

172586

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARŞİV FİLMLERİNDE KİR, SIYRIK VE GÜRÜLTÜ
BOZUKLUKLARININ ONARIMI**

DOKTORA TEZİ

Elektronik ve Haberleşme Yük. Müh. M. Kemal GÜLLÜ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23 Ocak 2006

Tezin Savunulduğu Tarih : 9 Şubat 2006

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. Sarp ERTÜRK


(.....)

ÜYE

Prof. Dr. Doğan DİBEKÇİ


(.....)

ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Cabir VURAL


(.....)

ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Mehmet YAKUT


(.....)

ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Zafer BİNGÜL


(.....)

ŞUBAT 2006

ARŞİV FİLMLERİNDE KİR, SIYRIK VE GÜRÜLTÜ BOZUKLUKLARININ ONARIMI

M. Kemal GÜLLÜ

Anahtar Kelimeler: Arşiv Video, Video Onarımı, Kir Algılama, Kir Onarımı, Sıyrık Algılama, Sıyrık Onarımı, Gürültü Azaltımı.

Özet: Bilimsel, sanatsal, tarihi ve kültürel mirasın gelecek nesillere etkin biçimde aktarılabilmesi için arşiv videolarının bozulmadan saklanması ve bozuk videoların da onarımı önemli bir konudur. Sayısal kayıt ortamlarının genişleyen kapasiteleri, saklama kolaylığı ve kopyalama için gerekli sürenin azlığı nedeniyle analog ortamdaki arşiv filmlerinin sayısal ortamlara aktarılması gerekliliği gün geçtikçe artmaktadır. Bunun yanında, sayısal işaret işleme yöntemlerinin hızla ilerlemesi ile birlikte arşiv videolarının sayısal işaret işleme yöntemleriyle etkin ve esnek biçimde onarılması mümkün olmaktadır.

Bu tez çalışmasında, arşiv videolarında sıklıkla karşılaşılan kir, sıyrık ve gürültü etkilerinin onarımına yönelik yeni yöntemlerin geliştirilmesi üzerinde çalışılmıştır. Bu amaçla öncelikle kir etkisinin algılanması üzerine SDI-a ve S-ROD algılayıcılarını temel alan ve bölütleme temelli bir son işlem kullanan farklı yöntemler geliştirilmiş ve bu yöntemlerin başarımları incelenmektedir. Kir bölgelerinin doldurulması için piksel temelli, kenar bölgelerine öncelik veren zaman-uzamsal bir yöntem önerilmiş ve yöntemin başarımları değerlendirilmektedir.

Sıyrık onarımı için öncelikle, uzamsal bir algılayıcı tarafından belirlenen sıyrık adayları, geliştirilen zamansal tutarlılık analizi ile doğrulanmaktadır. Böylelikle sıyrık algılama başarımları artırılmaktadır. Sıyrık bölgelerinin doldurulması için, kir doldurmada kullanılan yöntemi temel alan bir yöntem kullanılmaktadır.

Son olarak, gürültü azaltımı için zaman uzamsal çalışan, kenar bölgelerini koruyan basit ve yüksek başarımlı bir yöntem önerilmekte ve yöntemin başarımları irdelenmektedir.

RESTORATION OF BLOTCH, SCRATCH AND NOISE DEGRADATIONS IN ARCHIVE FILMS

M. Kemal GÜLLÜ

Keywords: Archive Video, Video Restoration, Blotch Detection, Blotch Restoration, Scratch Detection, Scratch Restoration, Noise Reduction.

Abstract: Storage and restoration of archive videos are essential to transfer scientific, artistic, historical and cultural heritage to next generations. The necessity to transfer analog archive films to digital format increasingly continues because of the growing capacity of digital storage mediums, preservation easiness and reduced copying time of digital media. Furthermore, advances in digital signal processing methods provide capability of effective and flexible restoration for archive videos.

In this thesis, it is aimed to develop restoration methods for frequently encountered degradations in archive videos namely blotch, scratch and noise. Initially, SDI-a and S-ROD based detection methods are developed for blotch detection and the detection performances are examined. Afterwards, a pixel based spatio-temporal correction method with edge priority is proposed for blotch restoration and the performance is evaluated.

For scratch restoration, scratch candidates are initially detected using a spatial detection method and temporal coherency analysis is carried out over these candidates. As a result, the scratch detection performance is dramatically increased. Detected scratch regions are corrected using a spatio-temporal correction method that is mainly based on the method used for blotch correction.

Finally, a simple spatio temporal noise reduction method which preserves edge regions is developed and the performance of this method is shown to be satisfactory.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Gelişen sayısal teknoloji ile birlikte analog sistemlerin sayısal sistemlere geçtiği günümüzde, arşiv videolarının sayısallaştırılması ve sayısal işaret işleme yöntemleri ile onarımı büyük avantajlar sunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, arşiv videolarında sıklıkla karşılaşılan bozulmalardan kir, sıyrık ve gürültü etkilerinin giderimine yönelik yöntemlerin geliştirilmesi üzerine çalışılmıştır. Bu çalışma sonrasında ortaya çıkan ya da bu yöntemleri temel alarak oluşturulacak yöntemlerin ülkemiz arşivlerinin onarımında kullanılabilir olması benim için önemli bir olgudur. Yapılan çalışmanın, bu konu üzerine emek verenlere ve araştırmacılara katkısı olmasını dilerim.

Bu konuda çalışma yapmama olanak sağlayan, çalışmanın her aşamasında ilgi ve desteğini eksik etmeyen, bilgi ve deneyimleriyle ufkumu genişleten değerli hocam Doç. Dr. Sarp ERTÜRK'e, çalışma azmi ve gayretiyle beni etkileyen değerli çalışma arkadaşım Arş. Gör. Oğuzhan URHAN'a, bu güne kadar hiçbir özveriden kaçınmayan, bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi aileme ve bu tezin yazım süresince manevi desteğini esirgemeyen canımdan çok sevdiğim nişanlım Figen'e teşekkür ederim.

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, TÜBİTAK tarafından "Arşiv Filmleri İçin Görüntü Kalitesi Onarımı" adlı ve EEEAG/103E007 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Şubat 2006, KOCAELİ

M. Kemal GÜLLÜ

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1. Kapsam	2
1.1.1. Arşiv videolarında sıklıkla karşılaşılan bozukluk tipleri	3
1.1.2. Video onarım sisteminin genel yapısı.....	6
1.2. Tezin Ana Hatları	7
BÖLÜM 2. KİR ONARIMI	9
2.1. Giriş	9
2.2. Kir Etkisinin Algılanması	11
2.2.1. SDI-a ve bölütleme temelli son işlem.....	13
2.2.1.1. Kir algılama nesnel başarıımı	20
2.2.2. S-ROD ve hareket karşılanmış S-ROD	22
2.2.2.1. S-ROD	23
2.2.2.2. İki aşamalı S-ROD.....	25
2.2.2.3. Kir algılama nesnel başarıımı	28
2.2.2.4. İki aşamalı S-ROD ve bölütleme temelli son işlem.....	29
2.2.2.4.1. Kir algılama nesnel başarıımı	30

2.3. Kir Bölgelerinin Doldurulması	31
2.3.1. Nesne temelli zaman-uzamsal doldurma yöntemi	33
2.3.2. Piksel temelli zaman-uzamsal doldurma yöntemi	35
2.3.2.1. Doldurulacak pikseller için öncelik belirleme	35
2.3.2.2. Uyumlama işlemi	38
2.3.3. Kir doldurma nesnel başarımı	42
2.4. Kir Onarım Sisteminin Arşiv Videolarındaki Başarımı	44
BÖLÜM 3. SIYRIK ONARIMI	47
3.1. Giriş	47
3.2. Geçmiş Çalışmalara Bakış	48
3.3. Sıyrık Algılama	50
3.3.1. Zamansal tutarlılık (coherency) analizi	51
3.3.2. Sıyrık algılama başarımının değerlendirilmesi	54
3.4. Sıyrık Bölgelerinin Doldurulması	55
3.4.1. Sıyrık doldurma başarımının değerlendirilmesi	55
BÖLÜM 4. GÜRÜLTÜ AZALTIMI	58
4.1. Giriş	58
4.2. Geçmiş Çalışmalara Bakış	59
4.3. Gürültü Azaltımı	61
4.4. Gürültü Azaltımının Nesnel Başarımı	64
4.5. Gürültü Azaltımının Görsel Başarımı	68
BÖLÜM 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	74
KAYNAKLAR	77
KİŞİSEL YAYINLAR	82
EK-1	83
ÖZGEÇMİŞ	84

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

I_d	: Bozuk imge
I_o	: Bozulmasız imge
I'_o	: Onarılmış imge
(x, y)	: Pikselin uzamsal konumu
$C(x, y)$: Bozukluk tespit edilen pikselin değeri
d	: S-ROD işleminde fark bilgisi
b	: Kir maskesi
$w \times h$: İmge boyutu
T	: SDI-a ve S-ROD'da kullanılan algılama eşiği
T_1	: İki aşamalı S-ROD ilk aşama eşiği
T_2	: İki aşamalı S-ROD ikinci aşama eşiği
T_d	: Kir doldurma önceliği eşiği
T_a	: Gürültü azaltımı eşiği
$D(x, y)$: Kir doldurma öncelik değeri
p_u	: Kir doldurmada kullanılan piksel kümesi
μ	: Ortalama
σ	: Standart sapma
μ_u	: Gürültü azaltımında kullanılan piksellerin ortalaması
σ_u	: Gürültü azaltımında kullanılan piksellerin standart sapması
η	: Toplamsal gürültü
P	: Gürültü azaltımında ele alınan 3-B pencere pikselleri kümesi
P_u	: Gürültü azaltımı işleminde kullanılan 3-B pencere pikselleri kümesi

AR	: Auto-Regressive
AURORA	: AUtomated Restoration of ORiginal film and video Archives
AWGN	: Additive White Gaussian Noise
BRAVA	: BRoadcast Archives restoration through Video Analysis
CDR	: Correct Detection Rate
FAR	: False Alarm Rate
MAD	: Mean Absolute Difference
MAP	: Maximum A Priori
MHT	: Multiple Hypothesis Tracker
MMF	: Multi-stage Median Filter
MRF	: Markov Random Field
MSE	: Mean Squared Error
PSNR	: Peak Signal to Noise Ratio
QCIF	: Quarter Common Intermediate Format
ROC	: Receiver Operator Characteristics
ROD	: Rank Ordered Difference
SDI-a	: Spike Detection Index-a
S-ROD	: Simplified Rank Ordered Difference
YSA	: Yapay Sinir Ağı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Kırpışma etkisi.....	4
Şekil 1. 2. Kir etkisi.	5
Şekil 1. 3. Sıyrık etkisi.....	5
Şekil 1. 4. Gürültü etkisi.....	6
Şekil 1. 5. Arşiv video onarımı için kullanılan modüler onarım stratejisi.....	6
Şekil 2. 1. Kir bozulmasına farklı örnekler.....	10
Şekil 2. 2. a) “Silent” videosunun yapay kir eklenmiş 67. çerçevesi, b) $T = 25$, c) $T = 50$, d) $T = 100$, e) $T = 250$, f) $T = 500$ eşik değerlerinde SDI-a algılayıcı çıkışları.....	14
Şekil 2. 3. a) Kir etkisi görülen imge parçası, b) ön algılama sonucu, c) bölütleme sonucu kir bölgesinden çıkarılan bölgeler (hatalı algılanan kısımlar) ve kir bölgesine dahil edilen bölgeler (algılanamayan kısımlar).....	15
Şekil 2. 4. Oran fonksiyonunun bölüt piksel sayısına bağlı olarak aldığı değerler. ...	16
Şekil 2. 5. Ön algılama ile elde edilen pikseller etrafında çalışan bölütleme yönteminin akış şeması.....	17
Şekil 2. 6. “Silent” görüntü dizisi a) yapay kir eklenmiş 32. çerçeve, b) SDI-a çıkışı, c) bölütleme temelli son işlem çıkışı.	18
Şekil 2. 7. “Silent” görüntü dizisi yapay kir eklenmiş a) 92. çerçeve, b) 93. çerçeve, c) SDI-a çıkışı, d) bölütleme temelli son işlem çıkışı.....	19
Şekil 2. 8. a) “Silent” videosunun yapay kir eklenmiş 67. çerçevesi, b) $T = 25$, c) $T = 50$, d) $T = 100$, e) $T = 250$, f) $T = 500$ eşik değerleri kullanılarak SDI- a ön algılama sonrası bölütleme son işleminin etkisi.	20
Şekil 2. 9. Kir algılama nesnel başarımını gösteren ROC grafiği.	21
Şekil 2. 10. Önerilen SDI-a ve bölütleme temelli son işlemin ROC grafiğinin diğer yöntemlerle karşılaştırılması.....	22
Şekil 2. 11. ROD algılama yönteminde kullanılan pikseller.	23

Şekil 2. 12. a) “Silent” videosunun yapay kir eklenmiş 67. çerçevesi, b) $T = 5$, c) $T = 7$, d) $T = 10$, e) $T = 16$, f) $T = 22$ eşik değerlerinde S-ROD algılayıcı çıkışları.	25
Şekil 2. 13. Hareket karşılanmış S-ROD’da kullanılan pikseller.	27
Şekil 2. 14. a) “Silent” videosunun yapay kir eklenmiş 67. çerçevesi, Ön algılama eşiği $T_1 = 5$ olması durumunda farklı eşik değerleri ile hareket dengelemeli S- ROD sonuçları: b) $T_2 = 5$, c) $T_2 = 7$, d) $T_2 = 10$, e) $T_2 = 16$, f) $T_2 = 22$	27
Şekil 2. 15. Önerilen iki aşamalı S-ROD algılama yönteminin “Silent” görüntü dizisi için ROC grafiğinin diğer yöntemler ile karşılaştırılması.	28
Şekil 2. 16. a) “Silent” videosunun yapay kir eklenmiş 67. çerçevesi, Ön algılama eşiği $T_1 = 5$ olması durumunda farklı eşik değerleri ile hareket dengelemeli S- ROD ve bölütleme temelli son işlem sonuçları: b) $T_2 = 5$, c) $T_2 = 7$, d) $T_2 = 10$, e) $T_2 = 16$, f) $T_2 = 22$	29
Şekil 2. 17. a) “Panama” videosunun 5218. çerçevesi, b) iki aşamalı S-ROD ve c) bölütleme temelli son işlem çıkışı.	30
Şekil 2. 18. İki aşamalı S-ROD ve bölütleme temelli son işlem kullanılması durumunda “Silent” görüntü dizisi için ROC grafiği.	31
Şekil 2. 19. a-d-g) Orjinal imge ve kesitler, b-e-h) yapay kir eklenmiş imge ve kesitler, c-f-i) doku temelli onarım sonuçları.	33
Şekil 2. 20. a-d) orjinal imge kesitleri, b-e) yapay kir eklenmiş imge kesitleri, c-f) parçalı doku temelli onarım sonuçları.....	34
Şekil 2. 21. Doldurma işleminin grafiksel gösterimi: a) Orjinal yapı ve bozuk bölge, b) bozuk bölgenin çevriti, c) bulunan çevritteki her bir piksel için sıra ile doldurma öncelik değerinin hesaplanması, d) bulunan öncelikli piksellerin doldurulması.	36
Şekil 2. 22. Farklı iterasyon değerleri için doldurma sonuçları ve kir maskeleri.	37
Şekil 2. 23. En iyi eşleşen uzak pencere arama stratejisi.....	39
Şekil 2. 24. a) Yapay kir etkisi bulunan, b) orjinal, c) kenar bölgelerine öncelik verilmeden doldurulan, d) önerilen yöntem ile doldurulan imge parçası.	41
Şekil 2. 25. a-d) orjinal imge kesitleri, b-e) yapay kir eklenmiş imge kesitleri, c-f) kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli doldurma yöntemi ile doldurulan imge parçası.	42

