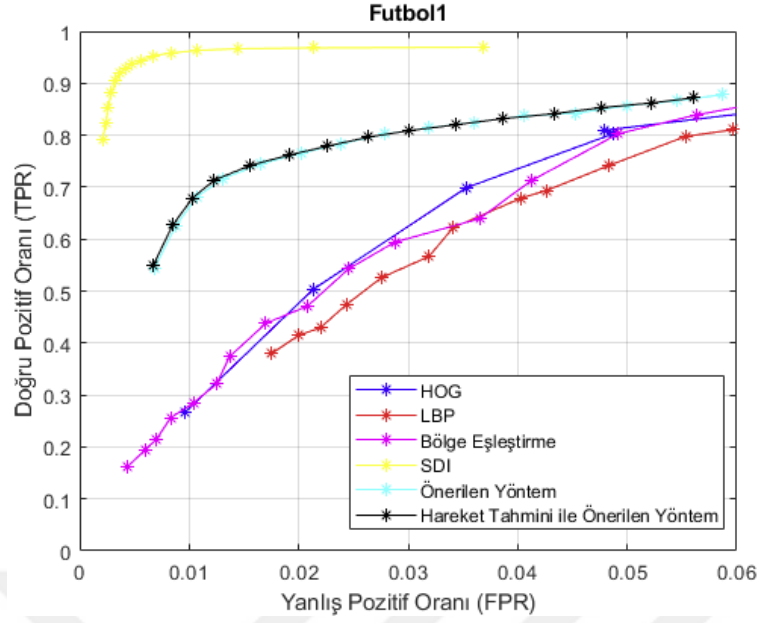
Önceki veya sonraki film karesi kullanılarak lekeli bölge tespit edildiğinden performans açısından büyük değişiklikler olmasa da tek film karesi yerine iki film karesinin kullanımı nedeniyle bilgi artması faydalı olabilmektedir. Şekil 1.47.a’da sarı ile gösterilen bölgede sadece önceki film karesinin kullanılmasından dolayı gerçekte lekeli olan alan tespit edilemezken önceki ve sonraki film karesinin kullanılması ile Şekil 1.47.b’de sarı ile belirtilen bölgede gösterildiği gibi lekeli olan alan tespit edilmiştir. Şekil 1.47.a’da pembe ile gösterilen bölgede ise önceki film karesi kullanılması ile yanlış lekeli bölge tespit edilirken Şekil 1.47.b’de pembe ile belirtilen alanda yanlış lekeli alan tespit edilmemiştir.



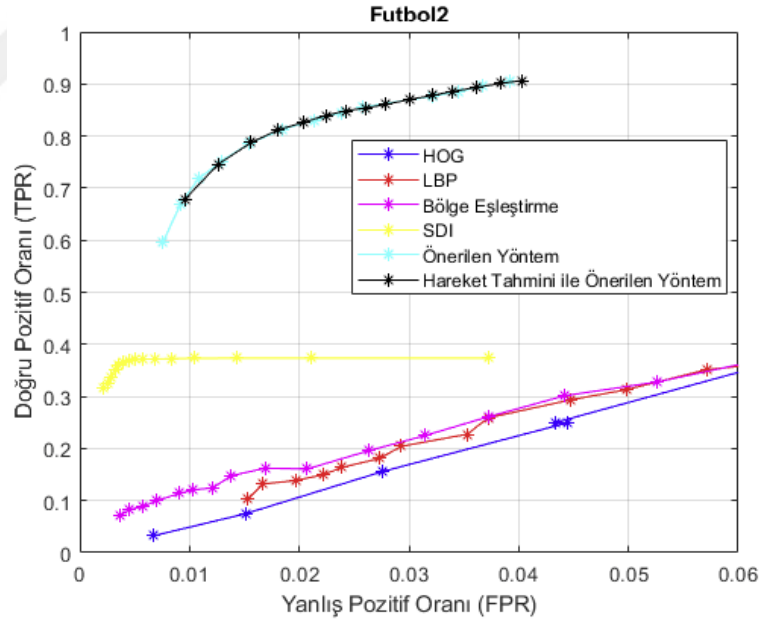
Şekil 1.47. “takvim” hareketli görüntü dizisinde sahne geçişleri olması durumunda önerilen yöntemin sonuçları: a) Sadece önceki film karesi kullanılarak gerçekleştirilen leke tespit sonucu b) Önceki ve sonraki film karesi kullanılarak gerçekleştirilen leke tespit sonucu.

Nicel sonuçlar için; Şekil 1.48, Şekil 1.49 ve Şekil 1.50’de verilen ROC eğrileri sırasıyla “futbol_1”, “futbol_2” ve “takvim” hareketli görüntü dizileri üzerinde doğru pozitif oranı ve yanlış pozitif oranı ortalama değerleri her bir eşik değeri için hesaplanarak elde edilmiştir. Şekil 1.48, Şekil 1.49 ve Şekil 1.50’den görülebileceği gibi en iyi nicel sonuçlar; HOG özniteliği [18], LBP özniteliği [18], bölge eşleştirme [6] ve SDI [5] ile karşılaştırıldığında Şekil 1.48 hariç önerilen yöntemle elde edilmiştir. Bununla birlikte, Şekil 1.48’de sonuçları verilen “futbol_1” hareketli görüntü dizisi sadece siyah lekelerden oluşmakta ve gerçek dünya problemlerine uymamaktadır.

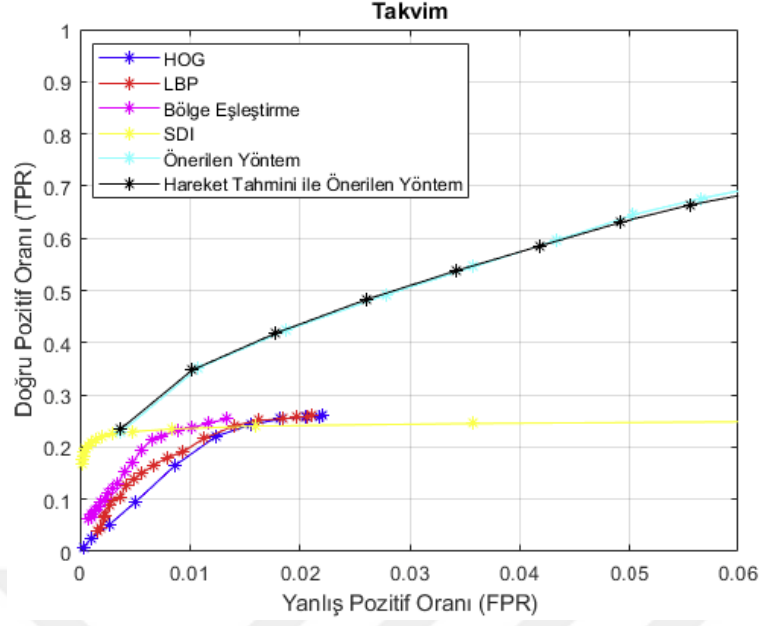
Burada [4]’te sunulan hareket kestirim yöntemi de önerilen yöntemle uygulandığında, sonuçlar Şekil 1.48 ve Şekil 1.49’de görüldüğü gibi değişmemektedir. Hareket kestiriminin hesaplama karmaşıklığını arttırdığından önerilen yöntem bu yönüyle avantaj sağlamıştır.



Şekil 1.48. Yapay olarak bozulmuş “futbol _1” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi



Şekil 1.49. Yapay olarak bozulmuş “futbol _2” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.



Şekil 1.50. Yapay olarak bozulmuş “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

Son olarak yöntemlerin nicel performanslarını değerlendirmek için ortalama duyarlılık, kesinlik ve FPR Tablo 1.1’de verilmiştir. Tablo 1.1’deki bu istatistiksel sonuçlar, önerilen yöntemin diğer yöntemlere göre üstünlüğünü göstermektedir [5, 6,18].

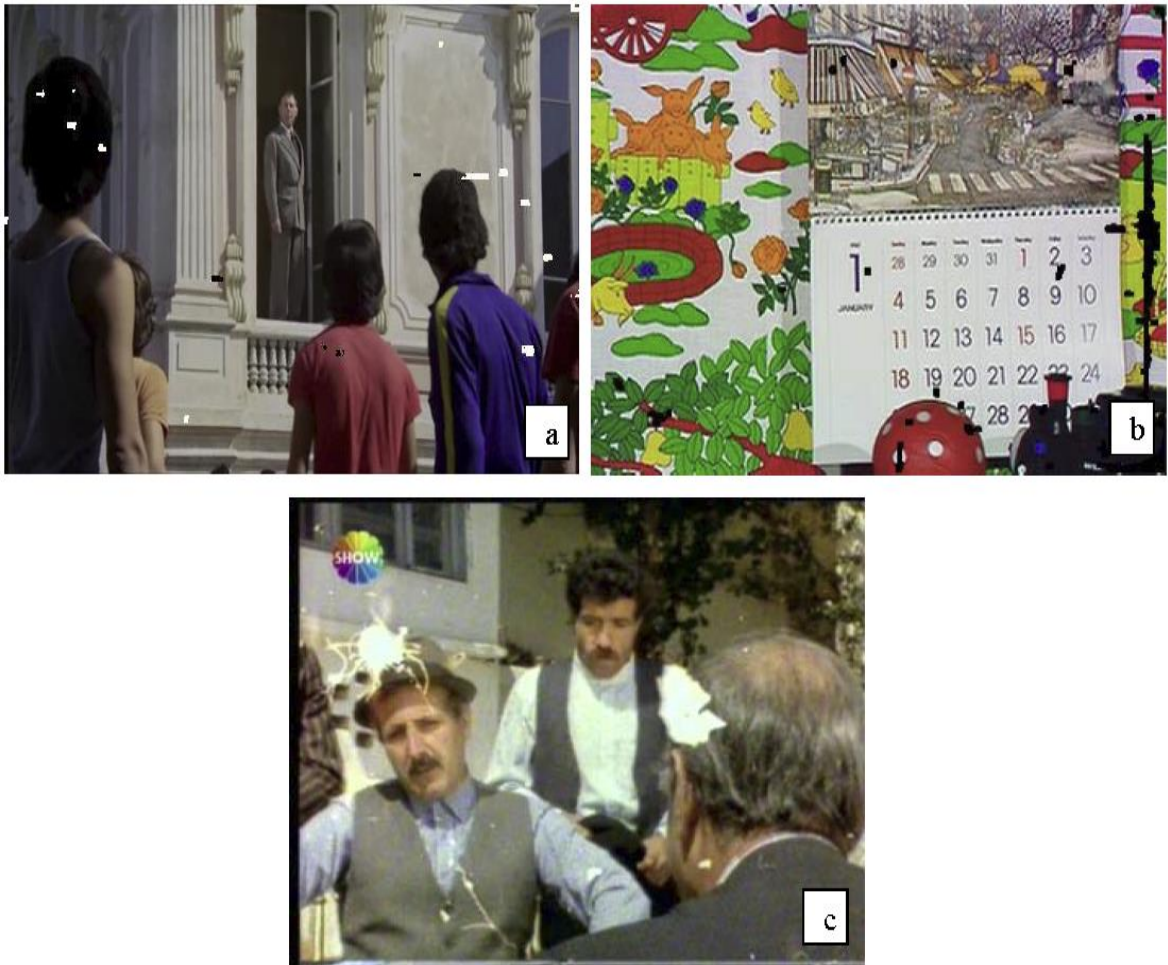
Tablo 1.1. Önerilen yöntem ve literatürdeki yöntemlerin duyarlılık, kesinlik ve FPR ortalama değerleri ile kıyaslanması:

Hareketli görüntü dizisi	Yöntem	Duyarlılık	Kesinlik	FPR
“futbol_1”	HOG Özniteliği [18]	0.8034	0.3320	0.0488
	LBP Özniteliği [18]	0.7415	0.3458	0.0483
	Bölge Eşleştirme[6]	0.8029	0.1177	0.0492
	SDI [5]	0.9694	0.1919	0.0369
	Önerilen Yöntem	0.8200	0.1305	0.0343
“futbol_2”	HOG Özniteliği [18]	0.3531	0.1250	0.0612
	LBP [18]	0.3740	0.1035	0.0675
	Bölge Eşleştirme[6]	0.3631	0.0492	0.0605
	SDI [5]	0.3738	0.0976	0.0429
	Önerilen Yöntem	0.9066	0.1316	0.0403
“takvim”	HOG Özniteliği [18]	0.2602	0.1163	0.0220
	LBP Özniteliği [18]	0.2602	0.1203	0.0211
	Bölge Eşleştirme[6]	0.2541	0.1719	0.0134
	SDI [5]	0.2452	0.0496	0.0358
	Önerilen Yöntem	0.3714	0.2383	0.0129

3.2. Görsel Dikkat Çekerlik Haritası Üzerinde ROD Algılayıcısı ile Leke Tespiti

Bu tez kapsamında; önerilen yöntem, bu literatürde sıklıkla kullanılan SROD [10] ve son yıllarda gerçekleştirilen blok tabanlı yöntem [18] ile 3 hareketli görüntü dizisi üzerinde kıyaslanmıştır. Kullanılan hareketli görüntü dizilerinden “takvim” hareketli görüntü dizisine siyah yapay lekeler, “hababam” hareketli görüntü dizisine ise siyah beyaz ve gri tonlarından oluşan yapay lekeler eklenmiştir. Ayrıca uygulamanın performansı gerçek lekeye sahip olan “yeşilçam_1” hareketli görüntü dizisi üzerinde de değerlendirilmiştir. Yapay eklenen lekeler farklı konumda, şekilde ve yoğunlukta dırlar.

Şekil 1.51.a “hababam” hareketli görüntü dizisi, Şekil 1.51.b “takvim” hareketli görüntü dizisi ve son olarak Şekil 1.51.c “yeşilçam_1” hareketli görüntü dizisinde bulunan örnek görüntülerdir.



Şekil 1.51. Kullanılan hareketli görüntü dizileri: a) “hababam” hareketli görüntü dizisi, b) “takvim” hareketli görüntü dizisi ve c) “yeşilçam_1” hareketli görüntü dizisi.

Uygulamanın ilk adımında VSF [65] yöntemi ile elde edilen dikkat çekerlik harita görüntüleri Şekil 1.52’de sunulmuştur.

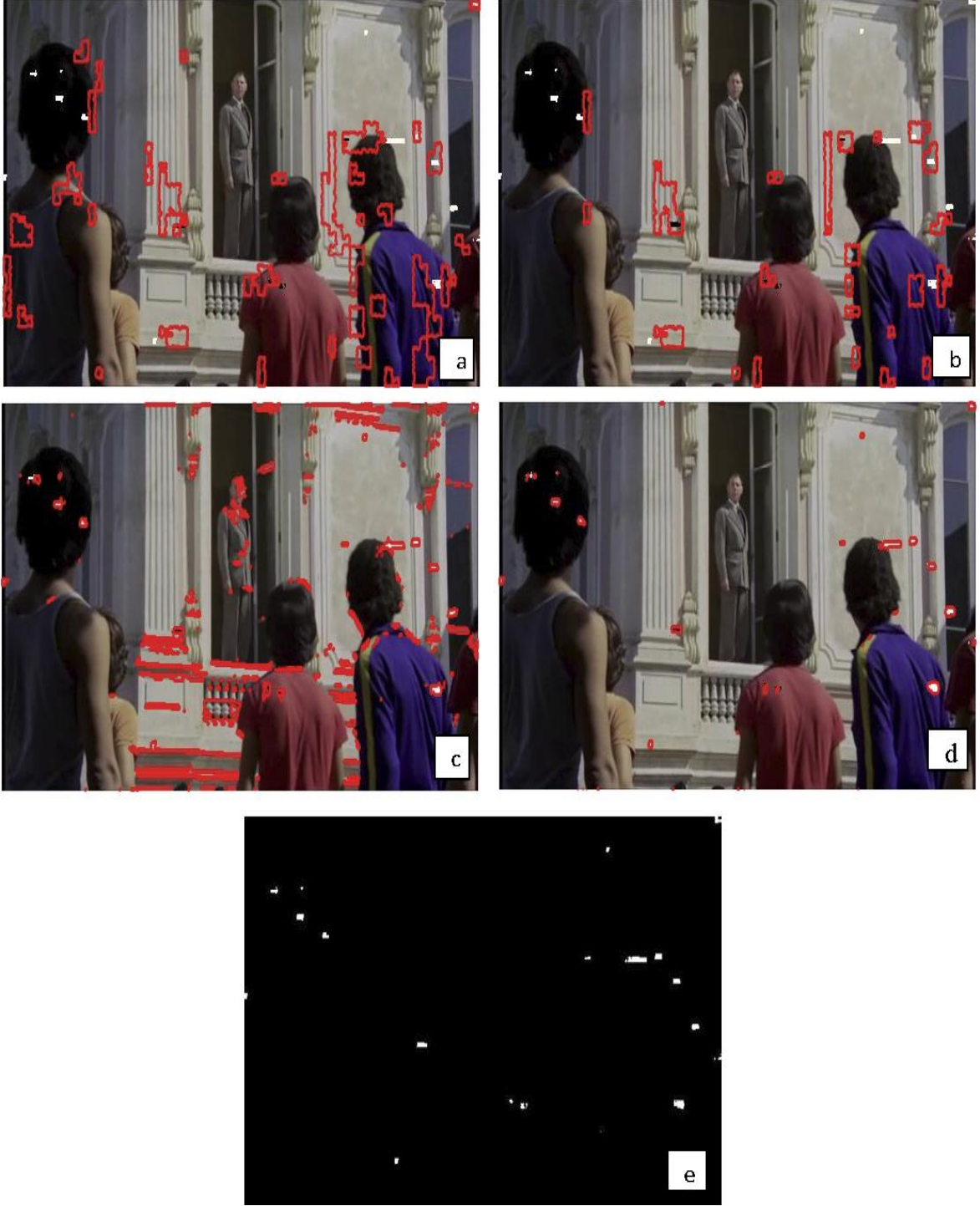


Şekil 1.52. Kullanılan dikkat çekerlik harita görüntüleri: a) "hababam" hareketli görüntü dizisinin dikkat çekerlik harita görüntüsü, b) "takvim" hareketli görüntü dizisinin dikkat çekerlik harita görüntüsü ve c) "yeşilçam_1" hareketli görüntü dizisinin dikkat çekerlik harita görüntüsü.

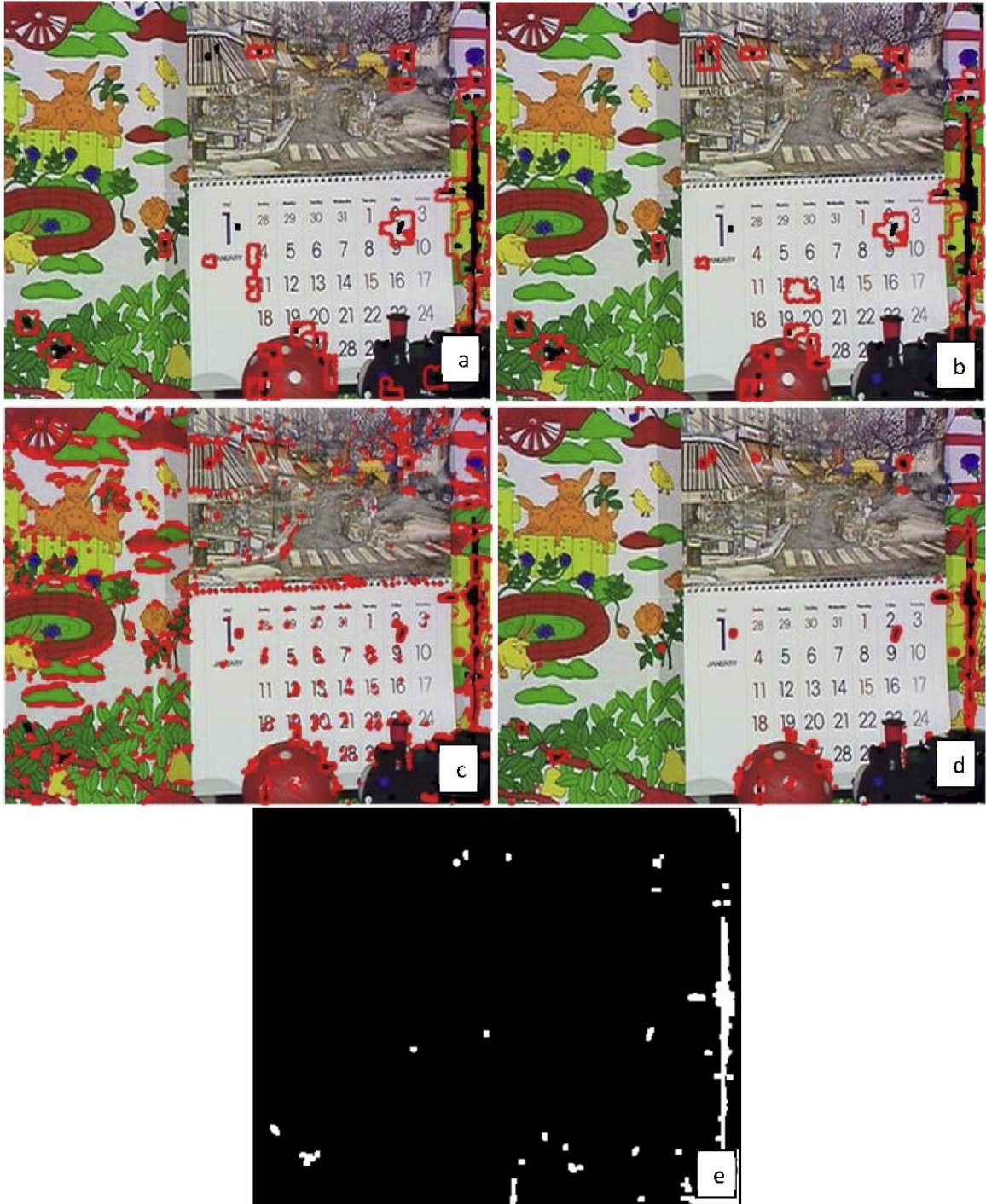
Şekil 1.52’de görüldüğü gibi dikkat çekerlik harita görüntülerinde aday lekeli bölgelerin konumu tespit edilmiştir. İkinci adımda ise lekeli bölgelerin tespiti için ROD algılayıcısı kullanılmıştır. Performans ölçütü için ROC eğrisi kullanılmıştır. ROC eğrisinde y eksenini duyarlılık (TPR), x eksenini ise yanlış pozitif oranı (FPR) değerlerini göstermektedir. Bu değerler farklı eşik değerleri için hareketli görüntü dizilerinde bulunan tüm görüntülerin TPR ve FPR değerlerinin ortalaması ile elde edilmiştir. Duyarlılık değeri tespit edilen lekeli bölgenin gerçekte lekeli olan bölgeye oranını göstermektedir. Yanlış

pozitif oranı ise yanlış tespit edilen lekeli bölgenin tüm lekesiz bölgeye orantısını göstermektedir.

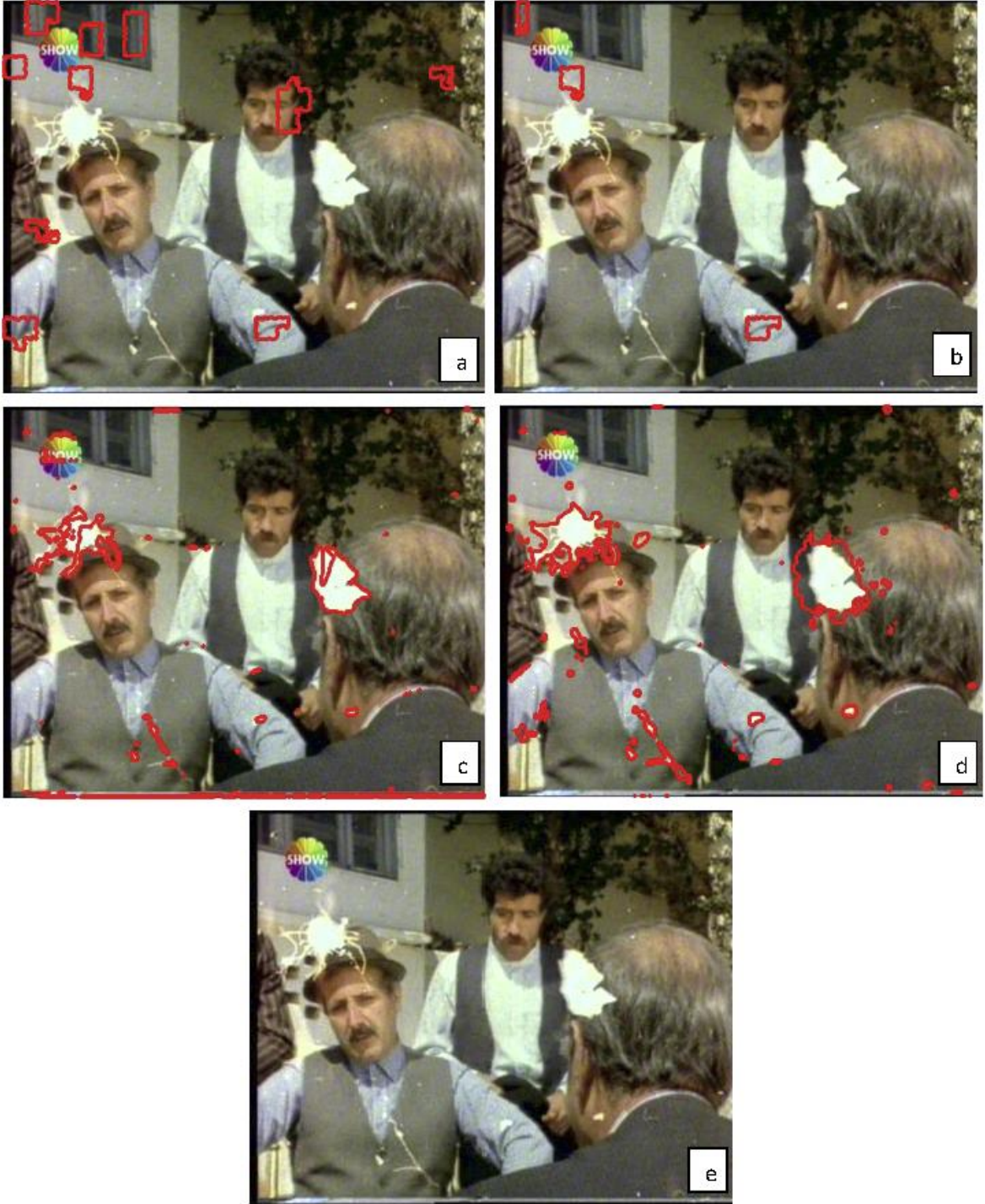
Şekil 1.53.a, Şekil 1.54.a ve Şekil 1.55.a; HOG özniteliğine dayalı leke tespit uygulamasının [18] sonuçlarını göstermektedir. Şekil 1.53.b, Şekil 1.54.b ve Şekil 1.55.b; LBP özniteliğine dayalı leke tespit uygulamasının [18] sonuçlarını göstermektedir. Şekil 1.53.c, Şekil 1.54.c ve Şekil 1.55.c; SROD algılayıcısı [10] ile gerçekleştirilen leke tespit çalışmasının sonuçlarını göstermektedir. Diğer yandan Şekil 1.53.d, Şekil 1.54.d ve Şekil 1.55.d; önerilen yöntem ile gerçekleştirilen leke tespit çalışmasının sonuçlarını göstermektedir. Kırmızı renkli bölgeler tespit edilen lekeli bölgeleri göstermektedir. Şekil 1.53.e, Şekil 1.54.e'de; lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüleri verilmiştir. Şekil 1.55.e'de ise lekeli olan özgün görüntü verilmiştir.



Şekil 1.53. “hababam” hareketli görüntü dizisi için farklı renkli yapay leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG öz niteliği, b) LBP öz niteliği, c) SROD, d) Önerilen yöntem ve e) Lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüsü.



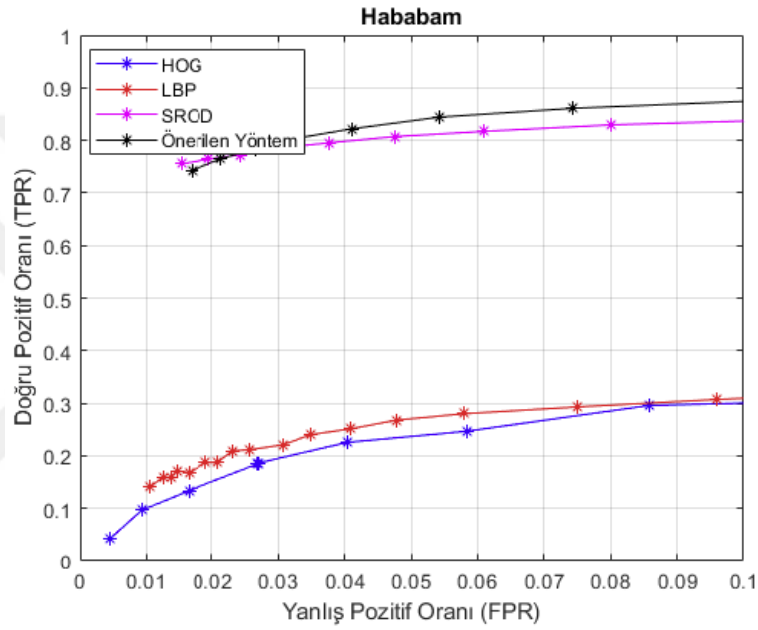
Şekil 1.54. “takvim” hareketli görüntü dizisi için siyah renkli yapay leke tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özneliği, b) LBP özneliği, c) SROD, d) Önerilen yöntem ve e) Lekeli bölgeleri gösteren maske görüntüsü.