Şekil 2. 26. “Silent” ve “Hall Monitor” görüntü dizileri için onarım yöntemlerinin başarımlarının MAD ve PSNR ölçütleri ile karşılaştırması: a) “Silent” MAD, b) “Silent” PSNR, c) “Hall Monitor” MAD, d) “Hall Monitor” PSNR.....	43
Şekil 2. 27. a) “Panama” videosu 5218. çerçeve için b) iki aşamalı S-ROD ile algılanan kir bölgeleri, c) onarım sonucu, d) bölütleme temelli son işlem uygulanarak elde edilen kir maskesi, e) onarım sonucu, f) iki aşamalı S-ROD sonrası doldurulan imge kesiti, g) bölütleme temelli son işlem sonrası doldurulan imge kesiti.	45
Şekil 2. 28. Arşiv videolarda karşılaşılan kir etkisinin onarımı: a) “Panama” 5219., b) “Mount” 45. orijinal çerçeveleri, c-d) kir etkisi onarılmış çerçeveler.....	46
Şekil 3. 1. a) “Mount” videosunun 1820. çerçevesi, b) “Askme” videosunun 160. çerçevesindeki sıyrık etkileri.	47
Şekil 3. 2. a) Bruni and Vitulano (2004) tarafından önerilen yöntemle elde edilen sıyrık adayları, b) önerilen zamansal doğrulama sonucu ayrıştırılan sıyrık adayları.	53
Şekil 3. 3. Zamansal doğrulama işlemi ile elde edilen sıyrık adayları üzerinden yapılan ikili açma işlemi sonrası elde edilen sıyrıklar.....	54
Şekil 3. 4. “Mount” ve “Askme” videolarından sıyrık onarımına örnekler: a-c) Orjinal imge çerçeveleri, b-d) Onarılmış imge çerçeveleri.	56
Şekil 3. 5. a-c) Gerçek imge çerçevelerinden kesitler, b-d) sıyrık etkisi giderilmiş kesitler.....	57
Şekil 4. 1. “Alaska” videosundan örnek bir gürültülü imge çerçevesi.	58
Şekil 4. 2. Süzgeçleme işleminde kullanılan 3-B pencere yapısı.	62
Şekil 4. 3. a) $\sigma = 2$, b) $\sigma = 5$, c) $\sigma = 10$ değerlerinde AWGN eklenmiş örnek imge çerçevesi.	64
Şekil 4. 4. $\sigma = 2$ değeri için yöntemlerin PSNR sonuçları: a) “Silent”, b) “Hall Monitor”.	65
Şekil 4. 5. $\sigma = 5$ değeri için yöntemlerin PSNR sonuçları: a) “Silent”, b) “Hall Monitor”	66

Şekil 4. 6. $\sigma = 10$ değeri için yöntemlerin PSNR sonuçları: a) “Silent”, b) “Hall Monitor”.	67
Şekil 4. 7. “Silent” görüntü dizisinin a) orjinal, b) $\sigma = 5$ gürültü eklenmiş 12. çerçevesi.	68
Şekil 4. 8. “Silent” görüntü dizisi 12. çerçeve için süzgeçleme sonuçları: a) Lim (1990), b) Zlokolica et al (2002), c) Chan et al (2005), d) Önerilen yöntem.	69
Şekil 4. 9. “Silent” görüntü dizisinin 12. çerçevesinin yüz bölgesi için süzgeçleme sonuçları: a) orjinal yüz bölgesi, b) gürültü eklenmiş yüz bölgesi, c) Lim (1990), d) Zlokolica et al (2002), e) Chan et al (2005), f) Önerilen yöntem sonuçları.	70
Şekil 4. 10. “Alaska” videosu a) 10252. çerçevesi, b) önerilen yöntem ile elde edilen gürültü azaltım sonucu, c) orjinal imgeden kesit, d) süzgeçlenmiş imgeden kesit.	71
Şekil 4. 11. “Mount” videosu a) 1302. çerçevesi, b) Zlokolica et al (2002), c) Chan et al (2005), d) Önerilen yöntem.	73

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2. 1. Farklı yöntemlerin, “Silent” ve “Hall Monitor” dizilerinin ilk 100 çerçevedeki ortalama PSNR ve MAD değerleri.....	43
Tablo 2. 2. Uyumlama ve doldurmada kullanılan ışıklılık dönüşümünün doldurma başarımına etkisi.....	44
Tablo 4. 1. Yöntemlerin gürültü azaltımı nesnel başarımlarının PSNR cinsinden karşılaştırılması.....	68



BÖLÜM 1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze, bilimsel, sanatsal, tarihi ve kültürel mirasın önemli bir kısmı film arşivlerinde saklanmaktadır. Saklanan verinin saklama ortamından dolayı zamanla bozulması veya kaybolması olası bir durumdur. Film üzerinde oluşan bazı bozulmaların kimyasal ve fiziksel onarım yöntemleri ile giderilebilmesi veya azaltılabilmesi mümkündür fakat bu maliyetli, yoğun emek gerektiren ve birçok kısıtlaması olan bir uğraştır. Saklama süresini uzatabilmek için mevcut olan filmin yeni film şeritlerine ya da video kasetlerine kopyalanması alternatif olarak kullanılmaktadır. Bu durumda elde edilen kopyada, kopyalama işleminin getirdiği yeni bozulmalar oluşmaktadır.

Arşiv filmlerinin sayısal ortama aktarılması birçok alanda kolaylık sağlamaktadır. Günümüzde kullanılan sayısal kayıt ortamlarının yüksek veri kapasitelerine erişmiş olması, çok miktardaki arşiv filminin sayısal hale dönüştürülüp, sayısal ortamlarda saklanmasını, rahat erişilebilir ve kullanılabilir veri tabanları oluşturulmasını oldukça kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda, sayısal teknoloji ile birlikte kopyalama işlemi kolay ve kayıpsız biçimde yapılabilmektedir. Analog kayıt ortamlarındaki filmlerde oluşan bozulmaların önüne geçebilmek için de sayısal ortama aktarım gereklidir. Bunların yanında, arşiv filmlerinin sayısal ortama aktarılması ile yeni videoların oluşturulması gibi arşiv filmlerine değer kazandırma çalışmalarına da olanak sağlanmaktadır.

Çekim zamanındaki teknolojik yetersizlikler, yaşlanma ve tekrar kullanımdan dolayı film arşivleri genellikle birçok bozulmaya maruz kalmaktadır. Analog film üzerinde bu bozuklukların giderilebilmesi için öncelikle onarım işlemini gerçekleştirecek tecrübeli bir operatöre ihtiyaç vardır. Bunun yanında, onarım süresinin, maliyetin ve harcanacak çabanın fazlalığı gibi faktörler de analog ortamda film onarımını zor kılmaktadır.

Arşiv filmlerinin sayısal ortama aktarılması ile, sayısal işaret işleminin üstünlüklerinden faydalanma olanağı da oluşmaktadır. Böylece, video onarım işlemi daha esnek ve etkili bir hal almaktadır. Bunun yanında, video onarımı için sayısal işaret işleme yöntemlerinin geliştirilmesi ile operatör desteğine olan gereksinim azaltılabilmekte ya da giderilebilmekte, aynı zamanda maliyet ve onarım süresinden de tasarruf sağlanabilmektedir (Roosmalen 1999, Bornard 2002).

Sayısal video onarımı yakın zamanda genellikle uzman operatör tarafından, gerekli ayarlama ve düzenlemeler yapılarak gerçekleştirilmektedir. Bu durumda, video onarım işlemi sayısal ortamda yapılmasına rağmen, onarım uzun sürebilmekte, aynı zamanda operatör kullanımı nedeniyle de maliyet fazla olmaktadır. Günümüzde ise sayısal teknolojinin çok hızlı ilerlemesine bağlı olarak, operatör desteğine gerek duymayan video onarım sistemlerinin geliştirilmesi üzerinde çalışılmaktadır. Bu amaçla, 1995-1999 yılları arasında Avrupa Birliği ACTS programı ile AURORA (AUtomedated Restoration of ORiginal film and video Archives) projesi yürütülmüştür. Bu projeyi 2000-2002 yılları arasında BRAVA (BRoadcast Archives restoration through Video Analysis) adlı proje takip etmiştir (Rareş 2004).

1.1. Kapsam

Bu tez çalışması kapsamında, arşiv videolarında sıklıkla karşılaşılan bazı bozulmaların algılanması ve giderilmesine yönelik yöntemlerin geliştirilmesi üzerinde durulmuştur. Geliştirilen yöntemlerde, algoritmaların hızlarından öte, algılama ve onarım performanslarının yüksek olmasına öncelik verilmiştir.

Tez çalışması süresince, siyah-beyaz videolar üzerinde çalışılmıştır. Bunun nedeni, arşiv videolarının çoğunluğunun siyah-beyaz olması ve geliştirilen algoritmaların küçük eklenti ve değişiklikler ile renkli videolarda da rahatlıkla kullanılabilir olmasıdır.

Arşiv videolarında karşılaşılan 150'den fazla bozukluk tipi AURORA projesi kapsamında derlenmiş fakat ilgili proje kapsamında da, arşiv videolarında sıklıkla

karşılaşılan gürültü (noise) (Ozkan et al (1993), Chan et al (2005)), kir (blotch) (Bornard (2002), Kokaram et al (1995a, 1995b)), düşey sıyrık (line scratch) (Bretschneider et al (2001), Besserer and Thire (2004)), kırpışma (flicker) (Roosmalen et al (1999), Güllü ve diğ. (2005)) ve titreşim (unsteadiness) (Gullu et al (2003), Gullu and Erturk (2004)) bozulmalarının onarımı üzerine çalışılmıştır.

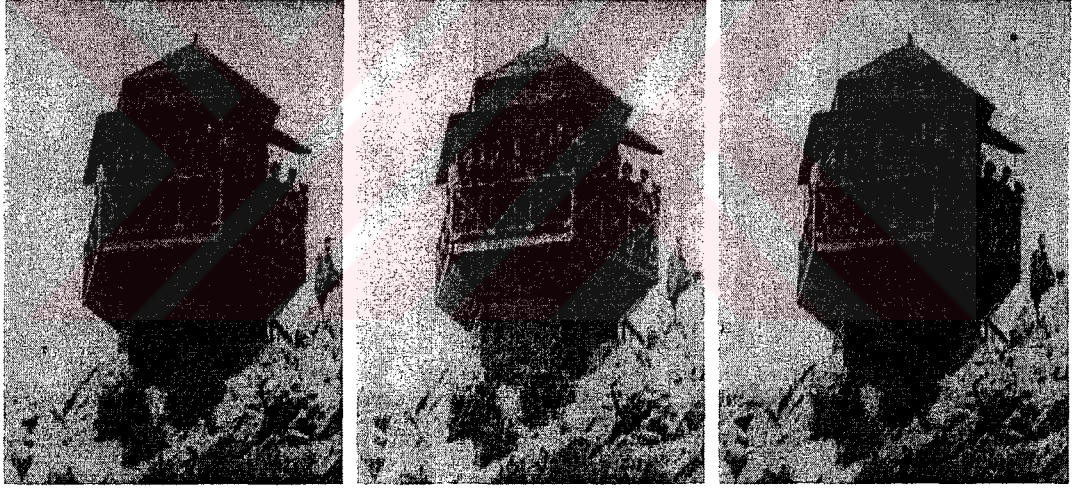
1.1.1. Arşiv videolarında sıklıkla karşılaşılan bozukluk tipleri

Arşiv videolarında sıklıkla karşılaşılan bozukluk tipleri yukarıda da bahsedildiği gibi kırpışma, kir, sıyrık, gürültü ve titreşim şeklinde sıralanabilmektedir.

- Kırpışma (Bkz. Şekil 1.1): Çerçveden çerçeveye, doğal olmayan ışıklılık değişimleri olarak tanımlanmaktadır. Bu etkinin en çok bilinen nedeni, film makinesindeki enstantane hızının düzensizliğinden kaynaklanan pozlandırma farklılıklarıdır. Dengesiz film yaşlanması ya da bozulması da uzamsal değişken kırpışma etkisine neden olabilmektedir.
- Kir (Bkz. Şekil 1.2): Film yüzeyini kaplayan jelatindeki kayıplar/bozulmalardan veya toz ve saç teli gibi malzemelerin elektrostatik çekim nedeniyle film yüzeyine yapışmasından kaynaklanmaktadır. Kir etkisi, ardışık çerçevelerde aynı konumda bulunma olasılığının çok düşük olmasından dolayı dürtüsel gürültü olarak ele alınmaktadır. Bu bozulmanın operatör destekli onarım sistemlerinde giderilmesi oldukça uzun zaman almaktadır.
- Sıyrık (Bkz. Şekil 1.3): Film makinesi ile film malzemesinin teması sonucu film yüzeyinde oluşan çiziklerden kaynaklanmaktadır. Film üzerinde temel kısımda (base side) ya da emülsiyon kısmında (emulsion side) oluşabilir. Koyu ya da açık sıyrık etkisi olarak gözlenebilir. Genellikle ardışık çerçevelerde aynı ya da yakın konumda bulunur.
- Gürültü (Bkz. Şekil 1.4): Bütün kayıt işaretlerinde karşılaşılan genel problemdir. Arşiv filmleri de farklı tipte gürültülere maruz kalmaktadır. Bunlardan önemli bir

tanesi film tanecik gürültüsüdür (film grain noise). Film tanecik gürültüsü, film malzemesi üzerindeki ışığa hassas elemanlardan kaynaklanmaktadır. Bu gürültü tipi uzamsal olarak ilişkili olmakla birlikte, işaret bağımlı özellik göstermektedir. Bu tip gürültü etkisi azaltılabilesine rağmen, filmde yapaylık hissi uyandırmasından dolayı tamamen kaldırılması genellikle istenmeyen bir durumdur. Arşiv filmlerinin sayısala dönüştürülmesi sürecinde oluşan ısıl gürültü ve nicemleme hatası gibi etkenler de sayısal videoda gürültü etkisine neden olabilmektedir.

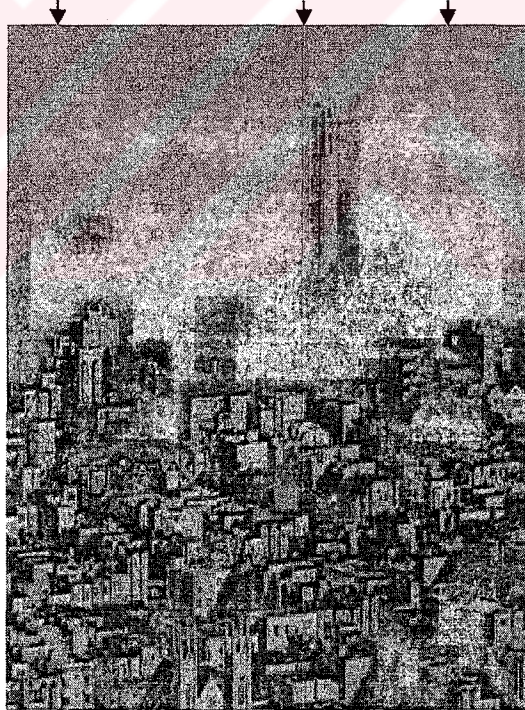
- Titreşim: Çekim sırasında istenmeyen kamera hareketlerinden kaynaklanmaktadır. Bütünsel konum vektörlerinde titreşimden kaynaklanan, istenmeyen yüksek frekans bileşenlerinin giderilmesi ile videodan bu etki kaldırılabilir.