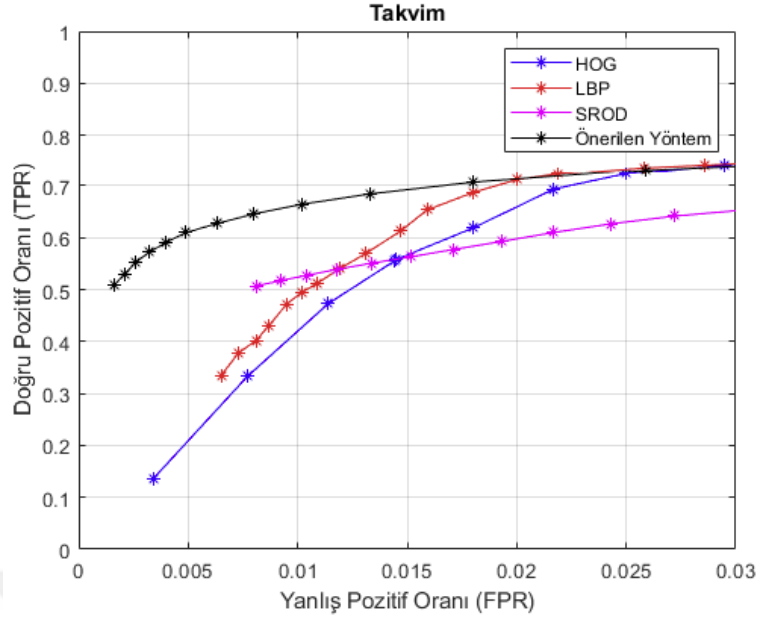
Şekil 1.55. “yeşilçam” hareketli görüntü dizisi için tespit çalışmalarının sonuçları: a) HOG özniteliği, b) LBP özniteliği, c) SROD, d) Önerilen yöntem ve e) Gerçekte lekeli olan özgün görüntü.

Şekil 1.53, Şekil 1.54 ve Şekil 1.55’te görüldüğü gibi HOG ve LBP [18] özniteliği ile gerçekleştirilen uygulama sadece siyah lekelerden oluşan film karelerinde başarı gösterirken farklı tonlarda bulunan lekeleri tespit etmede aynı oranda başarı

gösterememektedir. SROD [10] ile gerçekleştirilen leke tespit sonuçları, renk tonuna bağlı olarak değişmemesine rağmen önerilen yöntem ile yanlış leke tespit etme oranı azaltıldığından daha avantajlı olduğu gözlemlenmiştir. Yapay lekelerden oluşan “hababam” ve “takvim” hareketli görüntü dizisine ait maske görüntüleri var olduğundan hareketli görüntü dizilerine ait ROC eğrileri sırasıyla Şekil 1.56 ve Şekil 1.57’de verilmiştir. Diğer taraftan ”yeşilçam_1” hareketli görüntü dizisine ait maske görüntüleri bulunmadığından ROC eğrisi çizilememiştir.



Şekil 1.56. Lekelerin yapay olarak eklendiği “hababam” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.



Şekil 1.57. Lekelerin yapay olarak eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

Şekil 1.56 ve Şekil 1.57’de görüldüğü gibi önerilen yöntem diğer yöntemlere [10,18] göre daha başarılı bir algılama gerçekleştirmiştir.

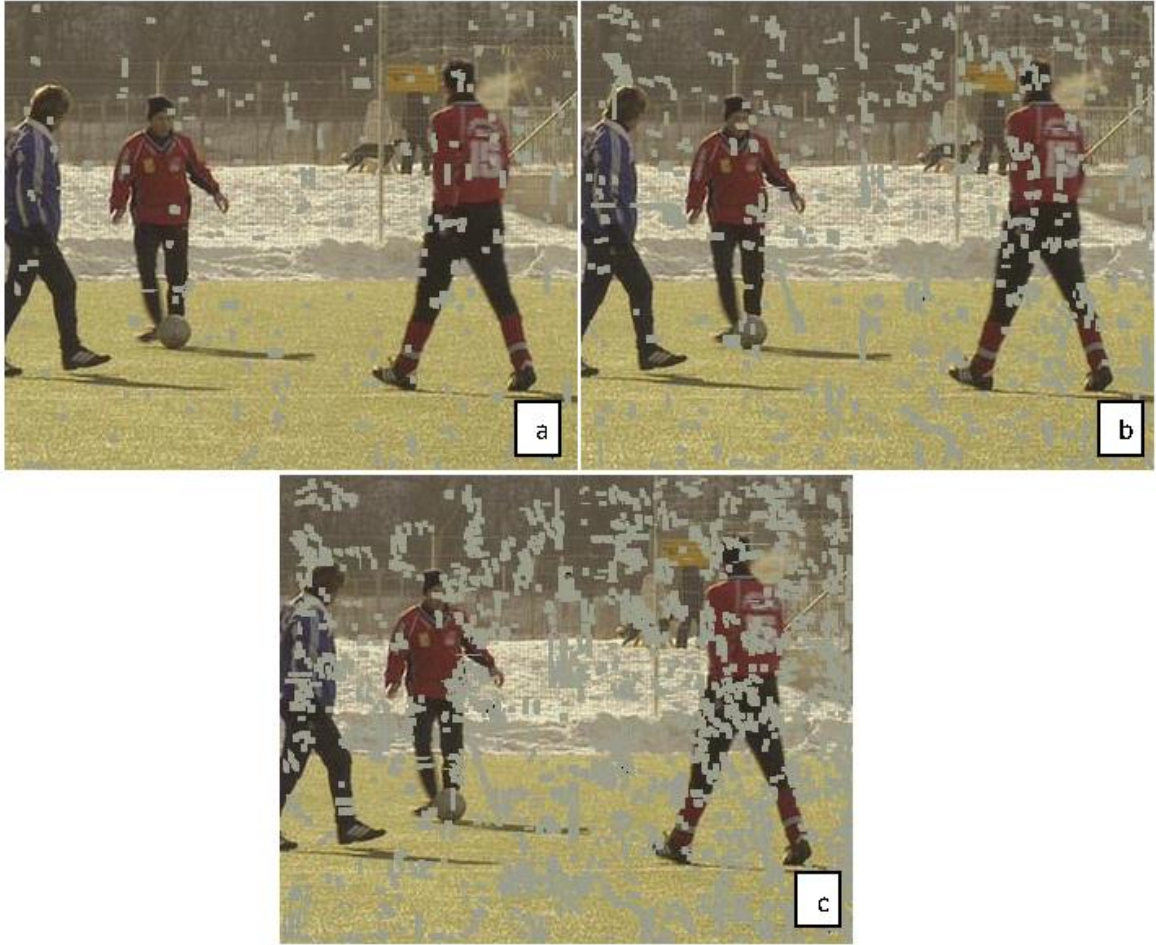
3.3. Görsel Dikkat Çekerlik Haritası Tabanlı Leke Tespit Uygulamalarının Başarım Analizi

Bu bölümde tez kapsamında geliştirilen leke tespit uygulamaları (görsel dikkat çekerlik haritası tabanlı arşiv filmlerinde leke tespiti uygulaması (belirginlik-yama) ve görsel dikkat çekerlik haritası üzerinde ROD algılayıcısı (belirginlik-ROD)), yapay lekelerin eklendiği ‘futbol’ hareketli görüntü dizisi ve ‘takvim’ hareketli görüntü kullanılarak blok tabanlı yöntemler [6, 18] ve literatürde sıklıkla kullanılan temel yöntemler [5,10] ile kıyaslanmıştır. Yapay lekelerin farklı oran ve renklerde eklendiği hareketli görüntü dizileri üzerinde leke tespit uygulamalarının performansları kıyaslanmıştır. Her bir hareketli görüntü dizisine sadece siyah, sadece beyaz ve sadece gri tonlarından oluşan yapay lekeler film karelerinde bulunan piksel sayısının %5’ini, %15’ini ve %30’unu oluşturacak şekilde eklenmiştir. Böylece bu 3 farklı renk tonundan oluşan yapay lekelerin 3 farklı oranda 2 hareketli görüntü dizisine eklenmesi ile elde edilen toplam 18 hareketli görüntü dizisi üzerinde performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

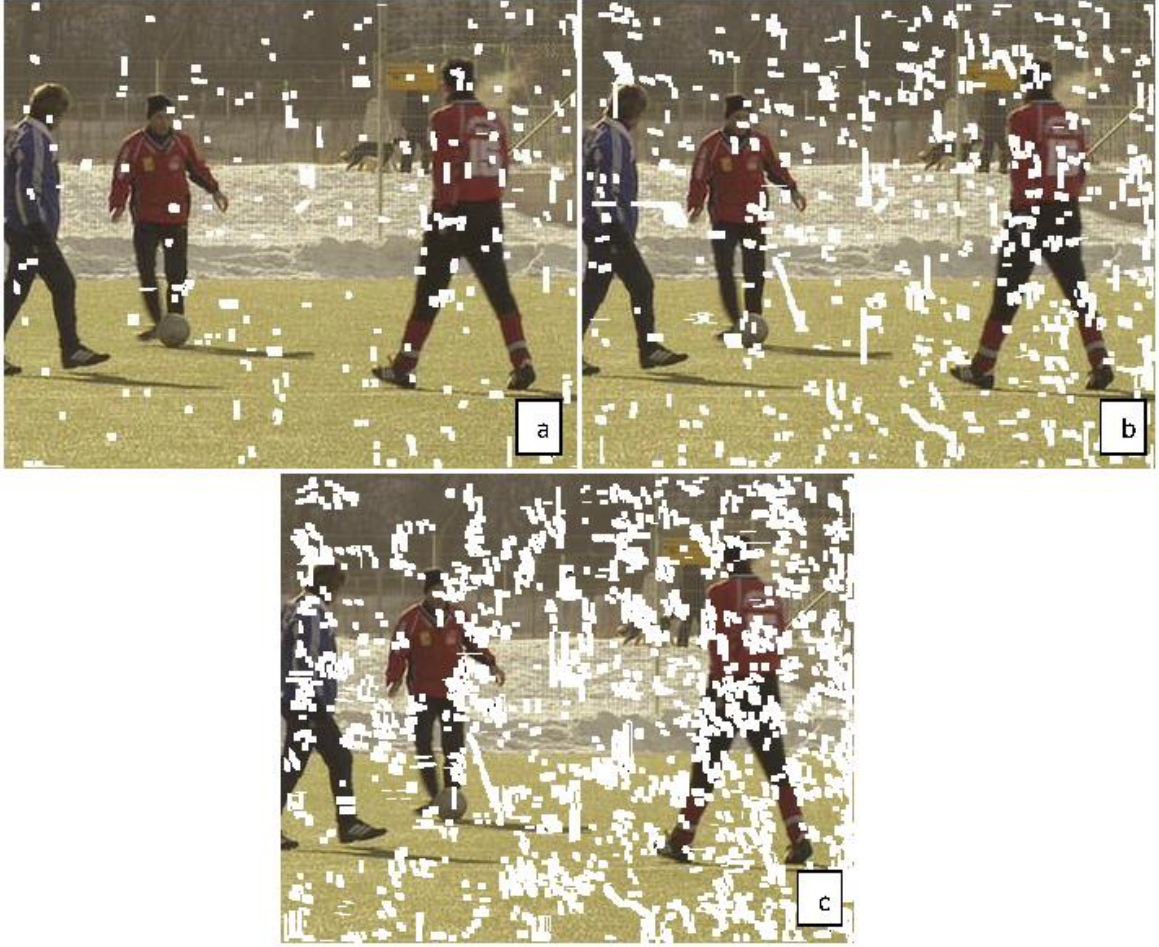
Şekil 1.58.a, Şekil 1.59.a ve Şekil 1.60.a'da piksel sayısının %5'i kadar yapay leke eklenmiş 'futbol' hareketli görüntü dizisine ait örnek görüntüler verilmiştir. Şekil 1.58.b, Şekil 1.59.b ve Şekil 1.60.b'de piksel sayısının %15'i kadar yapay leke eklenmiş 'futbol' hareketli görüntü dizisine ait örnek görüntüler verilmiştir. Şekil 1.58.c, Şekil 1.59.c ve Şekil 1.60.c'de ise piksel sayısının %30'u kadar leke eklenmiş 'futbol' hareketli görüntü dizisine ait örnek görüntüler verilmiştir. Sadece siyah yapay lekelerin eklendiği hareketli görüntü dizisine ait örnek film karesi Şekil 1.58'de, sadece gri lekelerin eklendiği hareketli görüntü dizisine ait örnek film karesi Şekil 1.59'de, sadece beyaz lekelerin eklendiği hareketli görüntü dizisine ait örnek film karesi Şekil 1.60'da verilmiştir.



Şekil 1.58. Performans karşılaştırması için kullanılan siyah yapay lekeler eklenmiş 'futbol' hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5'i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15'i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30'u kadar lekeye sahip film karesi



Şekil 1.59. Performans karşılaştırması için kullanılan gri yapay lekeler eklenmiş ‘futbol’ hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5’i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15’i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30’u kadar lekeye sahip film karesi.



Şekil 1.60. Performans karşılaştırması için kullanılan beyaz yapay lekeler eklenmiş ‘futbol’ hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5’i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15’i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30’u kadar lekeye sahip film karesi

Şekil 1.61.a, Şekil 1.62.a ve Şekil 1.63.a’da piksel sayısının %5’i kadar yapay leke eklenmiş ‘takvim’ hareketli görüntü dizisine ait örnek film kareleri verilmiştir. Şekil 1.61.b, Şekil 1.62.b ve Şekil 1.63.b’de piksel sayısının %15’i kadar yapay leke eklenmiş ‘takvim’ hareketli görüntü dizisine ait örnek film kareleri verilmiştir. Şekil 1.61.c, Şekil 1.62.c ve Şekil 1.63.c’de ise piksel sayısının %30’u kadar leke eklenmiş ‘takvim’ hareketli görüntü dizisine ait örnek film kareleri verilmiştir. Sadece siyah yapay lekelerden oluşan hareketli görüntü dizisine ait örnek film karesi Şekil 1.61’de, sadece gri lekelerden oluşan hareketli görüntü dizisine ait örnek film karesi Şekil 1.62’de, sadece beyaz yapay lekelerden oluşan hareketli görüntü dizisine ait örnek film karesi ise Şekil 1.63’de verilmiştir.



Şekil 1.61. Performans karşılaştırması için kullanılan siyah yapay lekeler eklenmiş 'takvim' hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5'i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15'i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30'u kadar lekeye sahip film karesi

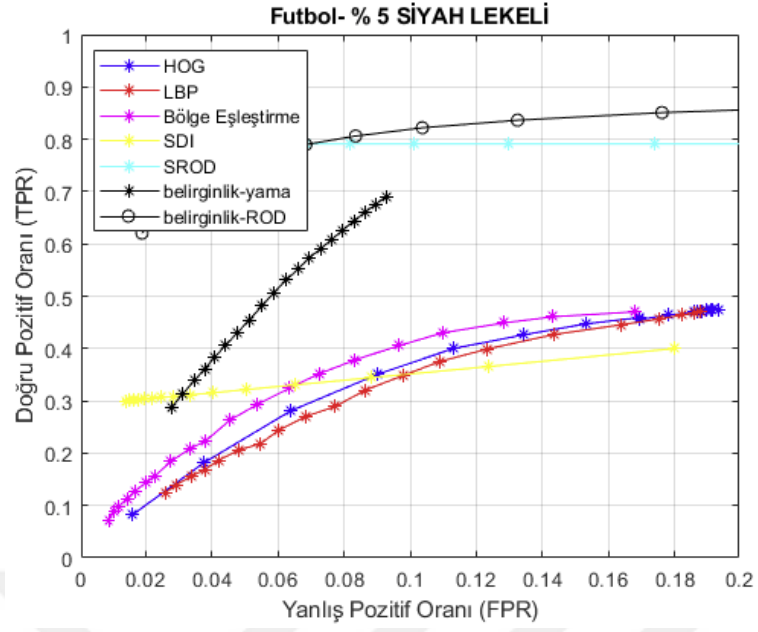


Şekil 1.62. Performans karşılaştırması için kullanılan gri yapay lekeler eklenmiş ‘takvim’ hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5’i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15’i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30’u kadar lekeye sahip film karesi

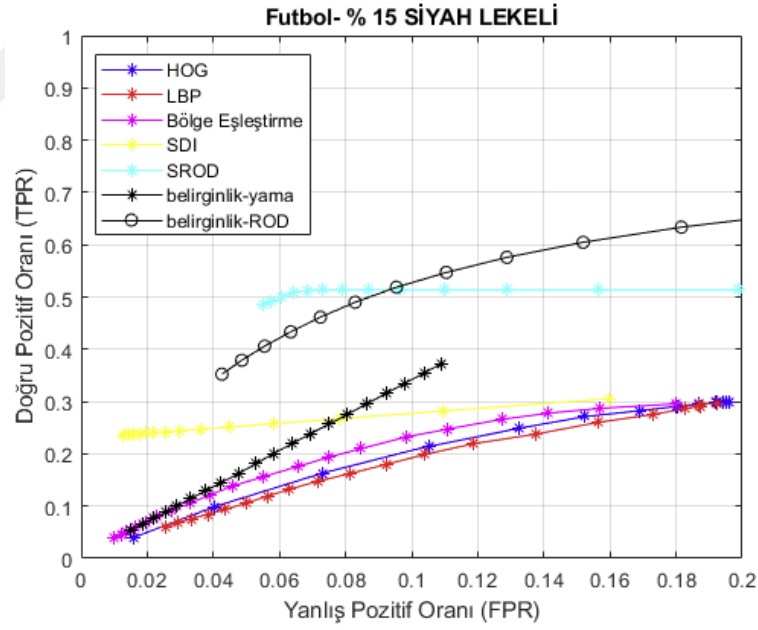


Şekil 1.63. Performans karşılaştırması için kullanılan beyaz yapay lekeler eklenmiş ‘takvim’ hareketli görüntü dizisi: a) Piksel sayısının %5’i kadar lekeye sahip film karesi b) Piksel sayısının %15’i kadar lekeye sahip film karesi ve c) Piksel sayısının %30’u kadar lekeye sahip film karesi

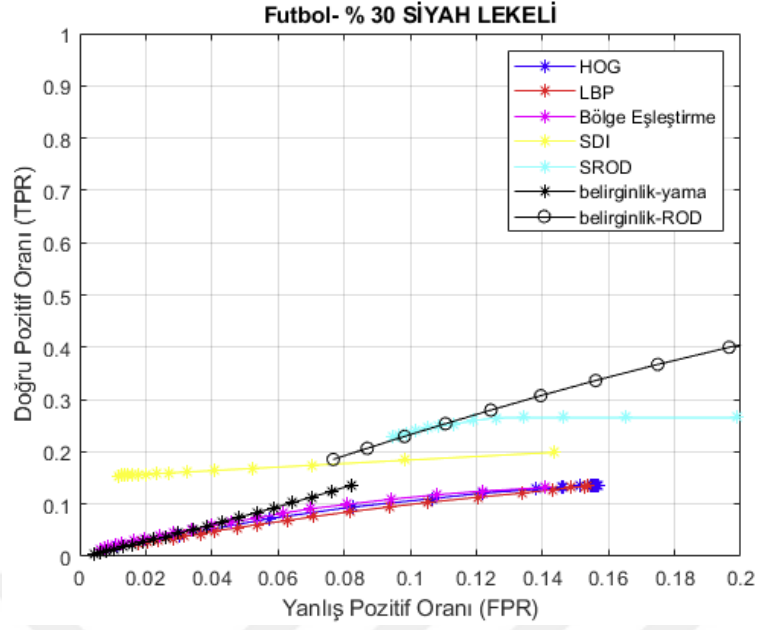
Piksel sayısının %5’ini, %15’ini ve %30’unu oluşturacak biçimde eklenmiş siyah yapay lekelerle sahip olan ‘futbol’ hareketli görüntü dizisine ait ROC eğrileri Şekil 1.64, Şekil 1.65 ve Şekil 1.66’te verilmiştir. ROC eğrilerinden görüldüğü gibi belirgin-ROD yöntemi en başarılı yöntem olmuştur.



Şekil 1.64. Piksel sayısının %5'i kadar siyah yapay lekelerin eklendiği "futbol" hareketli görüntü 3dizisi için ROC eğrisi.

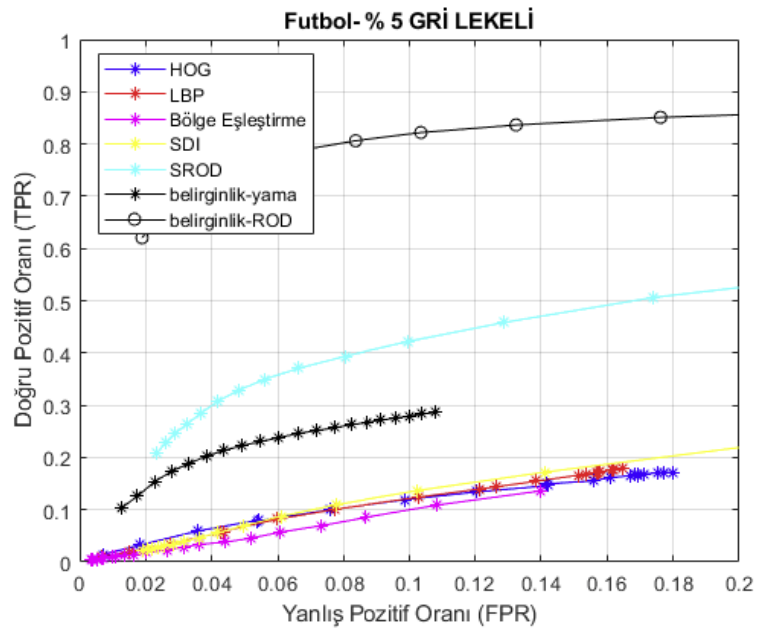


Şekil 1.65. Piksel sayısının %15'i kadar siyah yapay lekelerin eklendiği "futbol" hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

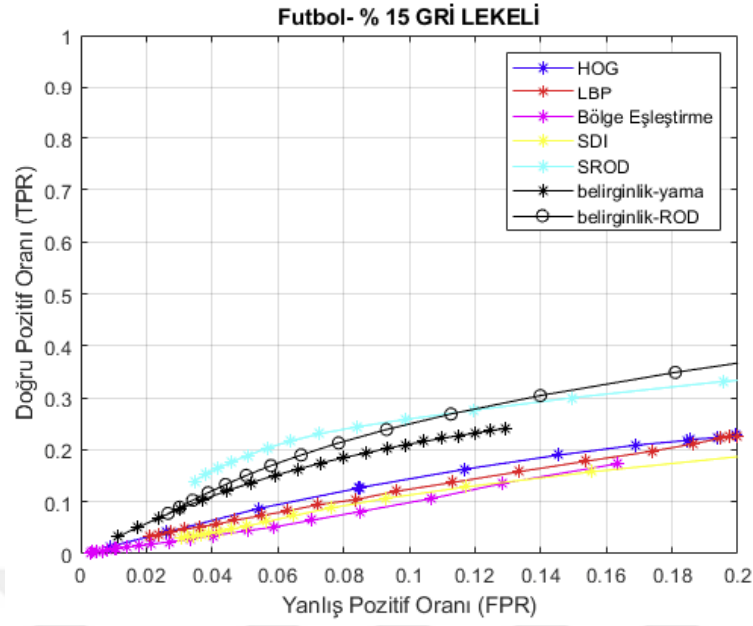


Şekil 1.66. Piksel sayısının %30'u kadar siyah yapay lekelerin eklendiği "futbol" hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

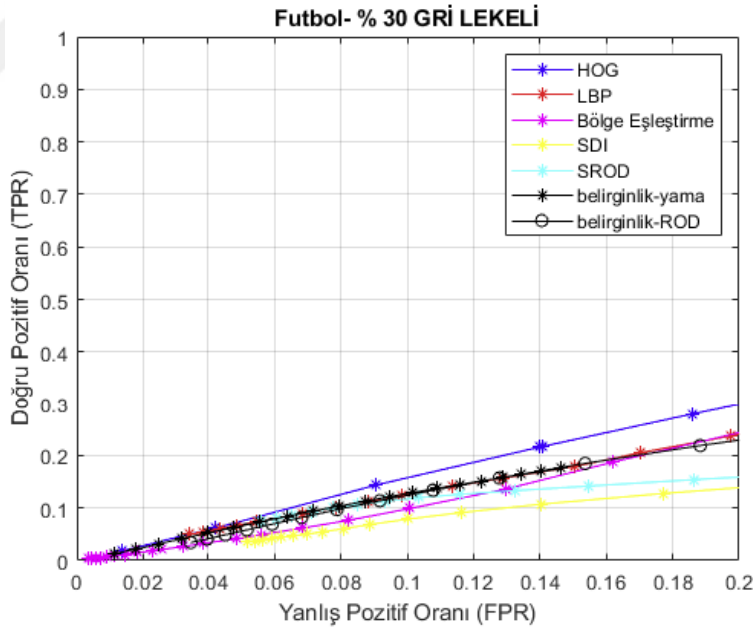
Piksel sayısının %5'ini, %15'ini ve %30'unu oluşturacak biçimde eklenmiş gri yapay lekelerle sahip olan 'futbol' hareketli görüntü dizisine ait ROC eğrileri sırasıyla Şekil 1.67, Şekil 1.68 ve Şekil 1.69'de verilmiştir.



Şekil 1.67. Piksel sayısının %5'i kadar gri yapay lekelerin eklendiği "futbol" hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

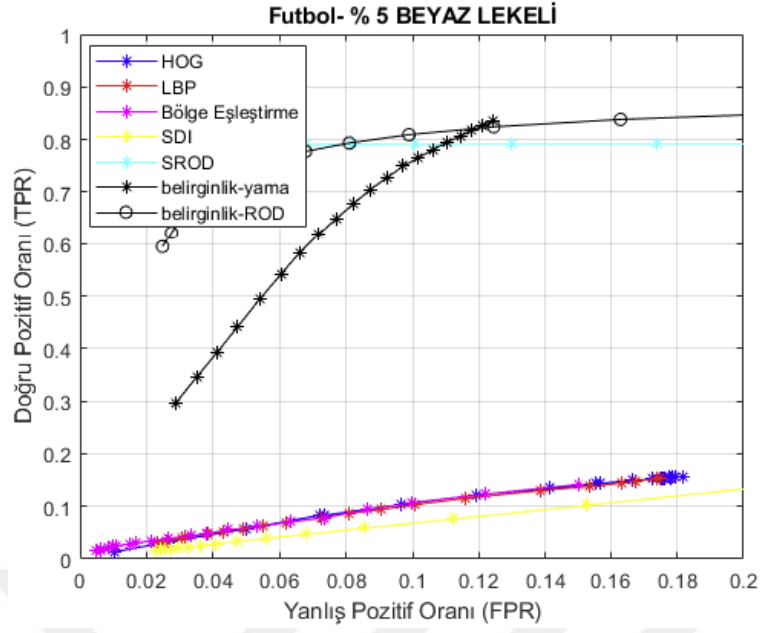


Şekil 1.68. Piksel sayısının %15'i kadar gri yapay lekelerin eklendiği "futbol" hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi

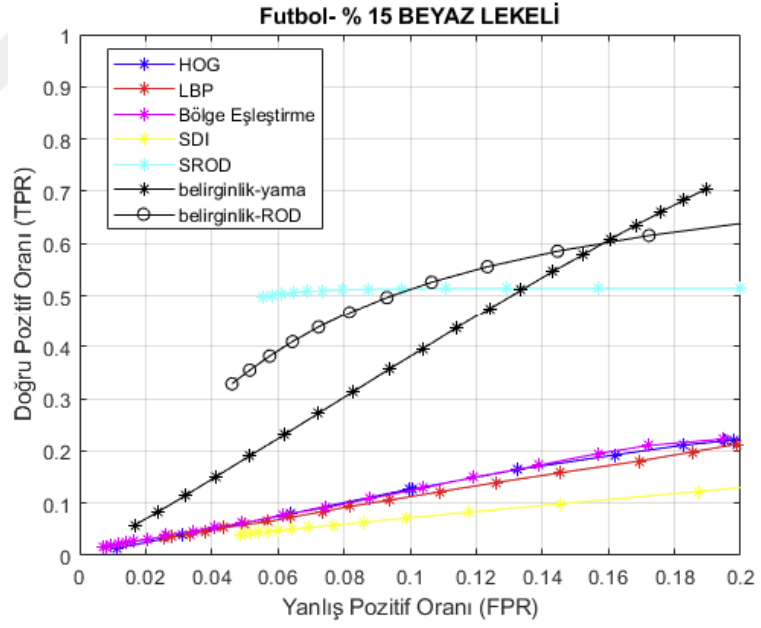


Şekil 1.69. Piksel sayısının %30'u kadar gri yapay lekelerin eklendiği "futbol" hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

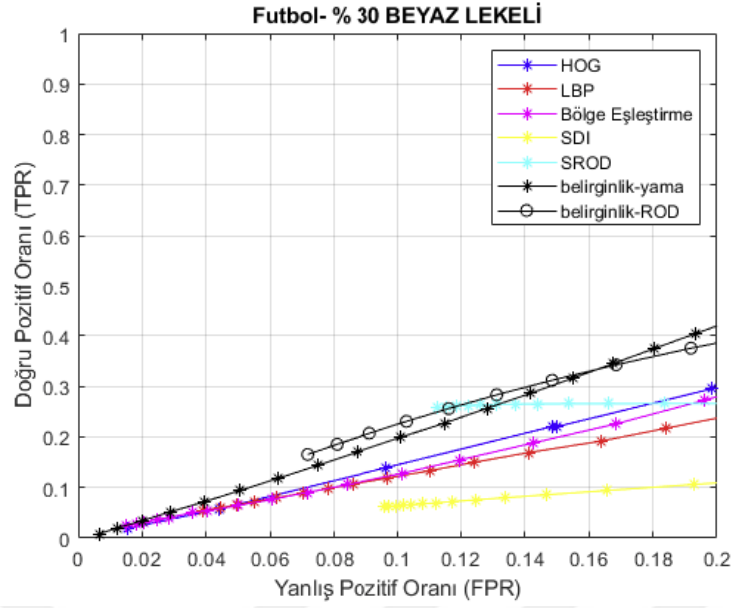
Piksel sayısının %5'ini, %15'ini ve %30'unu oluşturacak biçimde eklenmiş beyaz yapay lekelerle sahip olan 'futbol' hareketli görüntü dizisine ait ROC eğrileri sırasıyla Şekil 1.70, Şekil 1.71 ve Şekil 1.72'de verilmiştir.