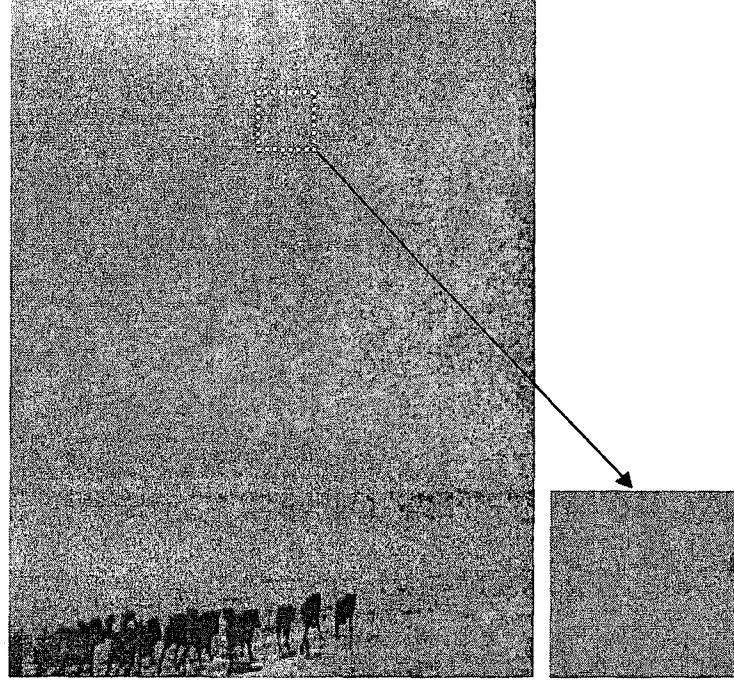
Şekil 1. 1. Kırpışma etkisi.



Şekil 1. 2. Kir etkisi.



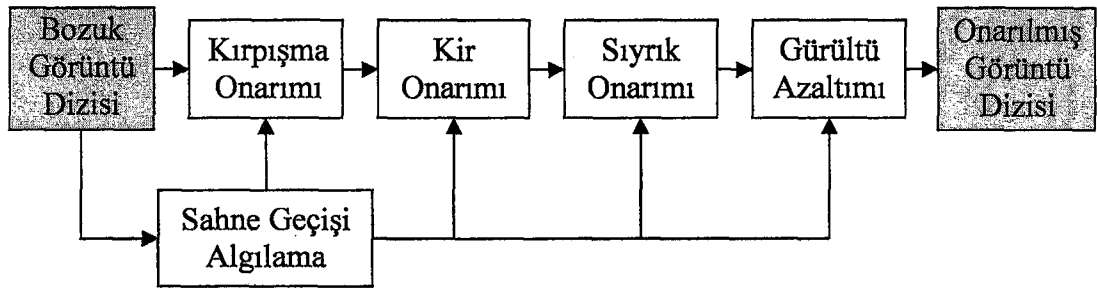
Şekil 1. 3. Sıyrık etkisi.



Şekil 1. 4. Gürültü etkisi.

1.1.2. Video onarım sisteminin genel yapısı

Arşiv videolarındaki bütün bozulmaların giderilmesine yönelik tek bir yöntemin geliştirilmesine çalışılması mümkün olmakla birlikte, farklı bozulmalar için farklı yöntemlerin geliştirildiği modüler yaklaşımlar daha esnek ve yüksek başarılı onarıma olanak sağlamaktadır. Bu nedenle bu tez kapsamında arşiv videolarındaki bozuklukların onarımı için Şekil 1.5’de görüldüğü gibi modüler onarım stratejisi kullanılmıştır.



Şekil 1. 5. Arşiv video onarımı için kullanılan modüler onarım stratejisi.

Şekil 1.5’de gösterilen yapıdaki kırışma onarım sistemi çerçeveler arası ışıklılık değişimlerini ortadan kaldırmakta ve aynı zamanda sonraki onarım aşamalarında kullanılacak olan yerel hareket kestirimi performansına da önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Kir onarım sistemi ile, imge çerçevelerinde koyu veya açık tonlu dürtü özelliği gösteren bozulmalar videodan giderilmektedir. Sıyrık onarım sistemi düşey sıyrık etkilerini algılayıp onarmakta, gürültü onarım sistemi de mevcut olan gürültü etkisini videodaki detayları mümkün olduğunca kaybetmeden azaltmayı amaçlamaktadır.

Bu tez çalışması, TÜBİTAK tarafından desteklenen ve 2005 yılında başarı ile sonuçlandırılan “Arşiv Filmleri İçin Görüntü Kalitesi Onarımı” adlı ve EEEAG/103E007 numaralı proje kapsamında yapılan çalışmaların belirli kısımlarını kapsamaktadır. Bu tez kapsamında ele alınan kısımlar; kir, sıyrık ve gürültünün onarılması şeklinde sıralanmaktadır. Yine aynı proje kapsamında sahne geçişi algılama (Urhan ve diğ. (2004, 2005), Güllü ve diğ. (2004)) ve kırışma onarımı (Güllü ve diğ. (2005)) için geliştirilen sistemler, bu tez çalışmasında geliştirilen onarım yaklaşımlarının öncesinde kullanılmaktadır. Videodaki titreşimlerin giderilmesi konusunda yüksek başarımlı çalışmaların daha önce yapılmış olmasından dolayı (Gullu and Erturk (2004)), bu tez kapsamında video titreşimlerinin giderilmesi konusu ele alınmamıştır.

1.2. Tezin Ana Hatları

Bölüm 2’de, kir bozukluğunun nedenleri ve özellikleri hakkında temel bilgiler verildikten sonra, öncelikle mevcut olan yöntemler kısaca ele alınmaktadır. Bu bozukluğun algılanması üzerine ilk olarak SDI-a (Spike Detection Index-a) algılayıcısına bölütleme temelli bir son işlem eklenerek yeni bir algılama yöntemi geliştirilmiş ve bu yöntemin başarımlı değerlendirilmiştir. Daha sonra, geliştirilen yüksek başarımlı, iki aşamalı ve hareket dengelemeli çalışan S-ROD (Simplified-Rank Ordered Difference) algılayıcı yapısı incelenmektedir. Sonrasında, algılama başarımlarını arttırmak için geliştirilen bölütleme temelli son işlem bu yöntemde dahil edilerek, elde edilen nesnel ve görsel başarımların değerlendirilmesi yapılmaktadır.

Kir algılama için geliştirilen yöntemler incelendikten sonra, algılanan kir bölgelerinin doldurulması için kullanılan/kullanılabilecek mevcut yöntemler kısaca ele alınmaktadır. Daha sonra, geliştirilen nesne temelli zaman-uzamsal onarım sistemi anlatılmaktadır. Bu yöntemin görsel başarımını arttırmak için kullanılan parça temelli doldurma yöntemi incelenmektedir. Nesne ve parça temelli doldurma yöntemlerinin görsel başarımları incelendikten sonra geliştirilen piksel temelli, kenar bölgelerine öncelik veren zaman-uzamsal doldurma yöntemi incelenmektedir. Sonrasında, geliştirilen piksel temelli, kenar bölgelerine öncelik veren zaman-uzamsal doldurma yöntemi farklı yöntemlerle karşılaştırılarak doldurma başarımı ele alınmaktadır. En son, kir algılama ve doldurma için geliştirilen yöntemlerin arşiv videolarındaki başarımları incelenerek, karşılaşılan/karşılaşılabilecek problemlere değinilmektedir.

Bölüm 3'de, sıyrık bozukluğunun nedenleri ve özellikleri hakkında temel bilgiler verilmektedir. Sıyrık etkisinin algılanması üzerine literatürdeki çalışmalara değinilmektedir. Sonra, özellikle uzamsal konumu zamansal olarak değişmeyen düşey sıyrık etkilerinin algılanması üzerine geliştirilen, zamansal tutarlılık bilgisine güvenen yöntem incelenmektedir. Onarım aşamasında, kir doldurma işleminde de kullanılan, kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli zaman uzamsal yöntem temel alınmıştır. Farklı olarak, doldurma stratejisine çerçeve içi arama ölçütü de eklenmiştir.

Bölüm 4'de, öncelikle arşiv videolarındaki gürültü etkisinin nedenleri ve özellikleri hakkında temel bilgiler verilmektedir ve sonra imgede ve videoda gürültü giderimi üzerine geçmişte yapılan çalışmalar kısaca incelenmektedir. Daha sonra, tez çalışmasında geliştirilen kenar bölgelerini koruyan, zaman uzamsal video gürültü onarım sistemi ayrıntılı olarak incelenmekte ve başarımları farklı yöntemlerle karşılaştırılmaktadır. Geliştirilen sistemin arşiv videolarındaki görsel başarımı değerlendirilmektedir.

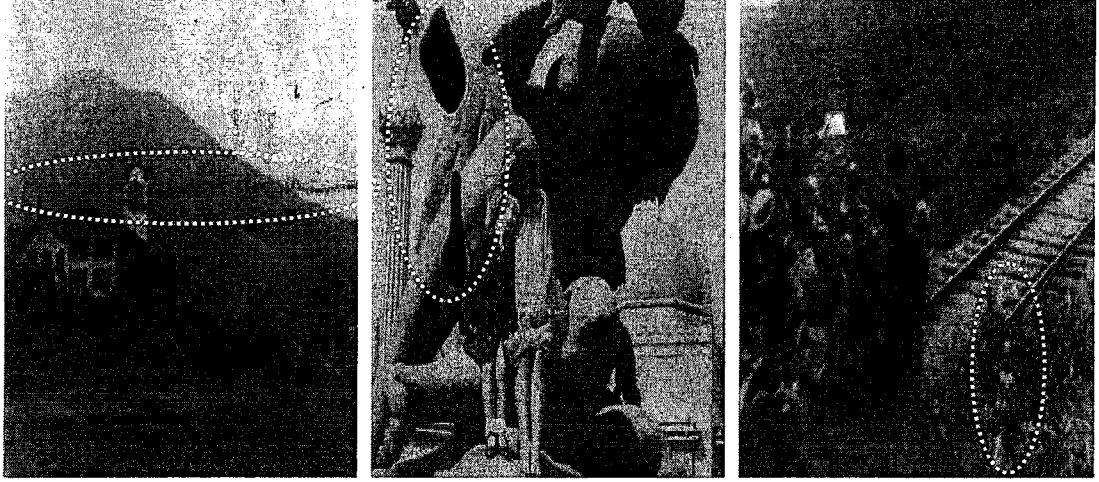
BÖLÜM 2. KİR ONARIMI

2.1. Giriş

Kir etkisi, film yüzeyini kaplayan jelatindeki kayıplar/bozulmalardan veya toz ve saç teli gibi malzemelerin elektrostatik çekimle film yüzeyine yapışmasından kaynaklanmaktadır. Kir etkisi, ardışık çerçevelerde aynı konumda bulunma olasılığının çok düşük olmasından ve ilgili bölgedeki orjinal piksel değerlerinin tamamen ya da büyük ölçüde kaybolmasından dolayı dürtüsel gürültü olarak ele alınmaktadır. Şekil 2.1’de kir bozulmasına farklı videolardan örnek imge çerçeveleri verilmektedir.

Kir bozulmasının özellikleri genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir (Bornard 2002).

- İmge çerçevesinin ilgili konumundaki verinin çoğunlukla tamamen kaybolmasına neden olmakla birlikte, bazen saydam etki de gösterebilmektedir.
- Genellikle açık ya da koyu tonlarda olmakla birlikte, bazen ara tonlarda kir etkisi de görülebilmektedir.
- Boyutları birkaç pikselden başlamakla birlikte, nadiren de olsa imge çerçevesinin büyük bir kısmını kaplayacak boyutlarda da görülebilmektedir.
- Şekilleri belli bir düzen içermez ve rasgeledir.



Şekil 2. 1. Kir bozulmasına farklı örnekler.

Kir etkisi bulunan bir imge çerçevesi (I_d) aşağıdaki gibi modellenebilir (Ghaderi and Kasaei (2004)).

$$I_d(x, y) = [1 - b(x, y)] \times I_o(x, y) + b(x, y) \times C(x, y) \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte I_o , sağlam imge çerçevesini; $C(x, y)$, bozuk pikselin ışıklılık değerini; $b(x, y)$ ise ilgili pikselin kir olup olmadığını gösteren değişkendir. Burada $b(x, y) = 1$ olması durumunda ilgili pikselin kir etkisine maruz kaldığı, $b(x, y) = 0$ olması durumunda ilgili pikselin sağlam olduğu belirtilmektedir.

Kir etkisinin videodan arındırılması; kir bölgelerinin algılanması ve algılanan bölgelerin doldurulması olmak üzere iki aşamalı gerçekleştirilmektedir. Eşitlik (2.1)'deki $b(x, y)$ ikili değerlerinin bulunması işlemi kir algılamaya, kir algılanan pikseller ($b(x, y) = 1$ olan pikseller) için $I_o(x, y)$ değerinin bulunması da doldurma işlemine karşılık gelmektedir.

2.2. Kir Etkisinin Algılanması

Kir etkisinin algılanması için geliştirilen yöntemler genellikle zamansal süreksizliği yakalama temeline dayanmaktadır (Kokaram et al (1995a), Nadenau and Mitra (1997), Roosmalen et al (1999), Saito et al (2000), Ghaderi and Kasaei (2004)). Kokaram et al (1995a) tarafından önerilen SDI-a (Spike Detection Index-a) yönteminde bütünsel hareket dengelemesi yapılmış ardışık 3 çerçeve için piksel temelli farklara bakılmakta ve önceden belirlenmiş bir eşiğin üzerinde fark oluşması durumunda ilgili piksel kir olarak nitelendirilmektedir. Yine aynı çalışmada model temelli AR (Auto-Regressive) ve MRF (Markov Random Field) yöntemleri önerilmiştir. AR yaklaşımı, düşük ışıklılık farkı oluşturan kirleri kaçırmakla birlikte, işlem yükü oldukça fazla olan bir yöntemdir. MRF yaklaşımı ise SDI-a algılayıcısından daha iyi algılama performansı vermesine karşın, bu yöntemin de işlem yükü çok fazladır.

Nadenau and Mitra (1997) tarafından önerilen ROD (Rank Ordered Difference) yöntemi ise ardışık 3 imge çerçevesi kullanarak, ilgili pikselin değerinin komşu çerçevelerdeki pikseller ile ilişkisini bulmaya çalışmakta ve bu ilişkinin düşük olduğu pikseller için kir kararı verilmektedir.

ROD algılama yönteminde üç ayrı eşığe gerek duyulmasından dolayı, bir eşik kullanarak algılama yapan basitleştirilmiş ROD (S-ROD) yöntemi Roosmalen et al (1999) tarafından önerilmiştir. Önerilen yöntem hızlı ve etkin bir şekilde kir bölgelerini algılamaktadır. Buna rağmen yöntemdeki hatalı algılamaların azaltılması gerekmektedir.