Şekil 1.70. Piksel sayısının %5'i kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği "futbol" hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

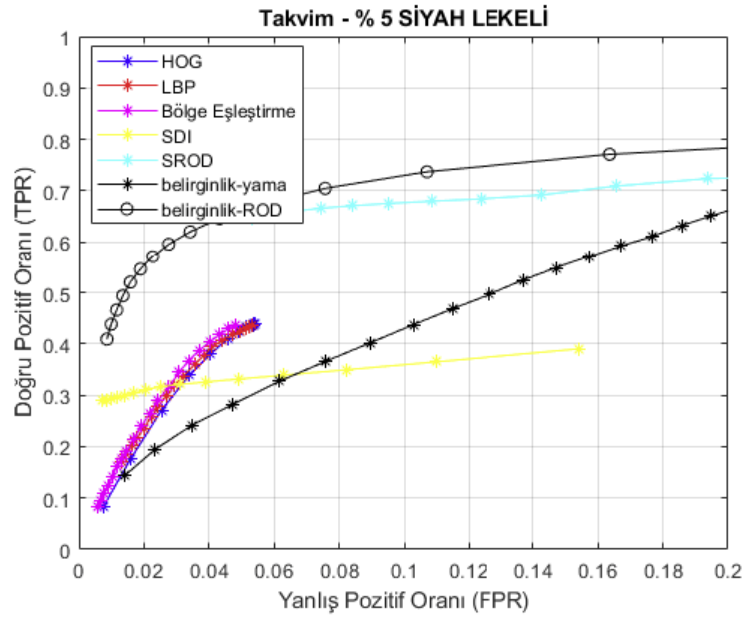


Şekil 1.71. Piksel sayısının %15'i kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği "futbol" hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi

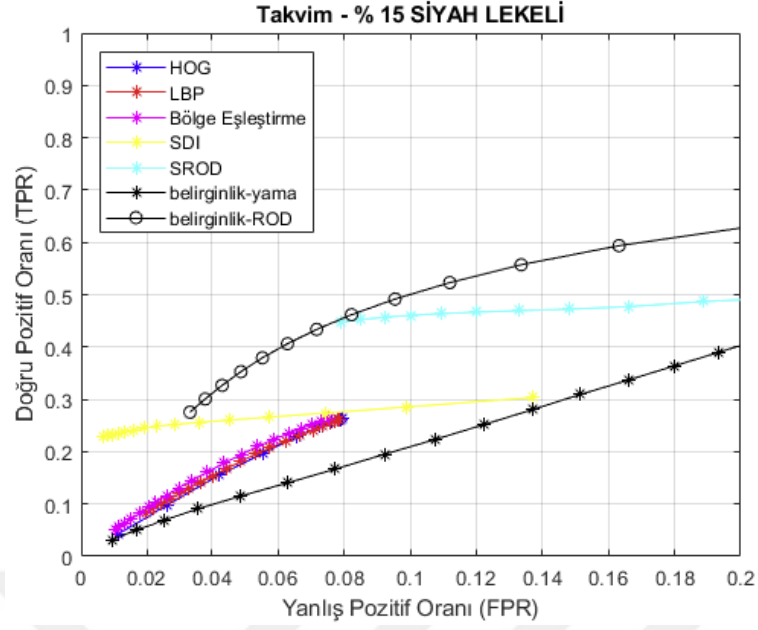


Şekil 1.72. Piksel sayısının %30'u kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği “futbol” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

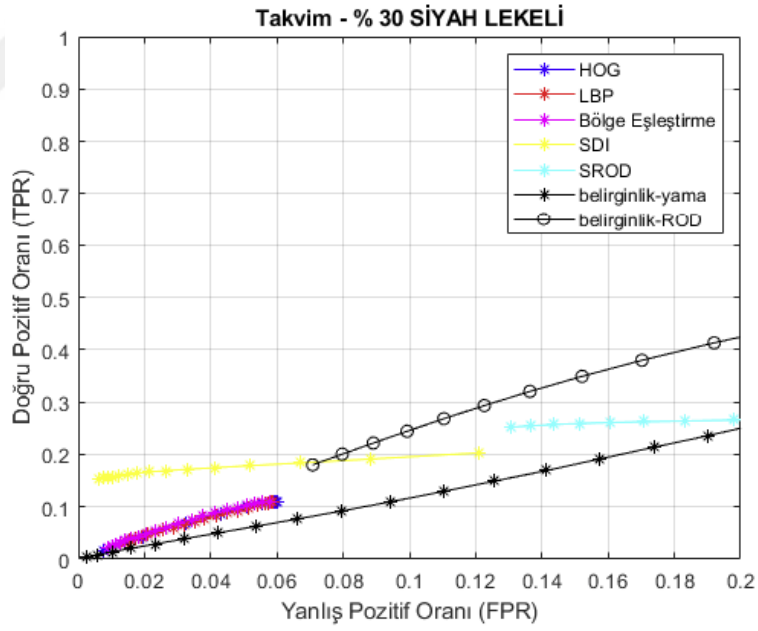
Piksel sayısının %5'ini, %15'ini ve %30'unu oluşturacak biçimde eklenmiş siyah yapay lekelerle sahip olan ‘takvim’ hareketli görüntü dizisine ait ROC eğrileri Şekil 1.73, Şekil 1.74 ve Şekil 1.75'te verilmiştir. ROC eğrilerinden görüldüğü gibi belirgin-ROD yöntemi en başarılı yöntem olmuştur.



Şekil 1.73. Piksel sayısının %5'i kadar siyah yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi

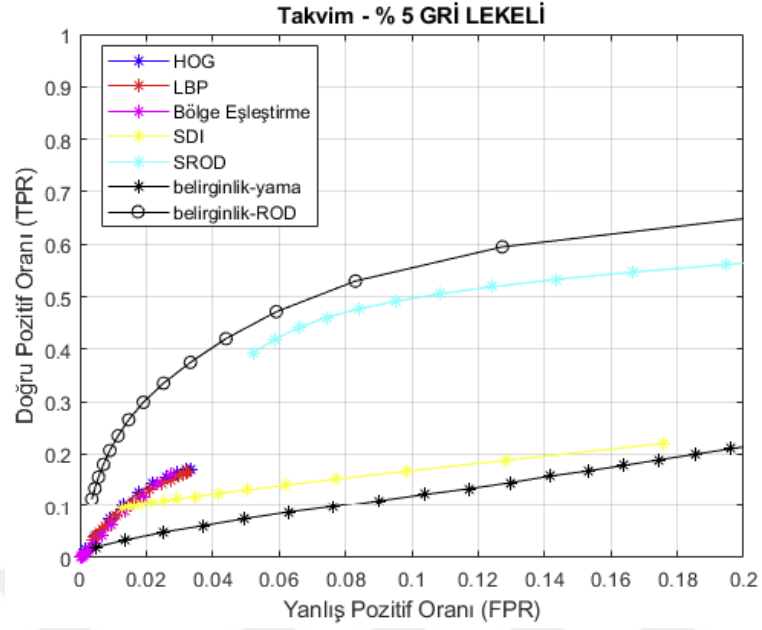


Şekil 1.74. Piksel sayısının %15'i kadar siyah yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

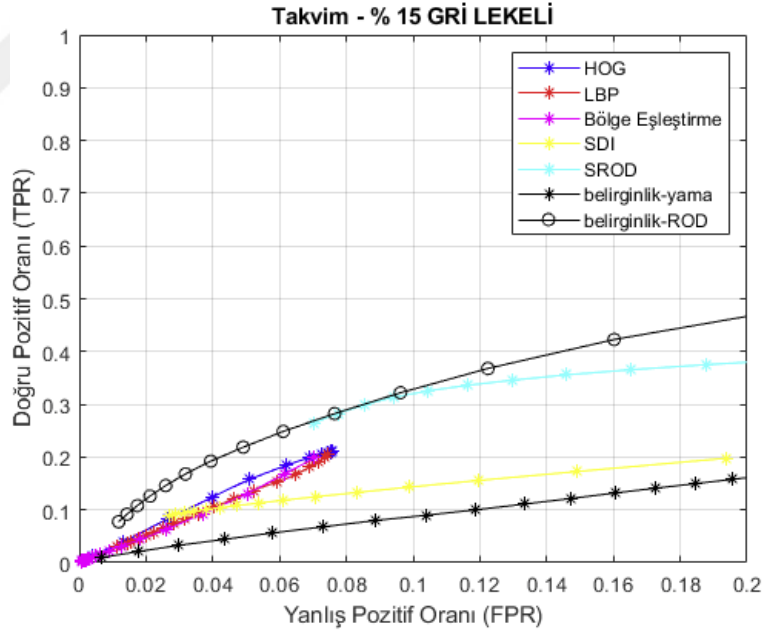


Şekil 1.75. Piksel sayısının %30'u kadar siyah yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

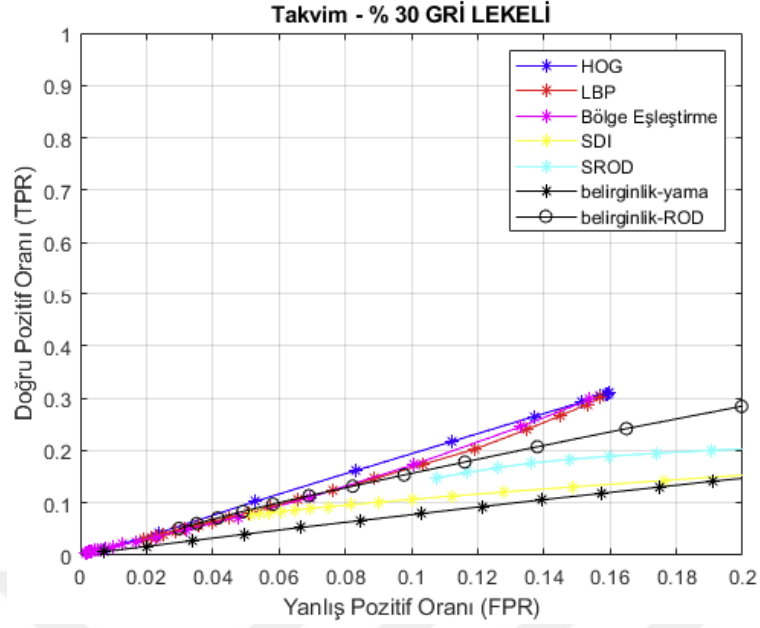
Piksel sayısının %5'i, %15'i ve %30'u kadar eklenmiş gri yapay lekelerle sahip olan ‘takvim’ hareketli görüntü dizisine ait ROC eğrileri sırasıyla Şekil 1.76, Şekil 1.77 ve Şekil 1.78’de verilmiştir.



Şekil 1.76. Piksel sayısının %5'i kadar gri yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

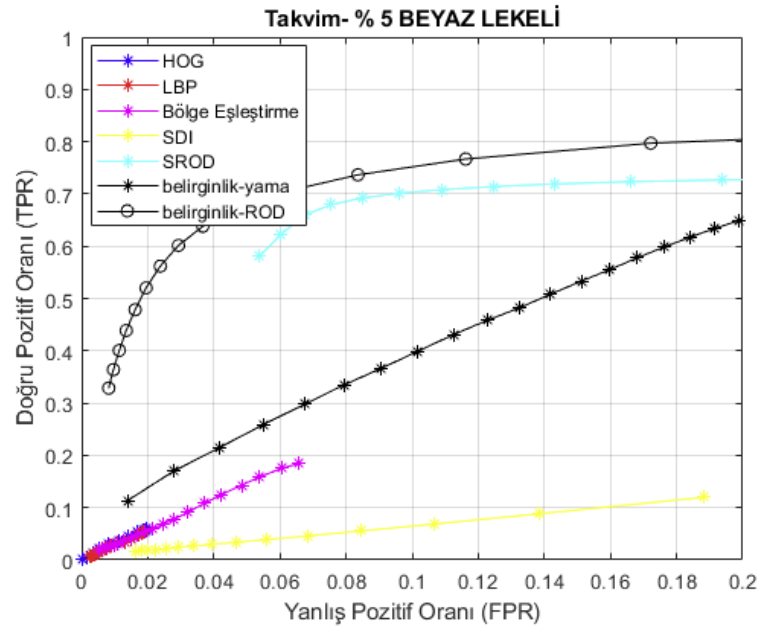


Şekil 1.77. Piksel sayısının %15'i kadar gri yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

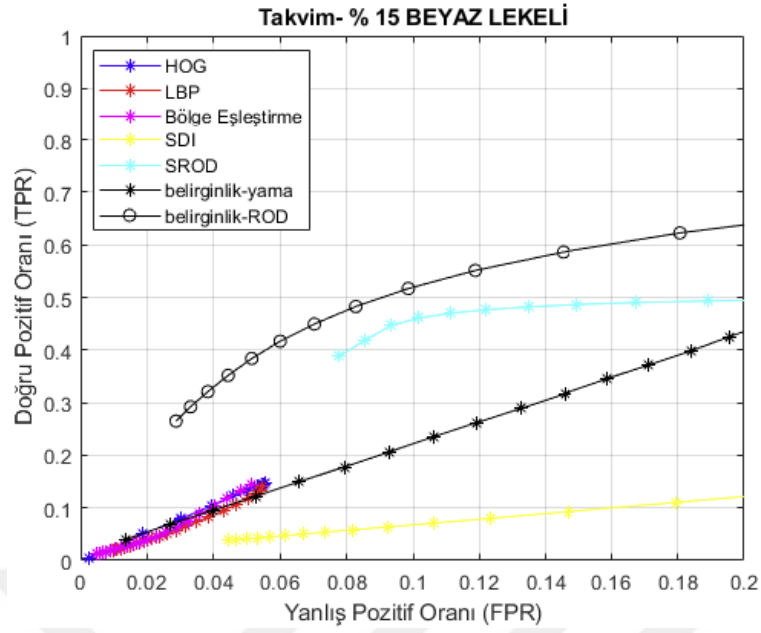


Şekil 1.78. Piksel sayısının %30'u kadar gri yapay lekelerin eklendiği "takvim" hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

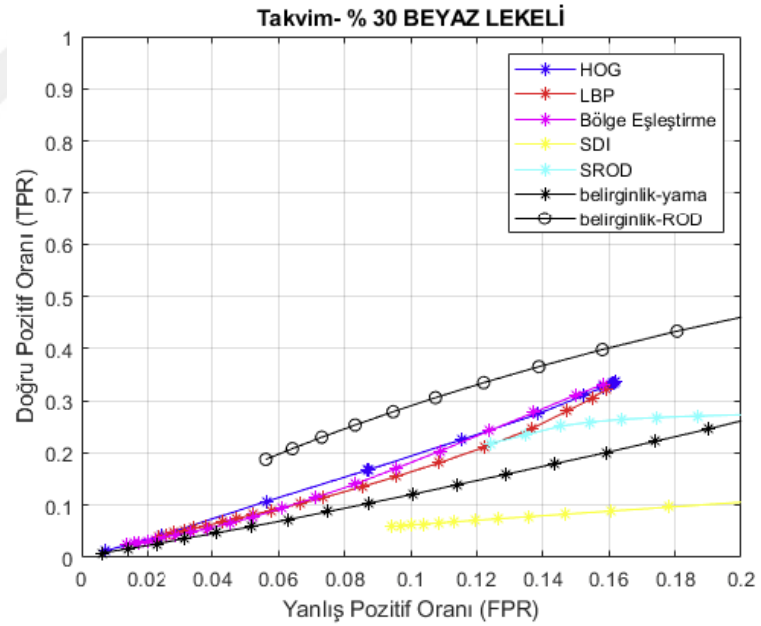
Piksel sayısının %5'ini, %15'ini ve %30'unu oluşturacak biçimde eklenmiş beyaz yapay lekelerle sahip olan 'takvim' hareketli görüntü dizisine ait ROC eğrileri sırasıyla Şekil 1.79, Şekil 1.80 ve Şekil 1.81'da verilmiştir.