Saito et al (2000) tarafından önerilen yöntem, sabit hızlı hareket modelini temel olarak ardışık 3 çerçeve içerisinde ilgilenilen pikselin yapabileceği en yumuşak geçiş doğrultusunu bulmaktadır. En yumuşak geçişin yakalandığı doğrultuda, ilgili piksel için geriye doğru fark ve ileriye doğru fark hesaplanmakta ve bu iki değer içerisinde küçük olan fark değeri, önceden tanımlanmış bir eşikten büyük olduğu takdirde ilgili piksel için kir kararı verilmektedir.

Ghaderi and Kasaei (2004) tarafından önerilen yöntemde temelde SDI-a algılayıcısı sonuçlarına iki farklı son işlem yapılarak, özellikle kenar bölgelerinde ortaya çıkan fazladan algılamaların üstesinden gelinmeye çalışılmaktadır. İlk yöntemde, bir sınırlamalı yayma yaklaşımı ile kenar bölgelerinden kaynaklanan hatalı algılamaların azaltılması üzerine çalışılmıştır. Diğer yöntemde ise imge çerçevesinde blok temelli histogram bilgisi kullanılarak farklı bölgeler belirlenmektedir. Bu bölgeler içerisinde elde edilen SDI-a çıkışlarının ortalama değeri ile bölge içerisindeki piksellerin farkı incelenerek, belirlenen eşikten yüksek fark veren pikseller kir olarak algılanmaktadır. Bu yöntemlerden ilki, az da olsa hatalı algılamaların önüne geçebilmiştir.

Yukarıda anlatılan yöntemlerin temel olarak eksikliği, ardışık çerçevelerde örtüşen (occluded) kir olması durumunda, bu bölgelerdeki kir etkisinin algılanamamasıdır. Gangal et al (2004) tarafından önerilen yöntemde beş çerçevelik zamansal maskede çok çözünürlüklü blok bazlı yerel hareket kestirimi ile ROD algılama yöntemi kullanılarak kir bölgeleri algılanmıştır. 5 çerçeve kullanması ve kir etkisini hesaba katarak hareket kestirimi yapmasından dolayı bu yöntem örtüşen (occluded) kir bölgelerinde de algılama yapabilmektedir. Buna rağmen işlem yükünün çok fazla olması yöntemin en büyük dezavantajıdır.

Ayrıca, SDI-a, ROD, S-ROD, AR ve MRF gibi yöntemler kenar bölgelerindeki değişimlere duyarlıdır. Yöntemlerin kenar bölgelerine tepkili olmasından dolayı hatalı algılama değerleri de artmaktadır. Ghaderi and Kasaei (2004) tarafından, bu tip hatalı algılamaların azaltılması için son işlemlerin yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Bu tez kapsamında geliştirilen ilk yöntemde SDI-a algılayıcısı çıkışı, bölüt bilgisi kullanılarak son işlemde geçirilmekte ve bu sayede kısmi örtüşen kir bölgelerinin algılanması mümkün olmaktadır. Geliştirilen ikinci yöntemde ise kenar bölgelerinden kaynaklanan hatalı algılamaların azaltılabilmesi için, S-ROD çıkışı elde edilen pikseller üzerinden piksel temelli hareket dengelemesi yapıldıktan sonra yine S-ROD kullanılarak ikinci bir algılama işlemi yapılmakta ve böylece bu tip hatalı algılamaların üstesinden gelinmeye çalışılmaktadır. Sonrasında kısmi örtüşen kir bölgelerinin algılanmasını sağlamak için yine SDI-a algılayıcısı sonrası yapılan bölütleme temelli son işlem kullanılmaktadır.

2.2.1. SDI-a ve bölütleme temelli son işlem

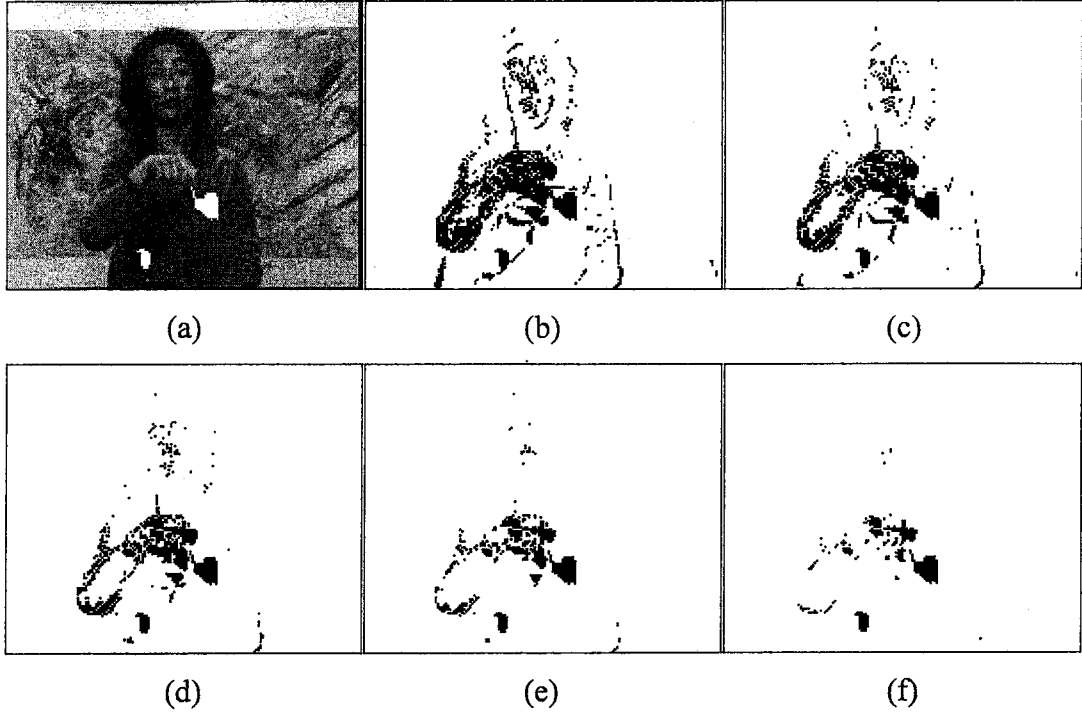
Kokaram et al (1995a) tarafından önerilen SDI-a yöntemi temel olarak kir etkisinin imge çerçeveleri arasında zamansal süreksizlik oluşturduğu temeline dayanmaktadır. Bu süreksizliği algılamak için, blok eşleme kullanan çok çözünürlüklü bütünsel hareket karşılama yapılarak (Kokaram (1993)), hareket karşılanmış imge çerçeveleri üzerinden mutlak fark bilgileri kullanılmaktadır. Bu algılayıcının matematiksel ifadesi aşağıda verilmektedir.

$$\begin{aligned} e_b(x, y) &= [I_d(x, y) - I_{d-1}^{mc}(x, y)]^2 \\ e_f(x, y) &= [I_d(x, y) - I_{d+1}^{mc}(x, y)]^2 \\ b(x, y) &= \begin{cases} 1 & , \text{ eger } e_b(x, y) > T \text{ ve } e_f(x, y) > T \\ 0 & , \text{ diger} \end{cases} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Bu eşitlikte e_b ve e_f , o anki çerçeve ile sırasıyla bir önceki ve bir sonraki hareket karşılanmış çerçeveler arasındaki karesel farkı göstermektedir. Elde edilen fark değerlerinin her ikisinin de önceden belirlenen T eşliğinden büyük olması durumunda ilgili pikselin kir bölgesine ait olduğuna karar verilmektedir. Yapay kir eklenmiş test dizilerinde farklı algılama eşik değerleri ile elde edilen algılama başarımları değerlendirilerek, kullanılacak T eşığı belirlenebilmektedir.

Kir bölgelerinin algılanması ve doldurulması için geliştirilen yöntemlerin algılama ve doldurma başarımlarını nesnel olarak karşılaştırabilmek için “Silent” ve “Hall Monitor” test dizilerinin ilk 100 çerçevesi kullanılmış olup, farklı sayıda, biçim ve büyüklüklerde, siyah-beyaz yapay kir bozulmaları eklenmiştir.

Yapay kir eklenmiş “Silent” videosunun 67. çerçevesi için farklı eşik değerleri kullanılarak SDI-a ile algılanan kir bölgeleri Şekil 2.2’de verilmektedir. Test dizisi olarak “Silent” videosunun seçilmesinin önemli bir nedeni arka planın dokulu bir yapıya sahip olmasıdır.



Şekil 2. 2. a) “Silent” videosunun yapay kir eklenmiş 67. çerçevesi, b) $T = 25$, c) $T = 50$, d) $T = 100$, e) $T = 250$, f) $T = 500$ eşik değerlerinde SDI-a algılayıcı çıktıları.

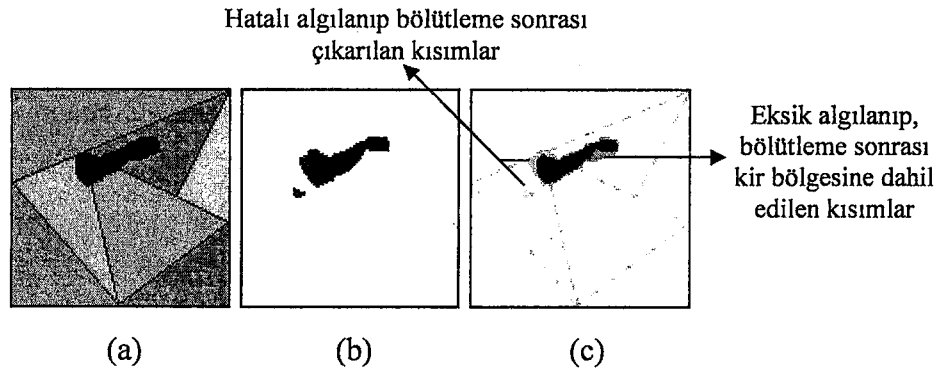
Şekil 2.2’de görüldüğü gibi düşük eşik değerlerinde kir bölgeleri başarıyla algılanmakla birlikte, kenar bölgelerinde ve videodaki gürültünün etkisiyle çok fazla hatalı algılama yapılmaktadır. Eşik değerinin büyük tutulması durumunda dahi fazladan algılamaların önüne geçilememektedir. Pratikte ise, gerçek sahnelerde eşik değeri büyüdükçe fazladan algılamaların kısmen üstesinden gelinebilmekte ancak özellikle yarı saydam özellik gösteren kir bölgeleri kaybedilebilmektedir.

SDI-a algılayıcısı iyi derecede doğru algılama performansı sunmakla birlikte, çok miktarda da fazla algılama yapmaktadır. Yapılan deneylerde, özellikle bütünsel hareket dengelemesinin yetersiz olduğu durumlarda kenar bölgelerinde hatalı algılama miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Bunların yanında bu yöntemin işlem yükü oldukça düşüktür. Çalışmanın bu kısmında kir algılama için SDI-a algılayıcısını doğrudan kullanmak yerine, bu algılayıcının bir ön algılayıcı olarak kullanılması ve bölütleme temelli bir son işlem ile algılama performansının artırılması üzerine çalışılmıştır.

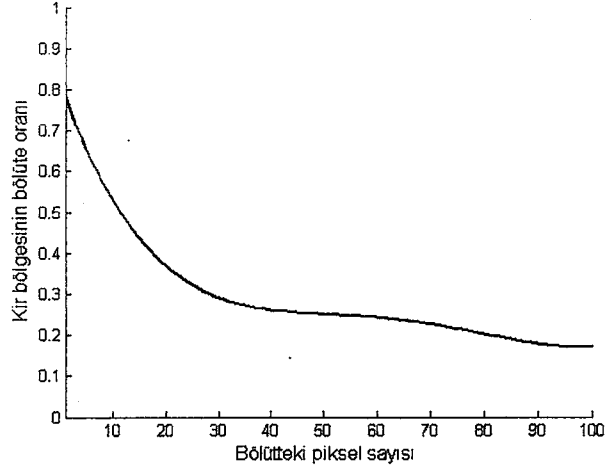
SDI-a algılayıcısının fazladan algılamalarının azaltılması ve kısmi örtüşen kir bölgelerinin algılanabilmesi için uzamsal (çerçeve içi) değişim bilgisi kullanılarak bölütleme temelli bir son işlem yapılmaktadır. Bölütleme işlemi sonrasında elde edilen veriler kullanılarak, bir bölütün belirli bir oranı SDI-a sonucu kir olarak algılanıyorsa, o bölütün tamamı kir olarak değerlendirilmektedir. Aksi takdirde, o bölütün kir olmadığına karar verilmektedir. Böylelikle, hem örtüşme gibi nedenlerden dolayı tam olarak algılanamayan kir bölgeleri yakalanabilmekte, hem de yerel hareket ve gürültü gibi etkenlerden dolayı hatalı olarak algılanılan küçük bölgeler ayırt edilebilmektedir. Bu durum Şekil 2.3’de gösterilmektedir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi, bir bölütteki kir olarak algılanan kısmın bölütün tamamına oranı kontrol edilerek, ele alınan bölütün kir olup olmadığına karar verilmektedir. Yapılan deneylerde, bu oranın bölüt boyutuna bağlı olarak değiştirilmesinin başarımı arttırdığı tespit edilmiştir. Bu amaçla deneysel olarak, bölüt büyüklüğüne bağlı olarak tespit edilen en uygun algılama oranı değerlerine 4. dereceden bir polinom uydurularak bir oran fonksiyonu elde edilmektedir. Elde edilen oran fonksiyonu (2.3)’de verilmektedir.

$$p(x) = (3.5887e - 8)x^4 - (9.4772e - 6)x^3 + (8.9067e - 4)x^2 - (3.6635e - 2)x + 0.8166 \quad (2.3)$$



Şekil 2. 3. a) Kir etkisi görülen imge parçası, b) ön algılama sonucu, c) bölütleme sonucu kir bölgesinden çıkarılan bölgeler (hatalı algılanan kısımlar) ve kir bölgesine dahil edilen bölgeler (algılanamayan kısımlar).

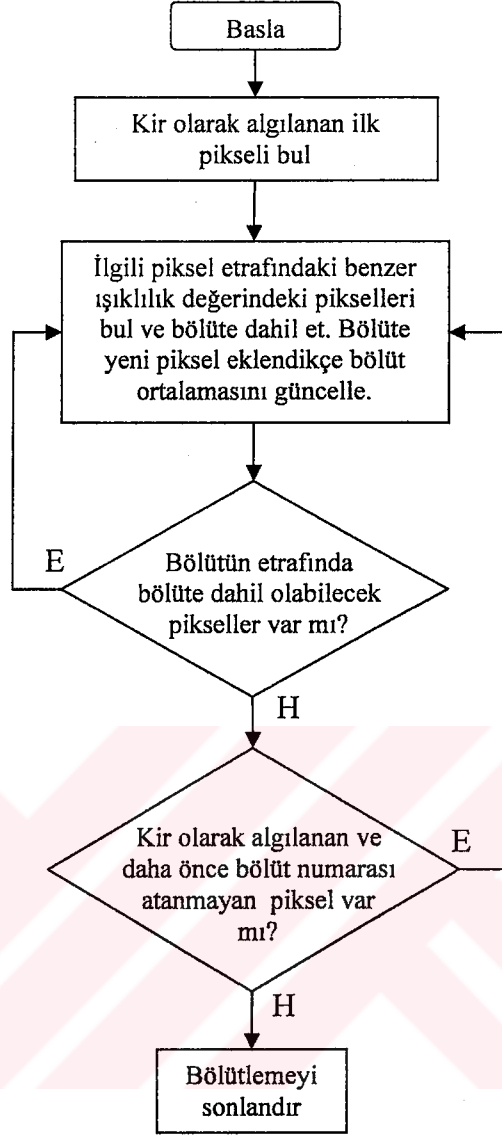


Şekil 2. 4. Oran fonksiyonunun bölüt piksel sayısına bağlı olarak aldığı değerler.

Bölütteki piksel sayısının 100'e kadar olan değerleri için oran fonksiyonunun aldığı değerleri gösteren grafik Şekil 2.4'de verilmektedir.

Bölütleme için öncelikle uzamsal bölütleme tekniklerinden Vincent and Soille (1991) tarafından önerilen watershed yöntemi denenmiş fakat bu yöntem ile yeterli başarımla elde edilememiştir. Bu nedenle tez kapsamında, imge çerçevesinin tamamını bölütlemek yerine, ön algılama ile algılanan piksellerin etrafında bölütleme yapan bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemin akış şeması Şekil 2.5'de görülmektedir.

Bölütleme işleminin tüm imge çerçevesi için yapılması yerine, yalnızca ön algılayıcı tarafından algılanan aday pikseller etrafında yapılması hesapsal yükü büyük ölçüde azaltmaktadır. Yöntemde öncelikle algılanan ilk aday için bir bölüt numarası atanmaktadır. Komşu piksellerden bir ya da daha fazla piksel ilgilenilen piksel ile ilişkili ise (ilgili piksel ile komşu pikselin farkı, fark eşliğinden (T_f) küçük ise), ilişkili piksel ya da piksellerden biri, konumsal önceliğine bağlı olarak bölüte dahil edilir ve bölüt ortalama değeri hesaplanır. Bölüte dahil edilen piksel etrafında yine ilişkili pikseller konumsal önceliğine göre aranarak, bölüte bütün pikseller dahil edilir ve bölüt ortalaması güncellenir. Bu şekilde bir bölüt yolu oluşmuş olur. Gidilen yolda bölüte dahil edilebilecek piksel kalmadığında, gidilen yoldan geri dönülerek bölüte dahil edilebilecek diğer pikseller bulunmaya çalışılır.



Şekil 2. 5. Ön algılama ile elde edilen pikseller etrafında çalışan bölütleme yönteminin akış şeması.

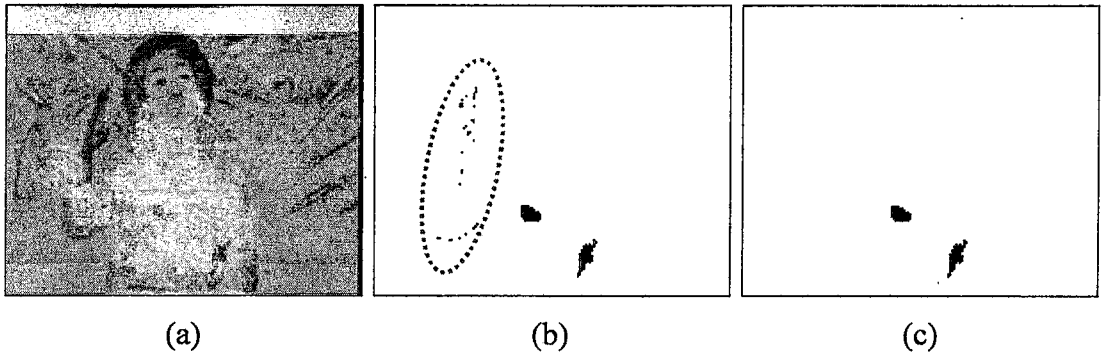
Bölüte dahil edilebilecek piksel bulunduğu yukarıdaki işlemler tekrarlanır. İmge çerçevesinde bu bölüte dahil edilebilecek piksel kalmadığında ise bölüt sonlandırılır ve bölüt numarası olmayan ve kir algılayıcısı tarafından algılanmış diğer bir piksele geçilerek, bu piksel için de yukarıda anlatıldığı gibi bölüt çıkartılır. İmge çerçevesi içerisinde kir algılayıcısı tarafından algılanan piksel kalmadığında ise imge çerçevesi için bölütleme işlemi sonlandırılır.

İmge çerçevesi için algılanan pikseller etrafında bölütleme işleminin yapılmasından sonra, belirlenen her bir bölüt içerisindeki algılanılan piksel sayısının bölüt boyutuna

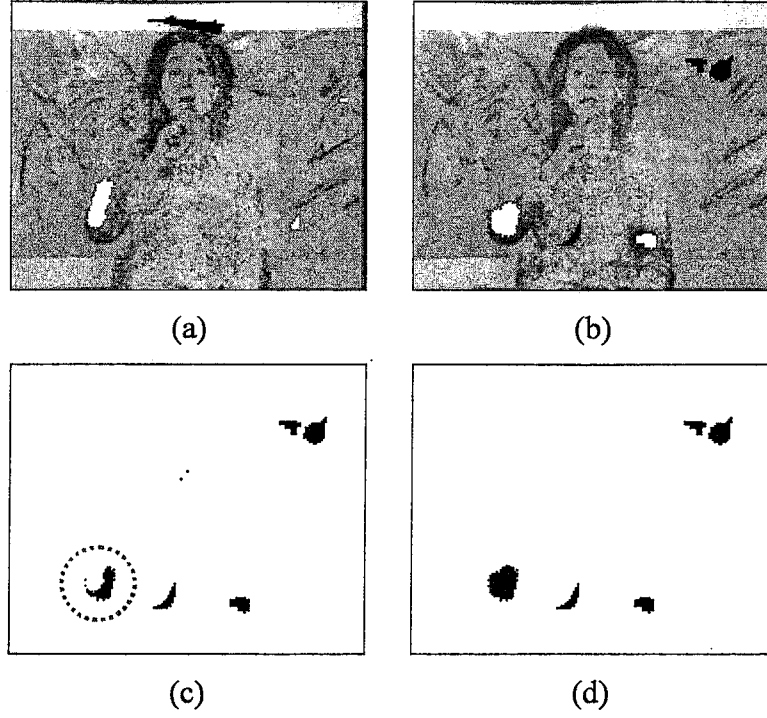
oranı, oran fonksiyonu tarafından belirlenen eşik değerleri kullanılarak değerlendirilmektedir. Bölüt içerisindeki algılanan piksel sayısının bölüt piksel sayısına oranı, oran fonksiyonundan elde edilen eşik değerinden büyük ise bölütün tamamı kir olarak belirlenir. Aksi durumda bölüt içerisindeki algılanan pikseller algılama maskesinden çıkartılır. Yöntemin hesap yükü, kir olarak algılanan piksel sayısına ve imge çerçevesinin yapısına bağlı olarak gerçek zamanlı olmasa bile gerçek zamanlıya yakın hızlarda çalışmaktadır.

Bölütleme işlemi, fark eşliğinin (T_f) farklı değerleri için denenmiş ve $T_f = 10$ değerinin hem test görüntülerinde hem de arşiv videolarında iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Yapay kir eklenmiş “Silent” görüntü dizisi için Şekil 2.6’da bölütleme temelli son işlemin hatalı algılamaların azaltılmasında, Şekil 2.7’de ise kısmi örtüşen kir durumunda algılanamayan bölgenin geri algılanmasında sağladığı katkı açıkça görülmektedir.

Şekil 2.6’den görüldüğü üzere bölütleme temelli son işlem, videodaki yerel hareketten dolayı SDI-a çıkışında hatalı algılanan bölgeleri başarıyla kaldırmaktadır. Ardışık çerçevelerde örtüşen kir bölgesinin SDI-a ile algılanmadığı, bu durumda bölütleme temelli son işlemin algılanamayan kir bölgelerini geri kurtarabildiği Şekil 2.7’de görülmektedir.

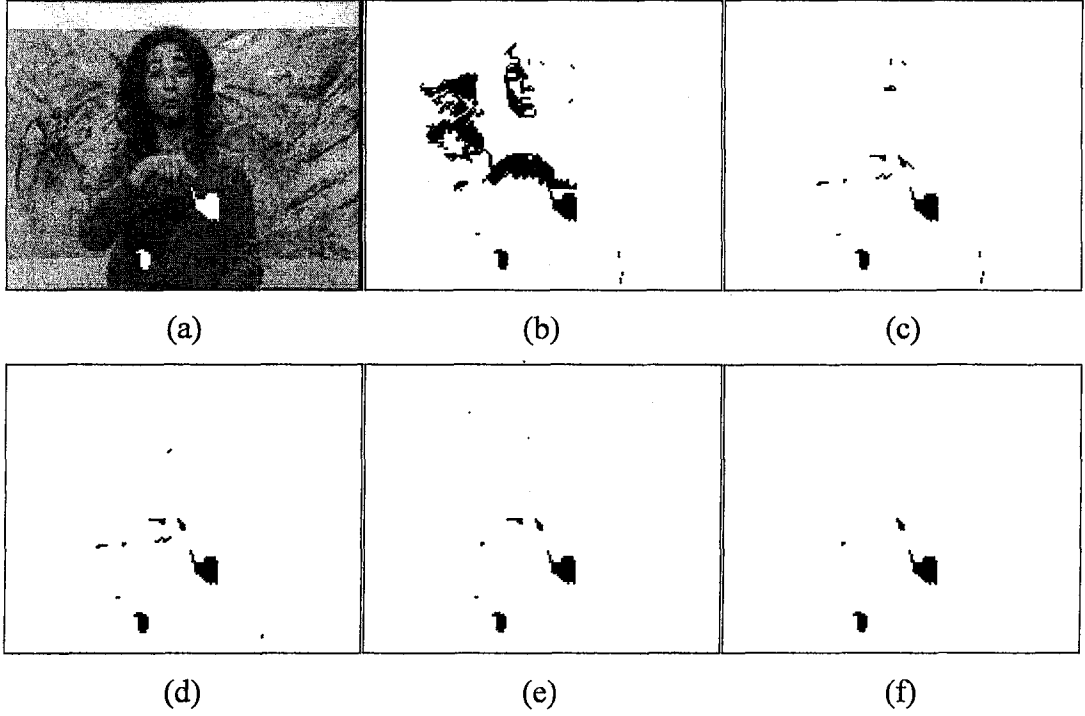


Şekil 2. 6. “Silent” görüntü dizisi a) yapay kir eklenmiş 32. çerçeve, b) SDI-a çıkışı, c) bölütleme temelli son işlem çıkışı.



Şekil 2. 7. “Silent” görüntü dizisi yapay kir eklenmiş a) 92. çerçeve, b) 93. çerçeve, c) SDI-a çıkışı, d) bölütleme temelli son işlem çıkışı.

“Silent” videosunun 67. çerçevesi için bölütleme temelli son işlemin eklendiği SDI-a ile farklı eşik değerleri kullanılarak algılanan kir bölgeleri Şekil 2.8’de görülmektedir. Bu sonuçlar Şekil 2.2’deki SDI-a algılayıcısı çıkışları ile karşılaştırıldığında, önerilen son işlemin test dizilerindeki algılama başarımına etkisi açıkça görülmektedir.



Şekil 2. 8. a) “Silent” videosunun yapay kir eklenmiş 67. çerçevesi, b) $T = 25$, c) $T = 50$, d) $T = 100$, e) $T = 250$, f) $T = 500$ eşik değerleri kullanılarak SDI-a ön algılama sonrası bölütleme son işleminin etkisi.

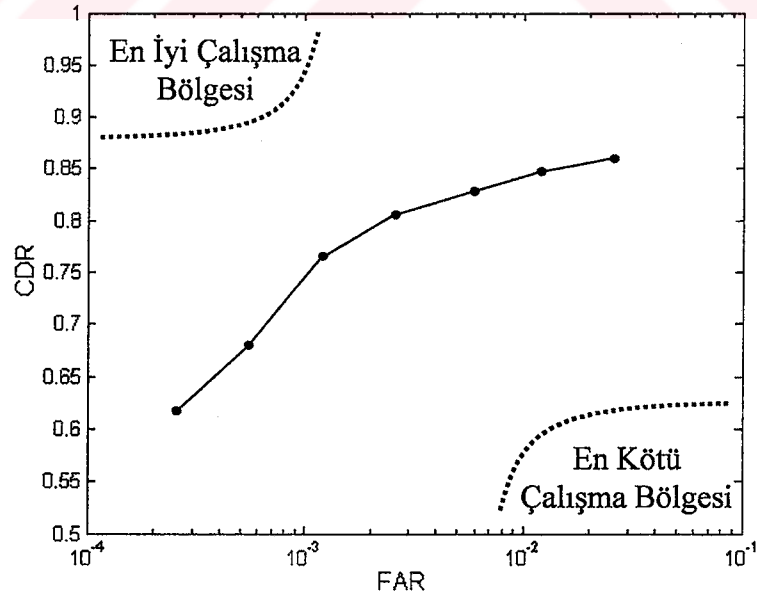
2.2.1.1. Kir algılama nesnel başarımı

Kir algılama yöntemlerinin performanslarını karşılaştırmak üzere yaygın olarak nesnel bir ölçüt olan ROC (Receiver Operator Characteristics) kullanılmaktadır (Kokaram (1998)). ROC, sistemdeki bir parametrenin bütün olası değerleri için doğru algılama oranının (Correct Detection Rate-CDR), hatalı algılama oranına (False Alarm Rate-FAR) bağlı değişimini gösteren grafiktir (Bkz. Şekil 2.9). CDR, doğru algılanan piksellerin toplamının, bozuk piksellerin toplam sayısına oranı; FAR ise hatalı algılanan piksel sayısının toplam piksel sayısına oranıdır ve bu değerler (2.4)’de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

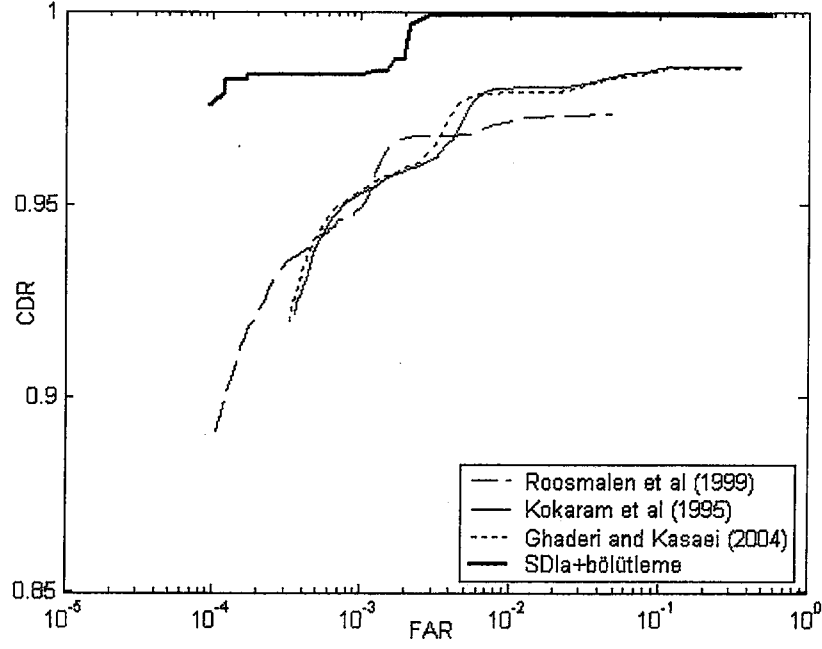
$$CDR = \frac{N_c}{N_c + N_m}, \quad FAR = \frac{N_f}{w \times h} \quad (2.4)$$

Bu eşitliklerde N_c , N_m ve N_f sırası ile kir etkisi altında doğru algılanan, yakalanamayan ve hatalı algılanan piksel sayısını gösterirken, $w \times h$ imge çerçevesinin uzamsal boyutunu göstermektedir. Kir algılama yönteminin nesnel başarımını ROC grafiği üzerinden değerlendirirken, en iyi ve en kötü çalışma bölgeleri Bornard (2002) tarafından Şekil 2.9’da görüldüğü gibi verilmektedir. Bu şekilden de görüldüğü üzere, yöntemin kir algılama başarımının yüksek olması için ROC grafiğinin sol üst köşeye yakın olması gerekmektedir.