Şekil 1.79. Piksel sayısının %5'i kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği "takvim" hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.



Şekil 1.80. Piksel sayısının %15'i kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

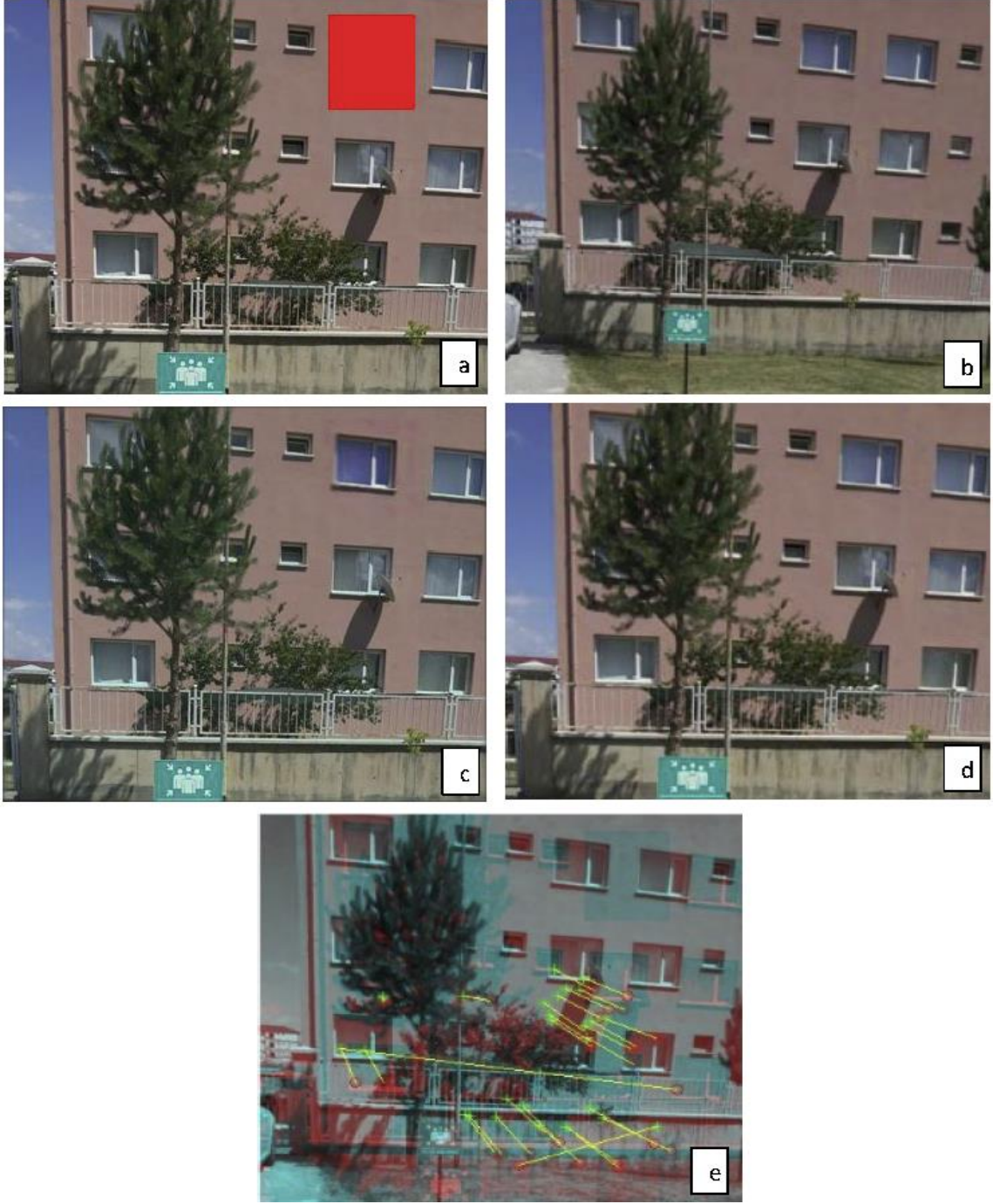


Şekil 1.81. Piksel sayısının %30'u kadar beyaz yapay lekelerin eklendiği “takvim” hareketli görüntü dizisi için ROC eğrisi.

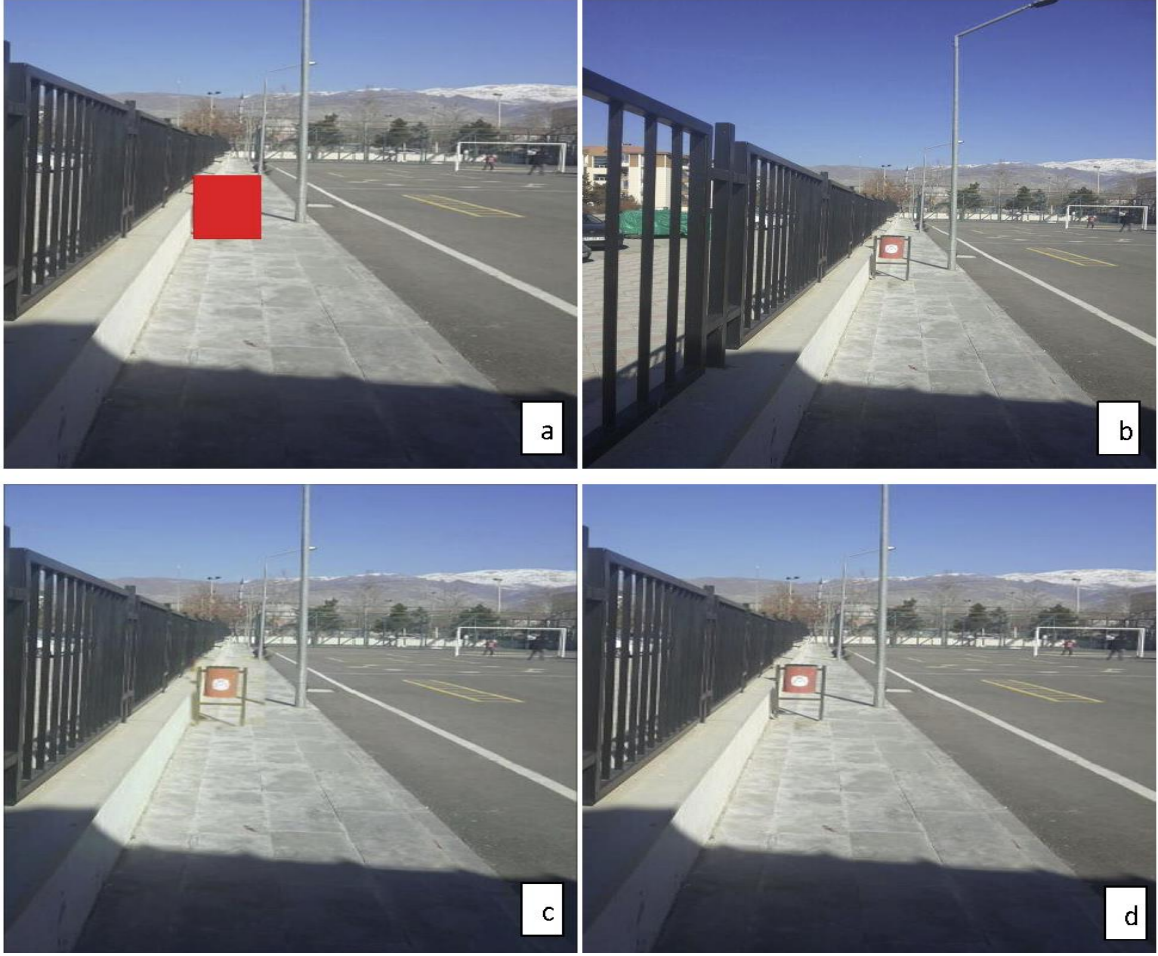
Kullanılan hareket dizilerinin ROC eğrilerinde görüldüğü gibi en başarılı yöntem genel olarak belirginlik-ROD yöntemi olmuştur.

3.4. Yerel Öznitelik Çıkarımı ile Görüntü İçboyama Uygulamasının Başarım Analizi

Bu bölümde, hasarlı görüntüye ait farklı açı ve ölçekte bulunan fakat aydınlanma değişimi olmayan bağlantılı görüntünün olduğu varsayımına dayalı bir içboyama yöntemi önerilmiştir. Ölçek ve döndürme bilgilerinin tespiti için öznitelikler kullanılmıştır. SIFT, SURF, Harris ve MSER özniteliklerinin kullanımı ile gerçekleştirilen içboyama uygulamaları zaman ve performans olarak karşılaştırılmıştır. Şekil 1.82.a, Şekil 1.83.a ve Şekil 1.84.a'da hasarlı görüntü; Şekil 1.82.b, Şekil 1.83.b ve Şekil 1.84.b'de ilgili görüntü; Şekil 1.82.c Şekil 1.83.c ve Şekil 1.84.c'de SURF özniteliği kullanılarak gerçekleştirilen içboyama sonuç görüntüleri ve Şekil 1.82.a, Şekil 1.83.a ve Şekil 1.84.d'de özgün görüntüler verilmiştir. Şekil 1.82.e'de ilgili görüntü ve hasarlı görüntü arasında eşleşen SURF anahtar noktalar gösterilmiştir.



Şekil 1.82. Yerel öznitelik çıkarımı ile görüntü içboya yöntemi: a) Hasarlı görüntü, (b) İlgili görüntü, (c) SURF özniteliği kullanılarak içboya yapılmış görüntü, d) Özgün görüntü ve e) İlgili ve hasarlı görüntü arasında eşleşen SURF anahtar noktalar.



Şekil 1.83. Yerel öznitelik çıkarımı ile görüntü içboyama yöntemi: a) Hasarlı görüntü, (b) İlgili görüntü, (c) SURF özniteliği kullanılarak içboyama yapılmış görüntü ve d) Özgün görüntü.



Şekil 1.84. Yerel öznitelik çıkarımı ile görüntü içboyama yöntemi: a) Hasarlı görüntü, (b) İlgili görüntü, (c) SURF özniteliği kullanılarak içboyama yapılmış görüntü, d) Özgün görüntü.

İçboyama yönteminde kullanılan özniteliklerin zaman ve performans sonuçları Tablo 1.2’de verilmiştir. Nicel performans ölçütü olarak PSNR kullanılmıştır. Tablo 1.2’den de görüldüğü gibi en hızlı yöntem SURF özniteliği ile gerçekleştirilen uygulama olurken en iyi performans SIFT özniteliği ile gerçekleştirilen uygulama ile elde edilmiştir.

Tablo 1.2. Özniteliklerin kullanımı ile gerçekleştirilen içboyama uygulamalarının PSNR ve çalışma süresi değerleri ile kıyaslanması

	Öznitelikler	İçboyama Yapılan Görüntüde PSNR	Çalışma Süresi (sn)
Şekil 1.82	SIFT	34.57	2.11
	SURF	33.40	0.80
	Harris	32.94	0.91
	MSER	32.95	0.87

Tablo 3.2'nin devamı

	Öznitelikler	İçboyama Yapılan Görüntüde PSNR	Çalışma Süresi (sn)
Şekil 1.83	SIFT	29.86	2.47
	SURF	29.22	0.74
	Harris	28.96	1.00
	MSER	28.35	0.96
Şekil 1.84	SIFT	34.22	2.34
	SURF	33.35	0.72
	Harris	30.15	1.03
	MSER	33.26	1.00

Tablo 1.2'de görüldüğü gibi farklı öznitelikler ile gerçekleştirilen uygulamalar performans olarak benzer sonuçlar vermiştir. Zaman olarak ele alındığında ise SURF özniteliği ile gerçekleştirilen uygulamanın en avantajlı olduğu gözlemlenmiştir.

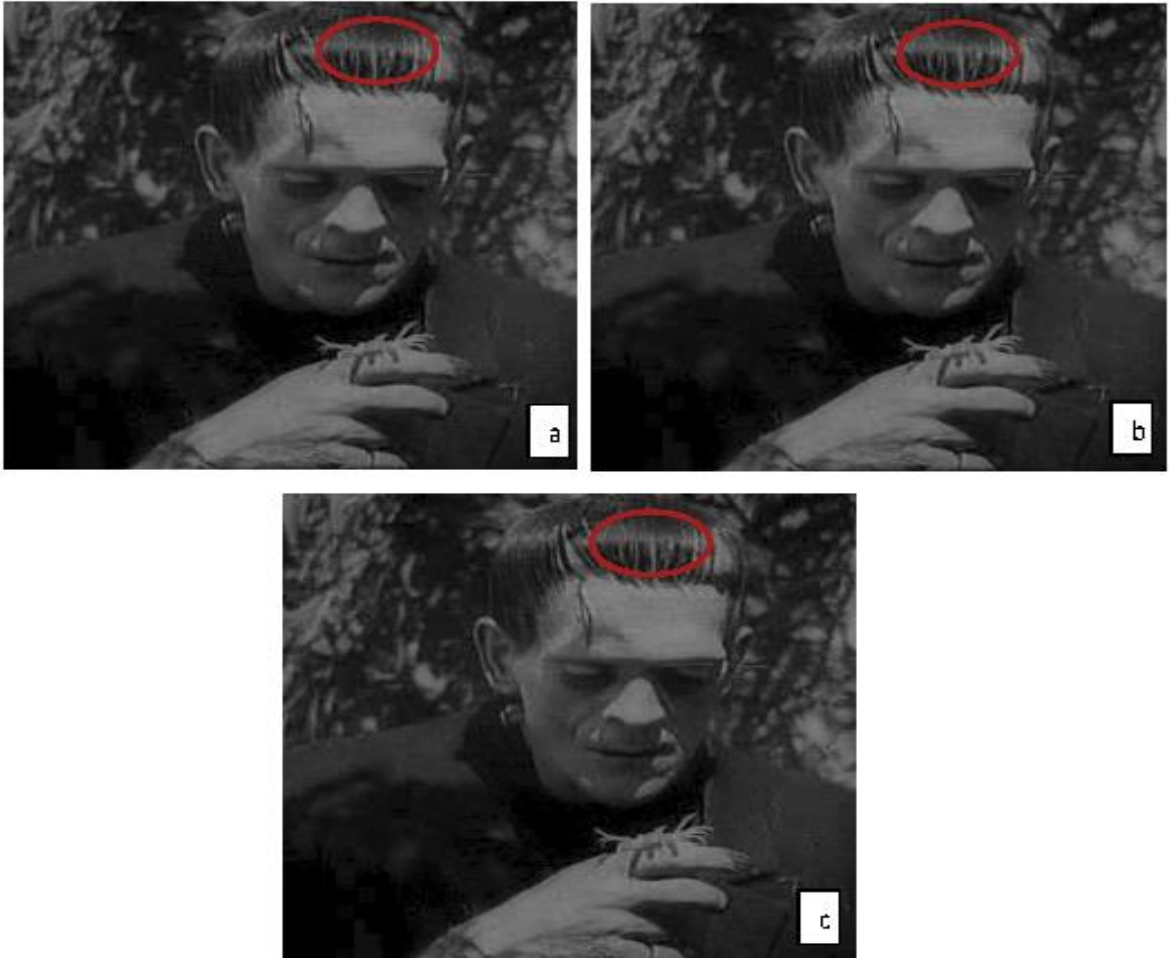
3.5. Eski Filmlerde SIFT Özniteliğinin Çıkarılmasına Dayalı İçboyama Uygulamasının Başarım Analizi