Bu çalışmada geliştirilen algılama yöntemlerinin performansının ROC ölçütüne göre değerlendirebilmesi için QCIF formatındaki yapay kir eklenmiş “Silent” görüntü dizisinin ilk 100 çerçevesi kullanılmıştır. Önerilen algılama yöntemi için elde edilen ROC grafiği, Kokaram et al (1995a) tarafından önerilen SDI-a, Roosmalen et al (1999) tarafından önerilen S-ROD ve Ghaderi and Kasaei (2004) tarafından önerilen son işlem eklenmiş SDI-a yöntemlerinin ROC grafikleri ile birlikte Şekil 2.10’da verilmektedir.



Şekil 2. 9. Kir algılama nesnel başarımını gösteren ROC grafiği.



Şekil 2. 10. Önerilen SDI-a ve bölütleme temelli son işlemin ROC grafiğinin diğer yöntemlerle karşılaştırılması.

ROC grafiğinde görüldüğü gibi önerilen SDI-a ve bölütleme temelli son işlemin algılama başarımı test edilen diğer yöntemlere göre oldukça yüksektir. Grafik incelendiğinde, diğer yöntemlerin düşük hata oranlarına inemediği gözlemlenirken, önerilen yöntemin % 0.01 hata oranı için % 95'in üzerinde doğru algılama oranına ulaşabildiği görülmektedir. Ayrıca, önerilen yöntem daha yüksek hatalı algılama oranları için % 100'e yakın doğru algılama başarımı sağlamaktadır.

SDI-a ve bölütleme temelli son işlem kullanılarak elde edilen kir bölgeleri gerçek sahnelerde test edildiğinde, özellikle bütünsel hareket dengelemesinin yetersiz kaldığı durumlarda bölütleme son işleminin hatalı algılamaları azaltmasına rağmen bu oranun yine de fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle çalışmanın sonraki aşamalarında S-ROD algılayıcısının kullanılması yoluna gidilmiştir.

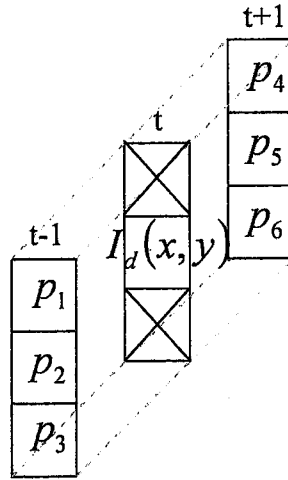
2.2.2. S-ROD ve hareket karşılanmış S-ROD

Kir algılama için kullanılan SDI-a algılayıcısının, hareket dengelemesinin yetersiz kaldığı durumlarda çok fazla hatalı algılama vermesinden dolayı, bu algılayıcı

yerine, yine işlem yükü düşük olan S-ROD algılayıcısının kullanılması uygun görülmüştür. Ayrıca, tek S-ROD algılayıcı kullanmak yerine, bu tez kapsamında geliştirilmiş olan ve ilk aşamada kir olarak algılanan her piksel için piksel temelli yerel hareket karşılaması yapan iki aşamalı S-ROD algılayıcısı kullanılarak, bölütleme temelli son işlem öncesi kir adayları etkin bir şekilde elde edilmektedir.

2.2.2.1. S-ROD

S-ROD yöntemi, Nadenau and Mitra (1997) tarafından önerilen ROD yönteminin basitleştirilmiş şeklidir (Roosmalen et al (1999)). ROD yönteminde, bir pikselin kir bölgesine ait olup olmadığına karar vermek için ilgili piksel için önceki ve sonraki çerçevelerdeki izdüşümlerinden üçer piksel kullanılmaktadır. $I_d(x, y)$ pikselinin kir olup olmadığını algılamak için kullanılan pikseller Şekil 2.11'de gösterilmektedir. Öncelikle bu piksellerin genlik değerleri (p_1, \dots, p_6) küçükten büyüğe sıralanarak r_1, \dots, r_6 değerleri elde edilmektedir ($r_1 \leq r_2 \leq r_3 \leq r_4 \leq r_5 \leq r_6$). r_3 ve r_4 değerlerinin ortalaması (m) kullanılarak sıralı fark değerleri d_1, d_2 ve d_3 , (2.5)'de verildiği şekilde hesaplanmaktadır.



Şekil 2. 11. ROD algılama yönteminde kullanılan pikseller.

$$d_i = \begin{cases} r_i - I_d(x, y) & , \quad I_d(x, y) \leq m \\ I_d(x, y) - r_{7-i} & , \quad I_d(x, y) > m \end{cases} \quad i = 1, 2, 3 \quad (2.5)$$

$$m = \frac{r_3 + r_4}{2}$$

Aşağıda verilen eşitsizliğin herhangi bir i değeri için sağlanması durumunda, ilgili pikselin kir olduğuna karar verilmektedir. Burada kullanılan eşiklerin değerleri $T_1 \leq T_2 \leq T_3$ şeklinde alınmalıdır.

$$d_i > T_i \quad i = 1, 2, 3 \quad (2.6)$$

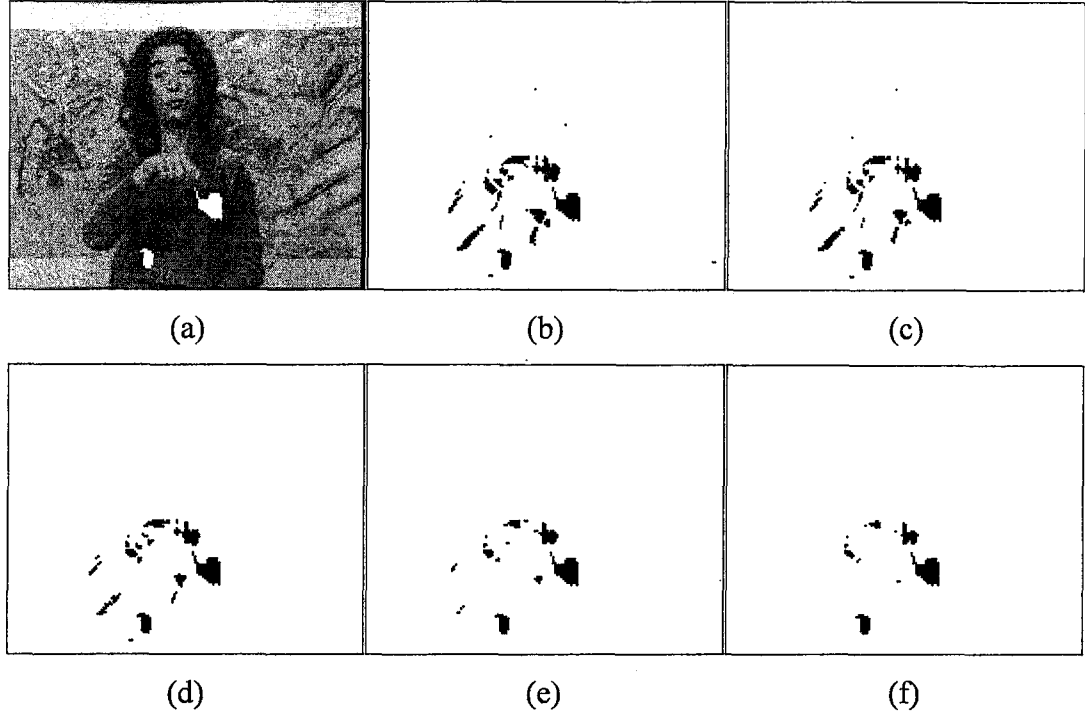
ROD yönteminde kullanılan üç eşik (T_1, T_2, T_3) karmaşıklığı arttırmasından dolayı, bu yöntemin basitleştirilmiş şekli olan S-ROD yöntemi Roosmalen et al (1999) tarafından önerilmiştir. Yöntemde üç eşik yerine bir eşik kullanılarak ROD ile yaklaşık olarak aynı algılama başarımı sağlanmaktadır (Roosmalen et al (1999)). S-ROD yönteminde eşiklemede kullanılan fark değeri olan d , (2.7)'de verildiği gibi hesaplanır.

$$d(x, y) = \begin{cases} \min(r) - I_d(x, y) & , \quad \min(r) - I_d(x, y) > 0 \\ I_d(x, y) - \max(r) & , \quad I_d(x, y) - \max(r) > 0 \\ 0 & , \quad \text{diger} \end{cases} \quad (2.7)$$

Bulunan d değerinin belirlenen T eşikinden büyük olması durumunda ilgili pikselin kir olduğuna karar verilmektedir (2.8).

$$b(x, y) = \begin{cases} 1 & , \quad d(x, y) > T \\ 0 & , \quad \text{diger} \end{cases} \quad (2.8)$$

Şekil 2.12'de "Silent" dizisinin 67. çerçevesi için farklı eşik değerlerinde S-ROD algılayıcısının çıkışları verilmektedir.



Şekil 2. 12. a) “Silent” videosunun yapay kir eklenmiş 67. çerçevesi, b) $T = 5$, c) $T = 7$, d) $T = 10$, e) $T = 16$, f) $T = 22$ eşik değerlerinde S-ROD algılayıcı çıkışları.

Algılama sonuçlarını elde etmek için kullanılan eşik değerleri, Şekil 2.2’de verilen sonuçlar için kullanılan eşik değerlerinin karşılığı olacak şekilde (SDI-a yönteminde kullanılan eşiklerin karekökü alınarak) seçilmiştir. Şekil 2.2 ve Şekil 2.12 karşılaştırıldığında özellikle düşük eşik değerleri için S-ROD’un daha az hatalı algılama yaptığı görülmektedir. Eşik değeri büyüdükçe SDI-a ile S-ROD sonuçlarının birbirine yaklaşmaya başladığı gözlemlenmiştir.

2.2.2.2. İki aşamalı S-ROD

Çalışmanın bu kısmında, S-ROD yönteminin düşük eşik değerlerinde yerel hareket ve tam olarak karşılanamayan bütünsel hareketten kaynaklanan hatalı algılamalarının azaltılması için piksel temelli yerel hareket dengelemeli çalışan ikinci bir S-ROD algılayıcısının kullanımı önerilmektedir. Bu hareket dengelemesi, düşük bir eşik değerinde çalıştırılan S-ROD sonucu elde edilen ön algılama maskesindeki pikseller

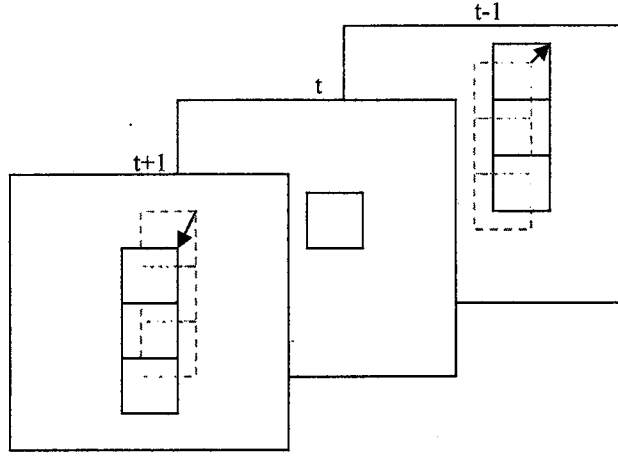
için yapılmaktadır. Bu maskedeki her bir pikselin etrafında bir karesel bölge alınarak, bu bölgenin önceki ve sonraki çerçevelerdeki karşılıkları bulunmaktadır. İlgili piksel için bulunan bölgeler kullanılarak, sabit bir eşik ile ikinci bir S-ROD işlemi yapılmaktadır. Ön algılama için kullanılan S-ROD ve bunun arkasından kullanılan yerel hareket dengelemeli S-ROD'dan oluşan özgün algılayıcı yapısı, bu noktadan sonraki kısımlarda iki aşamalı S-ROD olarak adlandırılacaktır. Hareket dengeleme işleminde bölge uyumlama kriteri olarak ortalama mutlak hata (Mean Absolute Difference-MAD) ölçütü kullanılmaktadır. $m \times n$ boyutundaki A ve B bloklarının MAD (ortalama mutlak hata) değeri (2.9)'da verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$MAD = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |A(i, j) - B(i, j)| \quad (2.9)$$

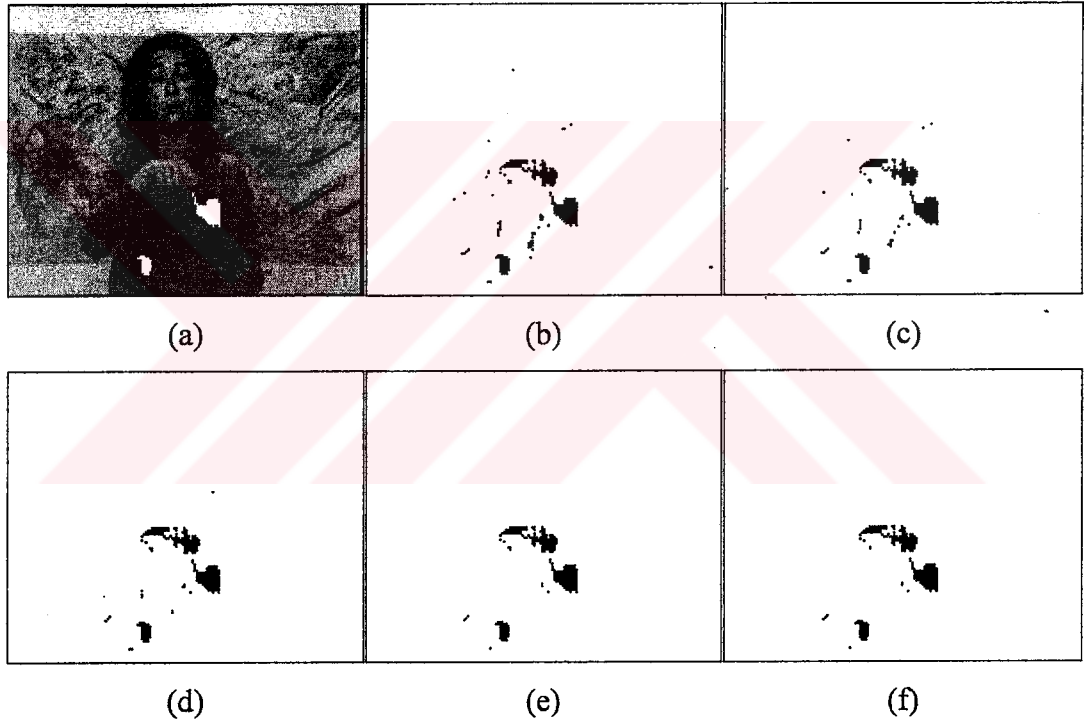
MAD değerinin düşük olması, iki blok arasındaki uyumlamanın daha iyi olduğunu göstermektedir.

Şekil 2.13'de, t . çerçevedeki ön algılama yapılmış örnek bir piksel için önceki ve sonraki çerçevelerdeki izdüşüm konumları kesikli çizgilerle gösterilirken, hareket karşılama sonrası S-ROD için kullanılacak yeni pikseller sürekli çizgilerle gösterilmektedir.

S-ROD ile düşük bir eşik değeri ($T_1 = 5$) kullanılarak ön algılama yapıldıktan sonra, algılanan pikseller üzerinden ikinci bir hareket karşılama S-ROD yapılarak farklı eşik değerleri (T_2) için elde edilen algılama sonuçları "Silent" dizisinin 67. çerçevesi için Şekil 2.14'de verilmektedir.



Şekil 2. 13. Hareket karşılanmış S-ROD’da kullanılan pikseller.



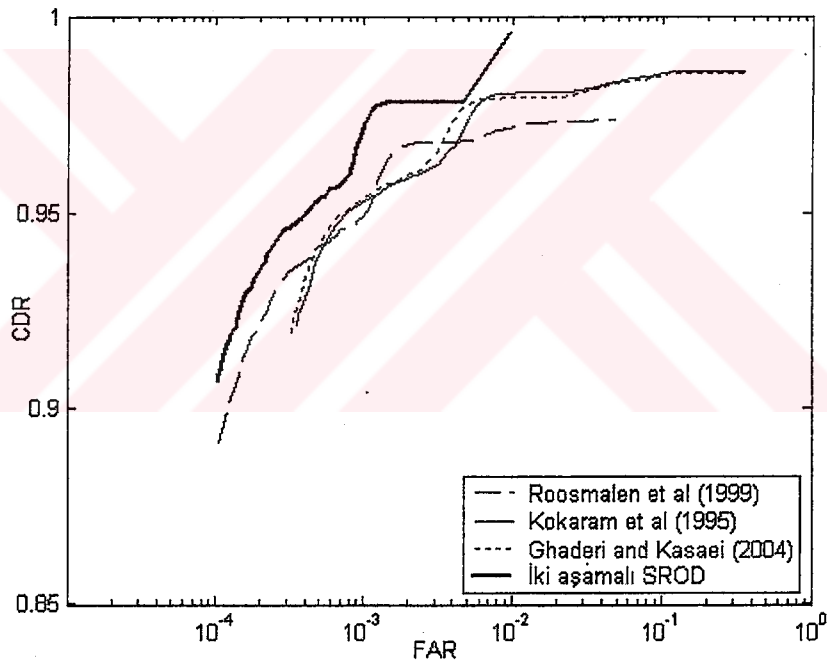
Şekil 2. 14. a) “Silent” videosunun yapay kir eklenmiş 67. çerçevesi, Ön algılama eşiği $T_1 = 5$ olması durumunda farklı eşik değerleri ile hareket dengelemeli S-ROD sonuçları: b) $T_2 = 5$, c) $T_2 = 7$, d) $T_2 = 10$, e) $T_2 = 16$, f) $T_2 = 22$.

Şekil 2.12 ve Şekil 2.14 dikkatle incelendiğinde, sadece ön algılayıcı ile kir olarak algılanan pikseller üzerinden hareket karşılama yapılarak ikinci bir S-ROD ile kir bölgelerinin daha etkin biçimde algılandığı görülmektedir.

2.2.2.3. Kir algılama nesnel başarımı

Önerilen iki aşamalı S-ROD algılama yönteminin “Silent” dizisi için nesnel başarımının diğer algılama yöntemleri ile karşılaştırıldığı ROC grafiği Şekil 2.15’de verilmektedir.

Bu şekilden de görüldüğü gibi, önerilen hareket karşılanmış iki aşamalı S-ROD yöntemi, karşılaştırmada kullanılan diğer yöntemlerden daha iyi performans göstermektedir. Dikkat edilirse önerilen yöntem için hatalı algılama oranı % 1’in üzerine çıkmamakta ve aynı hatalı algılama oranları için diğer yöntemlere göre daha yüksek doğru algılama oranları yakalanmaktadır.

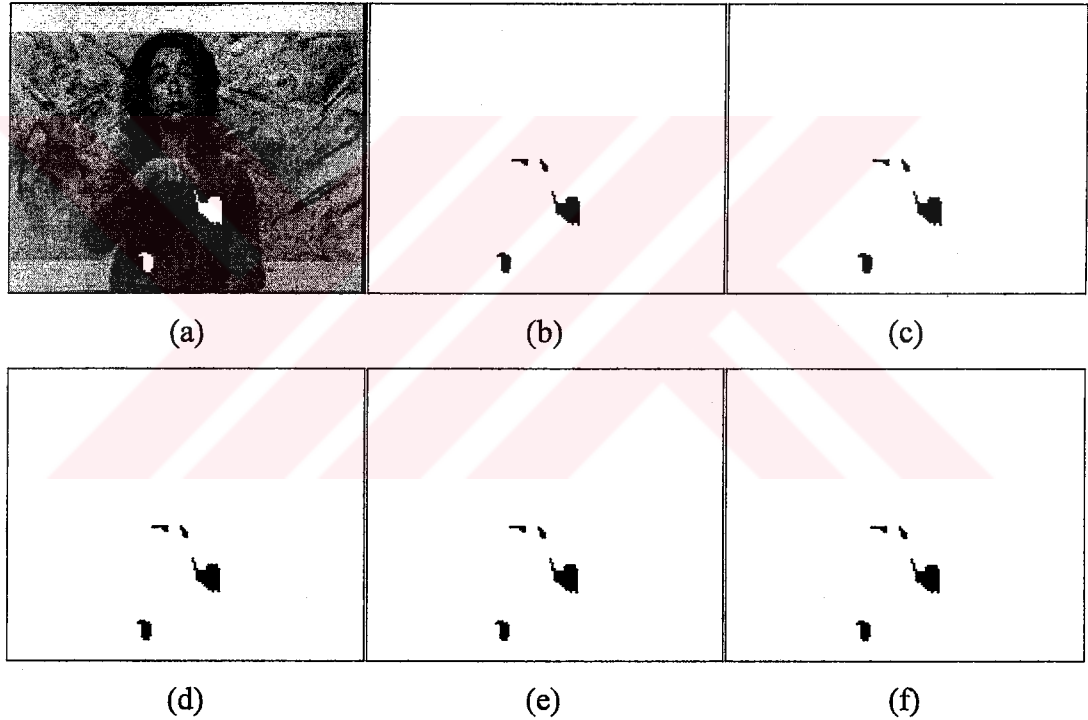


Şekil 2. 15. Önerilen iki aşamalı S-ROD algılama yönteminin “Silent” görüntü dizisi için ROC grafiğinin diğer yöntemler ile karşılaştırılması.

2.2.2.4. İki aşamalı S-ROD ve bölütleme temelli son işlem

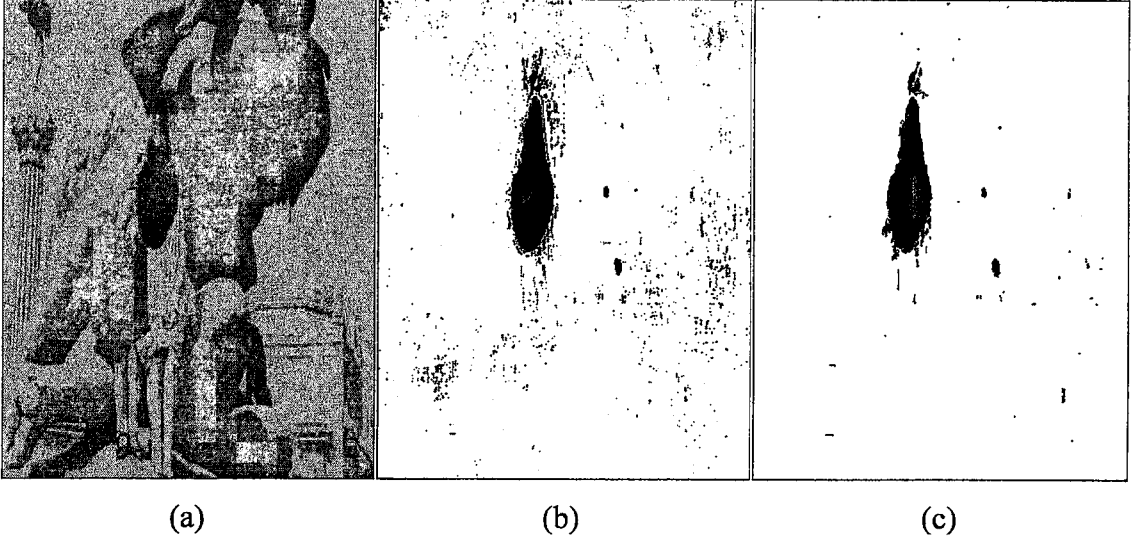
İki aşamalı S-ROD ile elde edilen algılama sonuçları üzerinden bölütleme temelli son işlemin yapılması durumunda "Silent" dizisinin 67. çerçevesi için elde edilen örnek algılama sonuçları Şekil 2.16'da verilmektedir.

Şekil 2.16'dan da görüldüğü üzere, Şekil 2.14'de fazladan yakalanan hareketli bölgeler bölütleme temelli son işlem uygulandığında büyük ölçüde giderilmektedir. Bunun yanında, T_2 eşliğinin değişiminin algılama sonuçlarını fazla etkilemediği Şekil 2.14 ve Şekil 2.16'dan açıkça görülmektedir.



Şekil 2. 16. a) "Silent" videosunun yapay kir eklenmiş 67. çerçevesi, Ön algılama eşiği $T_1 = 5$ olması durumunda farklı eşik değerleri ile hareket dengelemeli S-ROD ve bölütleme temelli son işlem sonuçları: b) $T_2 = 5$, c) $T_2 = 7$, d) $T_2 = 10$,

e) $T_2 = 16$, f) $T_2 = 22$.

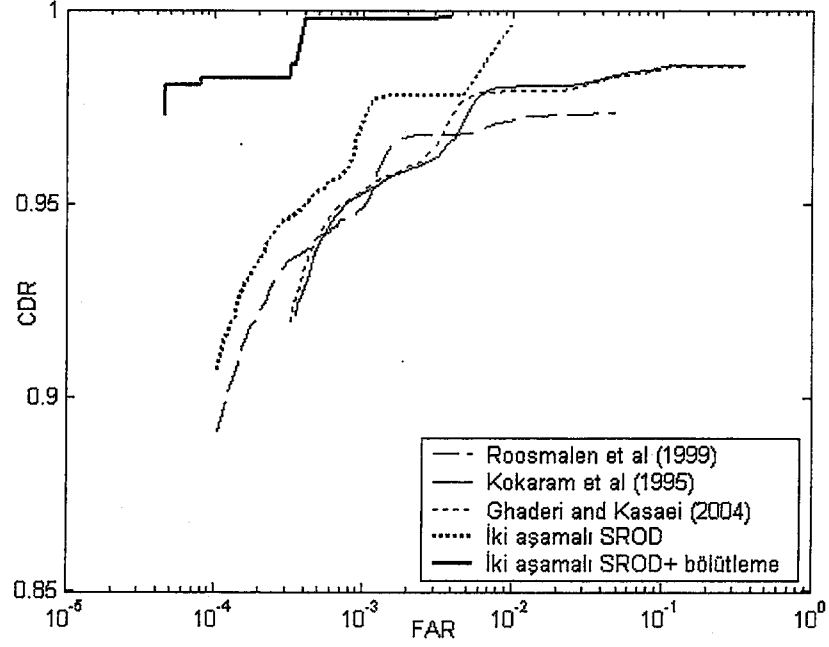


Şekil 2. 17. a) “Panama” videosunun 5218. çerçevesi, b) iki aşamalı S-ROD ve c) bölütleme temelli son işlem çıkışı.

Şekil 2.17’de “Panama” arşiv videosunun 5218. çerçevesi için iki aşamalı S-ROD ve bu sonuçlara bölütleme temelli son işlem eklendiğinde elde edilen algılama sonuçları verilmektedir (Not: Bu tez kapsamında kullanılan arşiv filmlerinin listesi EK-1’de verilmektedir). Bu şekilden de görüldüğü gibi, bölütleme temelli son işlem kullanıldığında hatalı algılanan piksel sayısı oldukça azaltılmaktadır. Buna rağmen, kir etkisinin kenarlarındaki saydam özellik gösteren bölgelerden dolayı bazı bozuk bölgeler algılanamamaktadır. Bu da doldurma işlemi sonrası görsel kaliteyi düşürebilmektedir.

2.2.2.4.1. Kir algılama nesnel başarımı

Şekil 2.18’de, önerilen iki aşamalı S-ROD yöntemine bölütleme temelli son işlem eklendiğinde, $T_2 = 10$ değeri sabit tutularak T_1 eşliğinin değişimine bağlı olarak elde edilen ROC grafiği verilmektedir. Şekil 2.18’deki ROC grafiğinden de görüldüğü gibi, önerilen yöntem düşük hatalı algılama değerlerinde diğer yöntemlere oranla daha yüksek doğru algılama başarımına sahiptir. Aynı zamanda önerilen yöntem yüksek hatalı algılama değerlerine çıkmamaktadır.



Şekil 2. 18. İki aşamalı S-ROD ve bölütleme temelli son işlem kullanılması durumunda “Silent” görüntü dizisi için ROC grafiği.

2.3. Kir Bölgelerinin Doldurulması

Kir etkisinin algılanmasından sonra, algılanan bölgelerin doldurulup kir etkisinden arındırılmış görüntü dizisinin oluşturulması gerekmektedir. Literatürde, kir bölgelerinin doldurulmasına yönelik çeşitli uzamsal ve zaman-uzamsal yöntemler bulunmaktadır.

Tespit edilen kir bölgeleri için kayıp piksel değerlerinin zaman-uzamsal ortanca süzgeç gruplarına bağlı olarak hesaplandığı çok katmanlı ortanca süzgeç (Multi-stage Median Filter-MMF) Kokaram et al (1995a) tarafından önerilmiştir. Yöntemde beş ayrı tipte zamansal ortanca süzgeç yapısı kullanılmaktadır ve bu süzgeçlerin çıkışlarındaki değerlerin ortanca değeri doldurma değeri olarak belirlenmektedir. Bu yöntem kir bölgelerinin doldurulması için kullanılan en temel yöntemlerden birisidir.

Efros and Leung (1999) tarafından bilgisayarla görü uygulamalarında kullanıma yönelik doku sentezleme (texture synthesis) yöntemi önerilmiştir. Bu yöntem,

dokuyu MRF şeklinde modellemekte ve karesel fark eşleme kriterine bağı olarak doldurulacak piksel değerini imge içerisinden bulmaktadır.

Zhang and Wang (2002) tarafından önerilen yöntemde imgelerdeki kayıp blokların doldurulması için uzun erimli ilinti yöntemi önerilmiştir. İmge uzayında blok temelli çalışan yöntem temel olarak, kayıp blok etrafındaki belirli bir bölgeyi alarak, bu bölge ile karşılaştırılacak bölge arasında MSE kriterini en düşük verecek şekilde bir ışıklılık dönüşümü yapmakta, daha sonra en küçük hata değerini veren bölgenin iç kısmını bozuk bölgeye kopyalamaktadır.