Bu bölümde önerilen yöntem, literatürdeki küçük alanların içboyamasında kullanılan kısmi diferansiyel denklem tabanlı (PDE) içboyama yöntemi [67] ve karmaşık sahnelerde video içboyama yöntemi [13] ile 3 hareketli görüntü dizisi üzerinde karşılaştırılmıştır. Şekil 1.85.a'da verilen "frank" hareketli görüntü dizisi, 640x480 boyutunda özgün lekeli film karelerinden oluşan bir dizidir. Şekil 1.85.b'de verilen "hababam" hareketli görüntü dizisine lekeler manuel olarak eklenmiştir ve bu hareketli görüntü dizisinde bulunan film karelerinin boyutu 404x720'dir. Son olarak özgün lekeli film karelerinden oluşan "yeşilçam_1" hareketli görüntü dizisi, Şekil 1.85.c'de gösterilmektedir. "yeşilçam_1" hareketli görüntü dizisinde bulunan film karelerinin boyutu 480x640'tır.



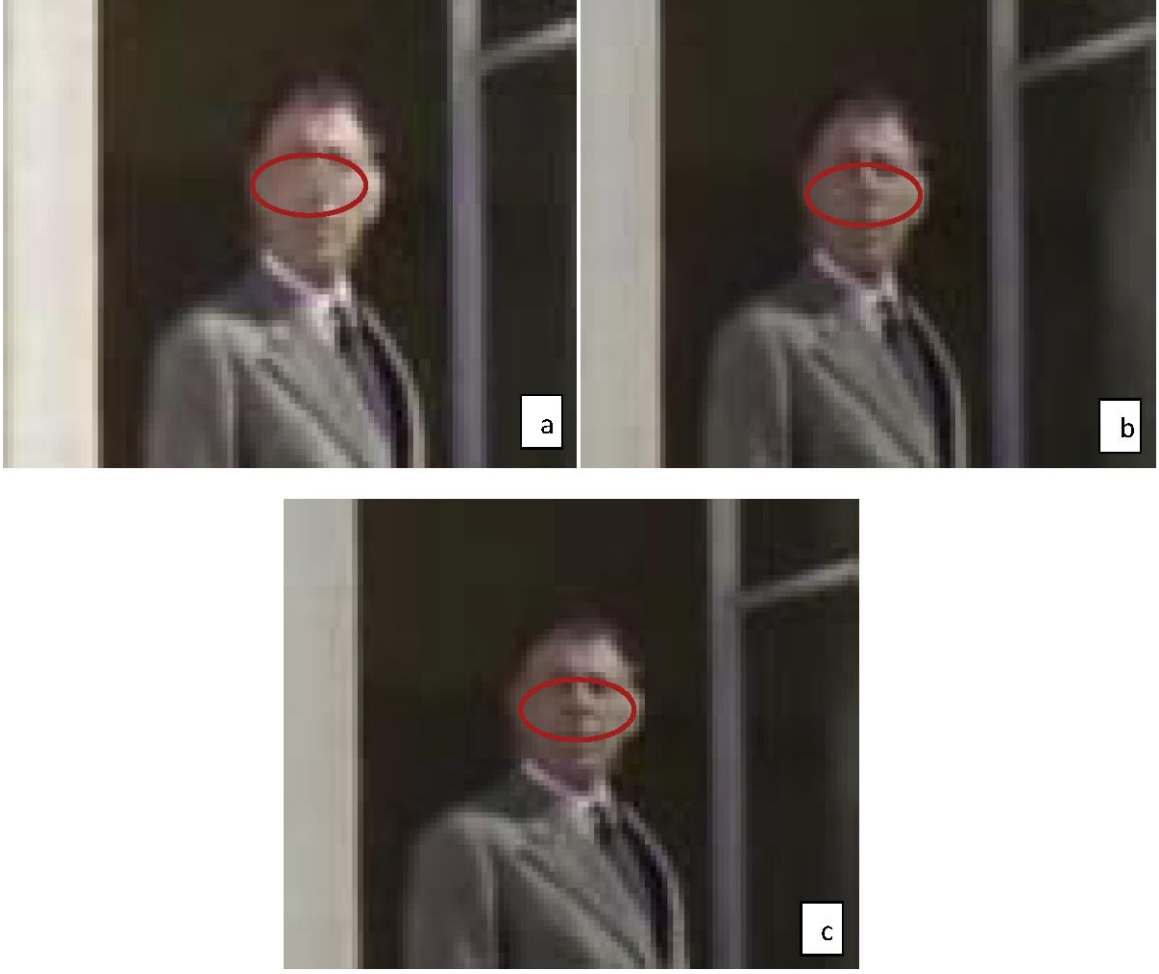
Şekil 1.85. Leke onarımında kullanılan hareketli görüntü dizileri: a) “frank” hareketli görüntü dizisi, b) “hababam” hareketli görüntü dizisi ve c) “yeşilçam_1” hareketli görüntü dizisi (Lekeli bölgeler kırmızı oklarla gösterilmiştir).

Şekil 1.86, “frank” hareketli görüntü dizisinin içboyama sonuçlarını göstermektedir. Şekil 1.86.a, kısmi diferansiyel denklem tabanlı içboyama uygulamasının [67] sonucunu; Şekil 1.86.b, karmaşık sahnelerde içboyama uygulamasının [13] sonucunu ve Şekil 1.86.c ise önerilen yöntem ile gerçekleştirilen içboyama uygulamasının sonucunu göstermektedir. Şekil 1.86’de içboyama yapılmış bölgeler ayrıntılı bilgi içermediğinden, tüm yöntemlerin görsel sonuçları neredeyse aynıdır.



Şekil 1.86. “frank” hareketli görüntü dizisinin içboyama sonuçları: a) PDE tabanlı içboyama yöntemi [67], b) Video içboyama yöntemi [13] ve c) Önerilen yöntem (İçboyama yapılmış bölgeler kırmızı elips ile gösterilmiştir).

Şekil 1.87, Şekil 1.85.b’de verilen film karelerine içboyama yöntemlerinin uygulanması ile elde edilen onarılmış film karelerinin yakınlaştırılmış bölgelerini göstermektedir. Önerilen yöntem, diğer yöntemler [13, 67] ile karşılaştırıldığında Şekil 1.87.c’de görüldüğü gibi Şekil 1.87.a ve Şekil 1.87.b’de gösterilen sonuçlara göre en başarılı görsel içboyama sonucunu vermektedir. Şekil 1.88, Şekil 1.85.c’de verilen film karesinin yakınlaştırılmış bölgelerinin içboyama sonuçlarını göstermektedir. Şekil 1.88’de gösterildiği gibi “yeşilçam_1” hareketli görüntü dizisinde ise önerilen yöntem, hem karmaşık sahnelerde video içboyama yöntemi [13] hem de kısmi diferansiyel tabanlı içboyama yöntemine [67] göre daha iyi görsel sonuçlar vermektedir.



Şekil 1.87. “hababam” hareketli görüntü dizisinin içboyama sonuçları: a) PDE tabanlı içboyama yöntemi [67], b) Video içboyama yöntemi [13] ve c) Önerilen yöntem (İçboyama yapılmış bölgeler kırmızı elips ile gösterilmiştir).



Şekil 1.88. “yeşilçam_1” hareketli görüntü dizisinin içboyama sonuçları a) PDE tabanlı içboyama yöntemi [67], b) Video içboyama yöntemi [13] ve c) Önerilen yöntem (İçboyama yapılmış bölgeler kırmızı elips ile gösterilmiştir).

“hababam” hareketli görüntü dizisinde bulunan 5 görüntünün PSNR değerleri Tablo 1.3’de verilmiştir. Tablo 1.3, önerilen yöntemin PSNR değerlerinin karşılaştırılan yöntemlere [13, 67] göre en iyi sonucu verdiğini göstermektedir.

Tablo 1.3. “hababam” hareketli görüntü dizisinin 1 ile 5 arasındaki film kareleri için içboyama yöntemlerinin PSNR değerleri

Hareketli görüntü dizisi	Film Karesinin Numarası	İçboyama yöntemlerinin PSNR değerleri		
		[67]	[13]	Önerilen Yötem
Hababam	1	42.60	60.81	62.93
	2	54.55	61.59	70.49
	3	47.15	53.62	55.24
	4	48.10	47.61	59.66
	5	53.53	51.77	53.72

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada video içboyama problemi, çeşitli renklerden oluşan lekelerin yapay olarak eklenmesi ile elde edilen hareketli görüntü dizileri ve orijinal leke içeren hareketli görüntü dizileri üzerinde zaman-uzamsal özniteliklerin kullanımı ile ele alınmıştır. Video içboyama probleminin ilk adımı olan lekeli bölgelerin tespiti adımı insan görme sisteminden esinlenerek geliştirilen görsel dikkat çekerlik haritası kullanılarak iki farklı uygulama geliştirilmiştir. İkinci adımda ise lekeli bölgeleri bildiren maske görüntüleri girdi olarak ele alınmış ve bu lekeli bölgeler yerel özniteliklerin kullanımı ile içboyanmıştır. Bu tezde gerçek zamanlı bir uygulama geliştirildiğinden önerilen yaklaşım derin öğrenme yöntemleriyle kıyaslanmamıştır. Çünkü derin öğrenme yöntemlerinin eğitim adımı çok fazla veriye ve zamana ihtiyaç duyulmaktadır.

Uygulamanın ilk adımı 2 farklı uygulama geliştirilmiştir. Her iki leke tespit etme problemi uygulamasında da görsel dikkat haritası kullanılarak aday lekeli bölgeler tespit edilmiştir. Bu şekilde video uygulamalarının dezavantajı olan veri fazlalığı sorunu elimine edilerek tüm bilgiler ele alınmadığından leke tespit problemlerinde istenmeyen durum olan yanlış leke tespit oranı da azaltılmıştır. Yanlış leke tespit etme oranı, videonun orijinalliğini bozduğundan özellikle arşivciler tarafından istenmeyen bir durumdur. Bu adımda geliştirilen ilk uygulama olan görsel dikkat haritası tabanlı arşiv filmlerinde leke tespitinin ikinci adımı ise yine uygulanan yama karşılaştırma metodu sayesinde leke tespit probleminde önemli işlevi olan hareket kestirimi adımının kullanımına gerek kalmamıştır. Hareket kestirim adımına bağımlı olarak geliştirilen yöntemler, doğru hareket kestirimi yapılamadığı durumlarda başarısız olmaktadır. Leke tespit probleminin ikinci uygulaması ise önerilen ilk yöntemden performans olarak daha başarılı olan görsel dikkat haritası üzerinde ROD algılayıcısı yöntemi olmuştur. Geliştirilen her iki uygulamanın nicel sonuçları son yıllarda geliştirilen leke tespit problemleri ve klasik leke tespit algılayıcıları ile kıyaslanmış ve yanlış alarm oranını azaltırken doğru tespit etme oranını artırdığı gözlemlenmiştir.

Video içboyama probleminin ikinci bölümü olan lekeli bölgelerin içboyama adımı ise yerel öznitelikler kullanılmıştır. Yerel öznitelikler döndürme ve ölçek değişimlerine karşı sağlamdır. İçboyama adımı yerel özniteliklerin bu avantajlarından faydalanılmıştır. Bu adımda geliştirilen ilk uygulama, SIFT öznitelikliğini eşleştirmesi tabanlı

bir içboyama uygulaması olmuştur. Çalışmada tüm görüntü değil sadece lekeli bölgenin komşuluklarındaki bilgiler kullanılmıştır. Bu sayede işlenmesi gereken veri miktarı düşürülmüştür. Ayrıca son yıllarda geliştirilen karmaşık sahnelerde video içboyama uygulaması ve literatürde küçük alanların içboyanmasında kullanılan PDE tabanlı içboyama yöntemine kıyasla daha başarılı performans göstermiştir. Problemin ikinci adımı için gerçekleştirilen ikinci uygulamada ise SIFT, SURF, MSER ve Harris öznitelikleri kullanımı ile gerçekleştirilen içboyama çalışmalarının performansları kıyaslanmıştır. Özniteliklerin performans sonuçları birbirine benzer olup en başarılı yöntem SIFT özniteliği ile elde edilmiştir. Zaman yönünden değerlendirildiğinde ise en hızlı yöntem SURF özniteliğinin kullanımı ile gerçekleştirilen uygulama olmuştur.

Geliştirilen yöntem, lekelerin konumlarının tespit edilmesi ve onarımı işlemini içermektedir. Önerilen yöntemin diğer bir avantajı ise ön plan ve arka plan ayırma gibi farklı algoritmaların kullanıma gerek olmaksızın tek algoritma kullanımı ile gerçekleştirilmesidir.

Geliştirilen yöntem videoda meydana gelen leke bozulmalarının tespiti ve giderilmesi işlem adımlarından oluşmaktadır. Yöntem ayrıca video dizilerinde sıklıkla meydana gelen çizgilerin onarılması için de geliştirilebilir. Ayrıca karmaşık sahnelerde hareket kestirimine bağlı olarak yanlış leke tespit etme oranı artabilir. Bu nedenle daha doğruluklu hareket kestirimi önerilen yöntemlere eklenmesi ile daha başarılı sonuçlar elde edilebilir. Lekelerin giderilmesi adımında ise kilit nokta temelli yerel özniteliklerin kullanımı ile öncelik bazlı bir içboyama yöntemi geliştirilebilir. Kilit nokta temelli özniteliklerin sahnede belirgin alanlar üzerinde yoğunlaşması daha başarılı bir içboyama sonucunun elde edilmesinde fayda sağlayabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Bertalmio, M., Sapiro, G. ve Caselles, V., Image Inpainting, Computer Graphics Annual Conference, July 2000, New Orleans, Computer Graphics, 417-424.
2. Yous, H., Serir, A. ve Yous, S., CNN-Based Method for Blotches and Scratches Detection in Archived Videos, Journal of Visual Communication and Image Representation, 59 (2019) 486-500.
3. Dizdaroglu, B. ve Gangal, A., A Spatiotemporal Algorithm for Detection and Restoration of Defects in Old Color Films, 9th International Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems, Aug 2007, Berlin, Springer, 509-520
4. Nadenau, M. J. ve Mitra, S. K., Blotch and Scratch Detection in Image Sequences based on Rank Ordered Differences, Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition, 4 (1997) 27-35.
5. Kokaram, A. C., Motion Picture Restoration: Digital Algorithms for Artefact Suppression in Degraded Motion Picture Film and Video, Springer Science & Business Media, Springer, Heidelberg
6. Yous, H. ve Serir, A., Blotch Detection in Archived Video Based on Regions Matching, International Symposium on Signal, Image, Video and Communications, Tunis, November 2016, IEEE, 379-383.
7. Kokaram, A. C., Morris, R. D., Fitzgerald, W. J. ve Rayner, P. J., Detection of Missing Data in Image Sequences, IEEE Transactions on Image Processing, 4,11 (1995) 1496-1508.
8. Xu, Z., Wu, H. R., Yu, X. ve Qiu, B., Features Based Spatial and Temporal Blotch Detection for Archive Video Restoration, Journal of Signal Processing Systems, 81, 2 (2015) 213-226.
9. Aydın, Y. ve Dizdaroğlu, B., Blotch Detection in Archive Films Based on Visual Saliency Map, Complexity, 2020 (2020).
10. Van Roosmalen, P. M. B., Restoration of Archived Film and Video, Doktora Tezi, Delft University of Technology, Delft, 1999.
11. Licsar, A., Sziranyi, Tamas ve Czuni, L., Trainable Blotch Detection on High Resolution Archive Film Minimizing The Human Interaction, Machine Vision and Applications, 21, 5 (2010) 767-777.

12. Chavan, T. R. ve Nandedkar, A.V., Digital Image Inpainting using Speeded Up Robust Feature, 3rd International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, September 2014, New Delhi, IEEE, 1408-1412.
13. Newson, A., Almansa, A., Fradet, M., Gousseau, Y ve Pérez, P., Video Inpainting of Complex Scenes, SIAM Journal on Imaging Sciences, 7,4 (2014) 1993-2019.
14. Radke, R. J., Computer Vision for Visual Effects,1, Cambridge University Press, New York, 2013
15. Fang, C. W ve Lien, J. J. J., Fast Image Replacement using Multi-Resolution Approach, 7th Asian Conference on Computer Vision, January 2006, Hyderabad, Springer, 509-520
16. Chan, T., ve Shen, J., Mathematical Models For Local Deterministic Inpaintings, Technical Report CAM TR, Mart 2000, UCLA, 00-11.
17. Yamauchi, H., Haber, J. ve Seidel, H. P., Image Restoration Using Multiresolution Texture Synthesis and Image Inpainting, Computer Graphics International Conference, July 2003, Tokyo, IEEE, 120-125
18. Yous, H. ve Serir, A., Efficient Region-Based Approach for Blotch Detection in Archived Video using Texture Information, Journal of Electronic Imaging, 26, 2 (2017) 023019.
19. Tilie, S., Laborelli, L. ve Bloch, I., Blotch Detection for Digital Archives Restoration based on the Fusion of Spatial and Temporal Detectors, 9th International Conference on Information Fusion, July 2006, Florence, IEEE, 1-8
20. Wang, X., ve Majid M., Archive Film Defect Detection and Removal: An Automatic Restoration Framework, IEEE Transactions on Image Processing, 21, 8 (2012) 3757-3769.
21. Trung, D. T., Beghdadi, A., Ammar, H. ve Benazza, A., Automatic Blotch Removal using a Perceptual Approach, The 11th International Conference on Knowledge And Systems Engineering, October 2019, Da Nang, IEEE, 1-4.
22. Mahalingam, V. V., Digital Inpainting Algorithms and Evaluation, Doktora Tezi, University of Kentucky, Lexington, 2010.
23. Chang, Y. L., Yu Liu, Z., ve Hsu, W., Vornet: Spatio-Temporally Consistent Video Inpainting for Object Removal, Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, June 2019, California, IEEE, 1785-1794.
24. Patwardhan, K. A., Sapiro, G. ve Bertalmío, M., Video Inpainting Under Constrained Camera Motion, IEEE Transactions on Image Processing, 16, 2 (2007) 545-553.

25. Efros, A. A., ve Leung, T. K., Texture Synthesis by Non-Parametric Sampling, IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), September 1999, Corfu, IEEE, 1033–1038
26. Heeger, D. J. ve Bergen, J. R., Pyramid-Based Texture Analysis/Synthesis, Proceedings of The 22nd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, September 1995, Washington, 229-233.
27. Suthar, R. ve Patel, M. K. R., A Survey on Various Image Inpainting Techniques to Restore Image, Int. Journal of Engineering Research and Applications, 4, 2 (2014) 85-88.
28. Thanki, B. B., Overview of an Image Inpainting Techniques, International Journal for Technological Research in Engineering, 2, 5 (2015) 388-391.
29. Tschumperl, D. ve Deriche, R., Vector-Valued Image Regularization with Pde's: A Common Framework for Different Applications, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 27, 4 (2005) 506–517.
30. Sapiro, Guillermo., Inpainting the Colors, IEEE International Conference on Image Processing, September 2005, Genoa, IEEE, 1265-1268.
31. Deokate, B. H. ve Patil, P. M., Image Mapping and Object Removal in Image Inpainting Using Alternating Direction Method. In 2015 International Conference on Information Processing (ICIP), December 2015, Pune, IEEE, 165-169.
32. Criminisi, A., Perez, P. ve Toyama, K., Region Filling and Object Removal by Exemplar-Based Image Inpainting, IEEE Transactions on Image Processing, 13, 9 (2004) 1200–1212.
33. Ilan, S. ve Shamir, A., A Survey on Data-Driven Video Completion, Computer Graphics Forum, 34, 6 (2015) 60-85.
34. Chen, M., Fast Inpainting Algorithm for Real-Time Video Inpainting Problem, Doktora Tezi, University Of Missouri, Columbia, 2016.
35. Wong, A. ve Jeff, O., A Nonlocal-Means Approach to Exemplar-Based Inpainting, 15th IEEE International Conference on Image Processing, October 2008, San Diego, IEEE, 2600-2603.
36. Drori, I., Cohen-Or, D. ve Yeshurun, H., Fragment-Based Image Completion, Acm Transactions on Graphics, 22, 3 (2003) 303–312.
37. Hays, J. ve Efros, A. A., Scene Completion Using Millions of Photographs, Communications of The ACM, 51, 10 (2007) 87-94.
38. Oliva, A., ve Antonio, T., Building The Gist of A Scene: The Role of Global Image Features in Recognition, Progress in Brain Research, 155 (2006) 23-36.

39. Bertalmio, M., Vese, L., Sapiro, G., ve Osher, S., Simultaneous Structure and Texture Image Inpainting, IEEE Transactions on Image Processing, 12, 8 (2003) 882-889.
40. Starck, J. L., Elad, M. ve Donoho, D. L., Image Decomposition via the Combination of Sparse Representations and a Variational Approach, IEEE Transactions On Image Processing, 14, 10 (2005) 1570-1582.
41. Jia, J. Y. ve Tang, C. K., Inference of Segmented Color and Texture Description by Tensor Voting, IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence, 26, 6 (2004) 771-786.
42. Sun, J., Yuan, L., Jia, J., ve Shum, H. Y., Image Completion with Structure Propagation, ACM Transactions on Graphics, 24, 3 (2005) 861-868.
43. Richard, M. M. O. B. B. ve Chang, M. Y. S, Fast Digital Image Inpainting, Appeared in the Proceedings of the International Conference on Visualization, Imaging and Image Processing (VIIP 2001), September 2001, Marbella, 261-266.
44. Telea, A., An Image Inpainting Technique Based on the Fast Marching Method, Journal of Graphics Tools, 9,1 (2004) 23-34.
45. Rane, S. D., Sapiro, G., ve Bertalmio, M., Structure and Texture Filling-In of Missing Image Blocks in Wireless Transmission and Compression Applications, IEEE Transactions on Image Processing, 12, 3 (2003) 296-303.
46. Matsushita, Y., Ofek, E., Ge, W., Tang, X., ve Shum, H. Y., Full-Frame Video Stabilization with Motion Inpainting, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 28, 7 (2006) 1150-1163.
47. Wickramasuriya, J., Datt, M., Mehrotra, S., ve Venkatasubramanian, N., Privacy Protecting Data Collection in Media Spaces, ACM International Conference on Multimedia, October 2004, New York, 48-55.
48. Bertalmio, M., Bertozzi, A. L. ve Sapiro, G., Navier-Stokes, Fluid Dynamics, and Image and Video Inpainting, Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, October 2001, Hawaii, IEEE, 355-362.
49. Cheung, V., Frey, B. J. Ve Jovic, N., Video Epitomes, Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2005, San Diego, Canada, 42-49.
50. Wexler, Y., Shechtman, E. ve Irani, M., Space-Time Video Completion, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 29, 3 (2007) 463-476
51. Zhang, Y., Xiao, J., ve Shah, M., Motion Layer Based Object Removal in Videos, 7th IEEE Workshop on Applications Of Computer Vision (WACV 2005), January 2005, Breckenridge, 516-521.

52. Venkatesh, M. V., Cheung, S. C. S. ve Zhao, J., Efficient Object-Based Video Inpainting, Pattern Recognition Letters, 30, 2 (2009) 168-179.
53. Wang, C., Huang, H., Han, X. ve Wang, J., Video Inpainting by Jointly Learning Temporal Structure and Spatial Details, 33rd AAAI Conference on Artificial Intelligence, February 2019, Honolulu, 5232-5239.
54. Kim, D., Woo, S., Lee, J. Y., ve Kweon, I. S., Deep Video Inpainting, Computer Vision and Pattern Recognition, June 2019, Long Beach, IEEE, 5792-5801.
55. Lowe, D. G., Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, International Journal of Computer Vision, 60, 2 (2004) 91-110.
56. Özyer, G. T. ve Vural, F. T. Y., Airplane Localization in Satellite Images by using Visual Attention, In 2013 21st Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), April 2013, Cyprus, IEEE, 1-4.
57. Treisman, A. M. ve Gelade, G., A Feature-Integration Theory of Attention, Cognitive Psychology, 12, 1 (1980) 97-136.
58. Özyer, G. T. ve Vural, F. Y., A Content-Based Image Retrieval System using Visual Attention, In 2010 IEEE 18th Signal Processing and Communications Applications Conference, April 2010, Antalya, IEEE, 399-402.
59. Itti, L. ve Koch, C., A Saliency-Based Search Mechanism for Overt and Covert Shifts of Visual Attention, Vision Research, 40,10-12 (2000) 1489-1506.
60. Itti, L. ve Koch, C., Computational Modelling of Visual Attention, Nature Reviews Neuroscience, 2, 3 (2001) 194-203.
61. GAO, D., A Discriminant Hypothesis for Visual Saliency: Computational Principles, Biological Plausibility and Applications in Computer Vision, Doktora Tezi, University of California, San Diego, 2008.
62. Itti, L., Koch, C. ve Niebur, E., A Model of Saliency-Based Visual Attention for Rapid Scene Analysis, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20, 11 (1998) 1254-1259.
63. Dodge, S. F. ve Karam, L. J., Visual Saliency Prediction Using a Mixture of Deep Neural Networks, IEEE Transactions on Image Processing, 27, 8 (2018) 4080-4090.
64. He, S., Tavakoli, H. R., Borji, A., Mi, Y. ve Pugeault, N., Understanding and Visualizing Deep Visual Saliency Models, Computer Vision and Pattern Recognition, June 2019, Long Beach, IEEE, 10206-10215.
65. Montabone, S., ve Soto, A., Human Detection Using a Mobile Platform and Novel Features Derived from a Visual Saliency Mechanism, Image and Vision Computing, 28, 3 (2010) 391-402.

66. Mechrez, R., Shechtman, E. ve Zelnik-Manor, L., Saliency Driven Image Manipulation, Machine Vision and Applications, 30, 2 (2019) 189-202.
67. Esedoglu, S. ve Shen, J., Digital Inpainting Based on the Mumford–Shah–Euler Image Model, European Journal of Applied Mathematics, 13, 4 (2002) 353-370.
68. Aydin, Y. ve Dizdaroğlu, B., Blotch Inpainting Based on SIFT Feature Extraction in Old Films, In 2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO), November 2019, Bursa, IEEE, 570-574.
69. Bay, H., Tuytelaars, T. ve Van Gool, L., SURF: Speeded Up Robust Features, Computer Vision and Image Understanding, 110, 3 (2008) 346-359.
70. Harris, C. G. ve Stephens, M., A Combined Corner and Edge Detector, In Alvey Vision Conference, 15, 50 (1988) 10-5244.
71. Matas, J., Chum, O., Urban, M. ve Pajdla, T., Robust Wide-Baseline Stereo from Maximally Stable Extremal Regions, Image and Vision Computing, 22, 10 (2004) 761-767.
72. Juan, L. ve Gwon, L., A Comparison of SIFT, PCA-SIFT and SURF, International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 8, 3 (2007) 169-176.
73. Chao, T. L. ve Wong, K. H., An Efficient FPGA Implementation of The Harris Corner Feature Detector, In 2015 14th IAPR International Conference on Machine Vision Applications (MVA), May 2005, Tokyo, IEEE, 89-93.
74. Aydin, Y. ve Dizdaroğlu, B., Image Inpainting with Local Feature Extraction, In 2018 26th Signal Processing And Communications Applications Conference (SIU), May 2018, İzmir, IEEE, 1-4.

ÖZGEÇMİŞ

Yıldız Aydın, 1988 yılında Erzincan'da doğdu. 2006 yılında Erzincan Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nü bitirdi. Atatürk Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans çalışmalarını 2016 yılında tamamlayarak mezun oldu. 2011 yılında Erzincan Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı'nda uzman olarak göreve başladı. Şu anki araştırma ilgi alanları arasında desen tanıma, yapay zekâ ve görüntü işleme bulunmaktadır. Erzincan Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı'nda Öğretim Görevlisi olarak görevine halen devam etmektedir. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir. Başlıca yayınları aşağıda verilmiştir.

SCI/SCI-E indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler

1. Aydın, Y. ve Dizdaroğlu, B., Blotch Detection in Archive Films Based on Visual Saliency Map, Complexity, 2020 (2020).

Uluslararası Dergi ve Konferanslar kapsamında yapılan yayınlar

1. Aydın, Y. ve Dizdaroğlu, B., Blotch Inpainting Based On Sift Feature Extraction in Old Films, In 2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO), November 2019, Bursa, IEEE, 570-574
2. Aydın, Y. ve Dizdaroğlu, B., Image inpainting with local feature extraction, In 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), May 2018, İzmir, IEEE, 1-4.
3. Aydın, Y. ve Dizdaroğlu, B., Blotch Detection in Archive Films with Rank Ordered Differences Method Based on Visual Saliency Map, Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology, October 2020, Gaziantep (kabul edildi).