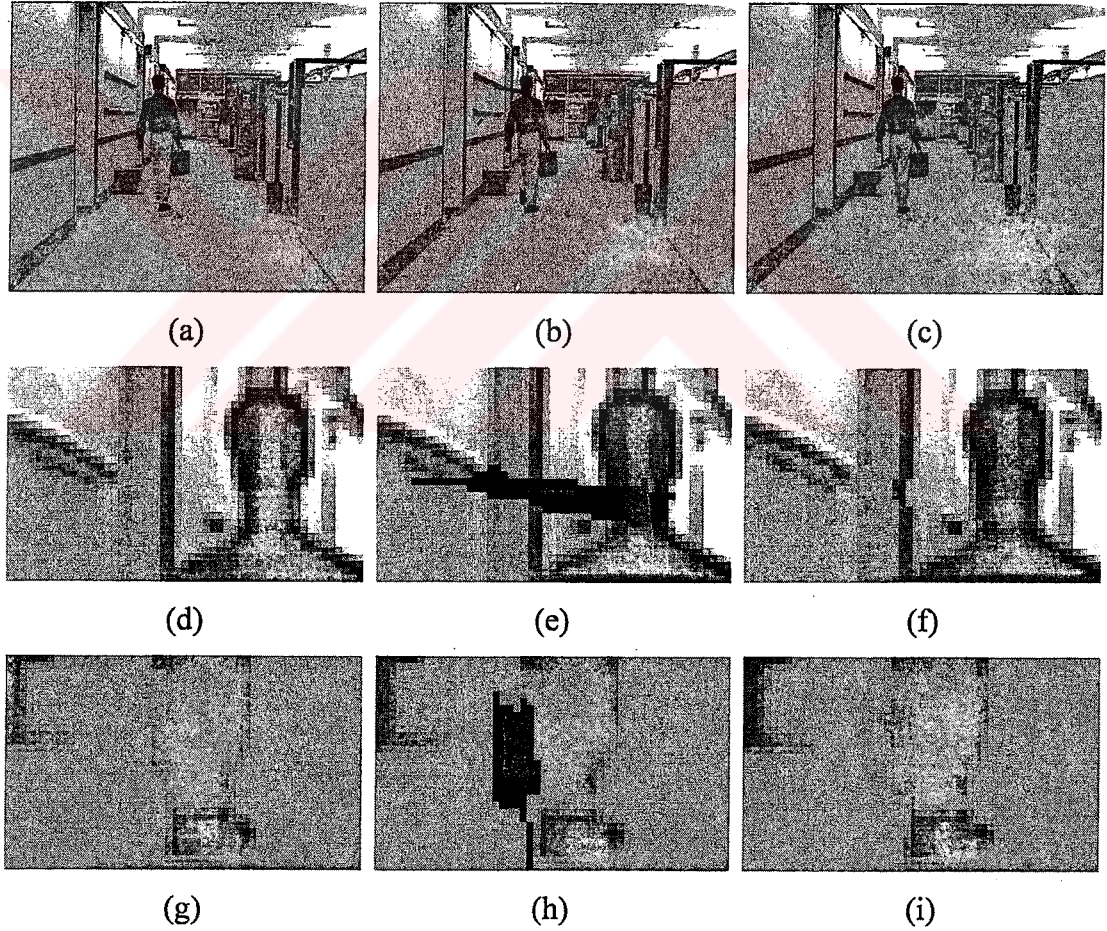
Doldurma sırasında kenar bilgilerine öncelik veren imge temelli iini doldurma (inpainting) yöntemi Criminisi et al (2004) tarafından önerilmiştir. Bu yöntem genellikle imgelerde nesne yok etme için kullanılmaktadır ve doldurma işlemine blok temelli gerçekleştirmektedir.

Criminisi et al (2004) tarafından önerilen yöntemin videolar için uygulanmış hali Patwardhan et al (2005) tarafından önerilmiştir. Yöntem genel olarak videoda durağan veya hareketli nesnelere yok etme amacıyla geliştirilmiştir. Bu yöntem, öncelikle bütün sahne boyunca, doldurulma önceliği en yüksek olan pikselden başlayarak zamansal doldurma yapmaktadır. Bu noktada, yüksek güvenilirliğe sahip olan en yakın bozulmamış komşuluktaki piksel kullanılmaktadır. Zamansal olarak doldurulabilecek bütün pikseller bittikten sonra bu kez uzamsal olarak yine kenar bilgilerine öncelik verilerek iini doldurma işlemi tamamlanmaktadır. Güvenilirlik ve öncelik hesabı Criminisi et al (2004) tarafından önerilen yöntemdeki gibi yapılmaktadır.

Bu tez kapsamında öncelikle kir bölgeleri birer nesne olarak ele alınıp, nesne (obje) temelli bir onarım yöntemi denenmiştir. Yöntemin performansının istenilen seviyede olmaması nedeniyle daha sonra kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli bir onarım yaklaşımı benimsenmiştir.

2.3.1. Nesne temelli zaman-uzamsal doldurma yöntemi

Zhang and Wang (2002) tarafından önerilen blok bazlı uzun erimli ilinti ile doldurma yöntemi temel alınarak, nesne temelli onarım için ilgilenilen çerçevedeki kir bölgesini (dokusunu) kapsayan daha büyük bir pencere alınmaktadır. Bu pencere, önceki ve sonraki imge çerçevelerinde kir bölgesi hesaba katılmadan en küçük karesel hata ölçütüne göre uyumlanmakta ve en yüksek uyumu veren pencere bulunmaktadır. Sonrasında, bulunan pencere içerisinde kir bölgesine karşılık gelen kısım ilgilenilen çerçevedeki kir bölgesine kopyalanmaktadır. Bu yaklaşımla “Hall Monitor” dizisinin 55. çerçevesi için elde edilen onarım sonuçları Şekil 2.19’da verilmektedir. Şekil 2.19’dan da görüldüğü gibi nesne bazlı onarım sonucunda

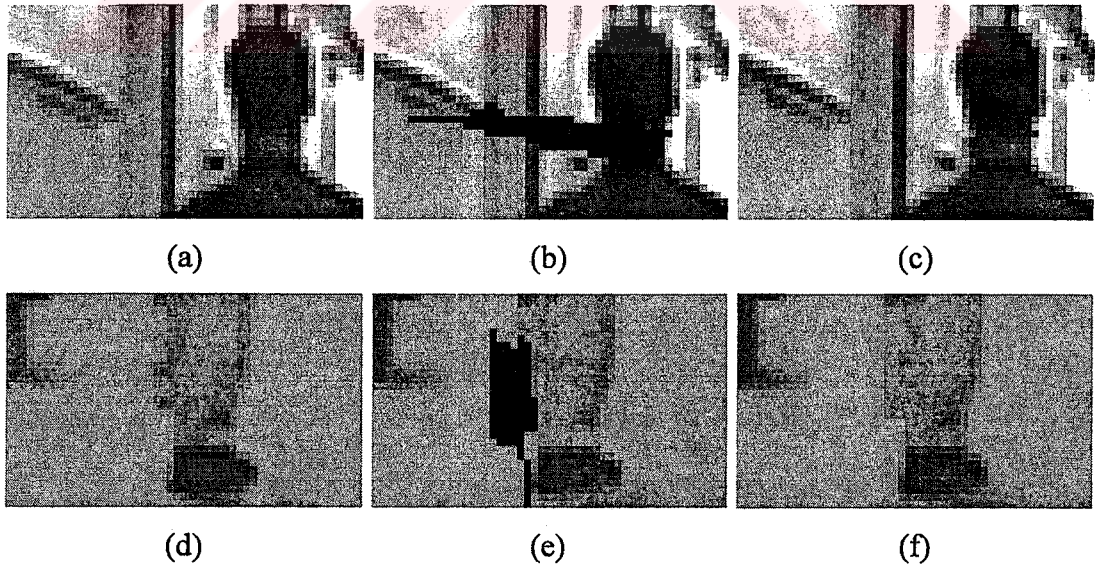


Şekil 2. 19. a-d-g) Orjinal imge ve kesitler, b-e-h) yapay kir eklenmiş imge ve kesitler, c-f-i) doku temelli onarım sonuçları.

özellikle hareketli bölgelerde doğru uyumlayamama nedeniyle görsel bozukluklar oluşmaktadır. Bunun esas nedeni, uyumlama yapılacak kir bölgesinin alanının büyük olmasıdır. Bu noktada, önceden belirlenmiş piksel sayısından daha büyük olan kir dokularının daha küçük parçalara bölünmesi düşünülmüş ve bu amaçla algılanan kir bölgeleri orta noktadan yatayda ve düşeyde kesilmekte ve kesilen parçalar ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Bu işlem, imgedeki her bir kir parçasının alanı belirlenen piksel sayısından küçük olana kadar devam etmektedir. Daha sonra uyumlama işlemi, parçalara bölünen dokular üzerinden yapılmaktadır. Bu yaklaşımla elde edilen örnek onarım sonuçları Şekil 2.20’de verilmektedir.

Şekil 2.20’de görüldüğü gibi, kir dokularının parçalara ayrıldıktan sonra doldurulması, kir bölgesinin bütününe tek bir seferde doldurmasına göre daha iyi sonuç vermektedir (Bkz. Şekil 2.19f,i).

Nesne temelli parçalı doldurma ile elde edilen doldurma sonuçları nesne temelli bütünsel doldurma yöntemi ile elde edilen sonuçlardan daha iyi olmasına rağmen, elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde onarım işleminin piksel temelli yapılmasının daha uygun olacağı görülmektedir.



Şekil 2. 20. a-d) orjinal imge kesitleri, b-e) yapay kir eklenmiş imge kesitleri, c-f) parçalı doku temelli onarım sonuçları.

2.3.2. Piksel temelli zaman-uzamsal doldurma yöntemi

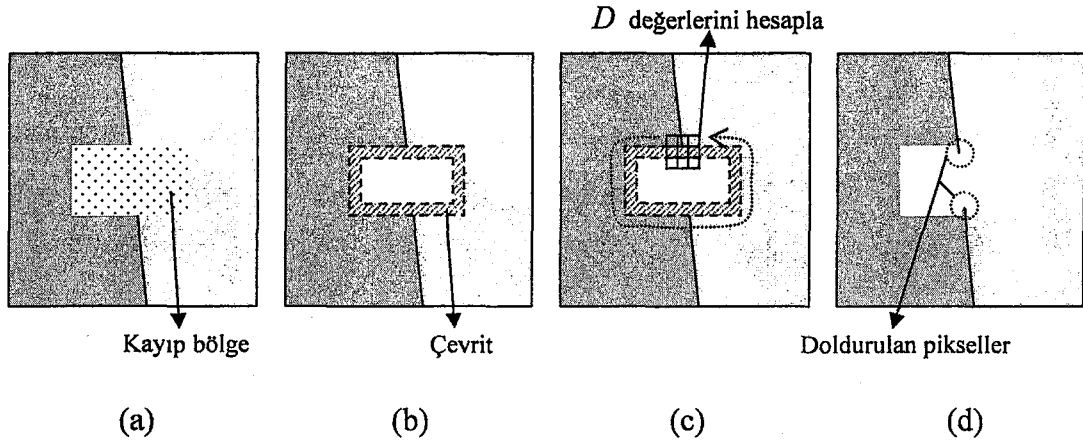
Arşiv videolarında algılanan kir etkisinin doldurulması için sadece uzamsal bilgiyi kullanmak yerine, zaman-uzamsal bilgi kullanılarak daha etkin doldurma başarımı sağlanabilmektedir. Bu nedenle tez kapsamında, Zhang and Wang (2002) tarafından önerilen ışıklılık dönüşümü temelli uyumlama yöntemi temel alınarak zaman-uzamsal bir onarım tekniği geliştirilmiştir. Geliştirilen piksel temelli onarım yönteminde, Zhang and Wang (2002) tarafından önerilen blok temelli doldurma yapısının aksine, piksel temelli doldurma gerçekleştirilmektedir. Bozuk piksellerin yeni değerlerini bulurken Criminisi et al (2004) tarafından önerilen çalışmaya benzer bir yaklaşımla kenar bölgelerine öncelik verilmektedir. Videodan nesne kaldırmaya yönelik olarak Patwardhan et al (2005) tarafından önerilen çalışmadan farklı olarak, bozuk pikselin yeni değerini bulmak için önerilen yöntemde tüm sahne yerine, sadece önceki ve sonraki imge çerçeveleri kullanılmaktadır.

2.3.2.1. Doldurulacak pikseller için öncelik belirleme

Kir bölgelerinin doldurulması için sabit sıralı doldurma yerine, öncelikle Efros and Leung (1999) tarafından da önerilen bir çevrit (contour) temelli doku doldurma yaklaşımı benimsenmiştir. Bu işlemde, kir algılama maskesindeki çevritler bulunarak piksel doldurma işlemi, çevrit üzerindeki piksellerin sırayla doldurulması şeklinde yapılmaktadır (önceliksiz çevrit temelli doldurma). Çevrit çıkartılırken öncelikle (3×3)'lük bir yapı elemanı (structure element) kullanılarak algılama maskesine morfolojik aşındırma işlemi uygulanmaktadır. Daha sonra, bu işlem sonrasında elde edilen aşındırılmış kir maskesi ile aşındırma öncesindeki kir maskesi arasında farklı olan pikseller bulunarak çevrit çıkartılmaktadır. Bulunan çevritin doldurulmasından sonra, doldurulan bölge sağlam kabul edilerek, kalan kir maskesinde yeni çevrit çıkartımı yapılmakta ve bulunan bölgeler doldurulmaktadır. Bu işlem kir bölgesinin tamamı doldurulana kadar devam etmektedir. Dolayısıyla kir bölgesi çevritler şeklinde dışarıdan içeriye doğru doldurulmuş olmaktadır. Ancak, yöntemin özyinelemeli çalışmasından dolayı bu durumda yapılacak hatalı bir doldurma işlemi gittikçe büyüyebilmekte, bu nedenle özellikle kenar bölgelerinde kötü sonuçlar

verebilmektedir (Bkz. Şekil 2.25c). Bu kayıpların aza indirilebilmesi için doldurma işleminin öncelikle kenar bilgisi içeren bölgelerde yapılması gerekmektedir. Bu noktadan hareketle, önerilen yöntemde kenar bölgelerinden doldurmaya öncelik vermek için aşağıdaki yol izlenmektedir.

İmge çerçevesinde bulunan kir bölgelerinin çevritleri çıkartılarak, bulunan çevritlerdeki her bir piksel için bir doldurma öncelik değeri ($D(x,y)$) hesaplanmaktadır. Bu değer, ilgili pikseli çevreleyen 8 pikselden kir etkisi göstermeyen pikseller içerisinde değeri en büyük ve en küçük olanların arasındaki fark olarak belirlenmektedir. Kenar bölgelerinde bu fark değeri yüksek olacağından, yöntemde öncelikle bu bölgelerin doldurulması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, çevritlerdeki pikseller doldurma önceliğine göre büyükten küçüğe sıralanmakta ve ilk aşamada en büyük değer ve bu değer T_d kadar altındaki öncelikli pikseller sırasıyla doldurulmaktadır. Bu işlem tamamlandıktan sonra algılama maskesinde yeni çevritler bulunmakta ve yukarıdaki işlemler tekrarlanmaktadır. Bu işlem, bütün kir bölgeleri doldurulana kadar devam etmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, doldurulan piksel(ler)in sonraki iterasyonlarda sağlam piksel(ler) olarak ele alındığıdır. Şekil 2.21’de, önerilen öncelik belirleme temelli doldurma yönteminin işleyişi görülmektedir.



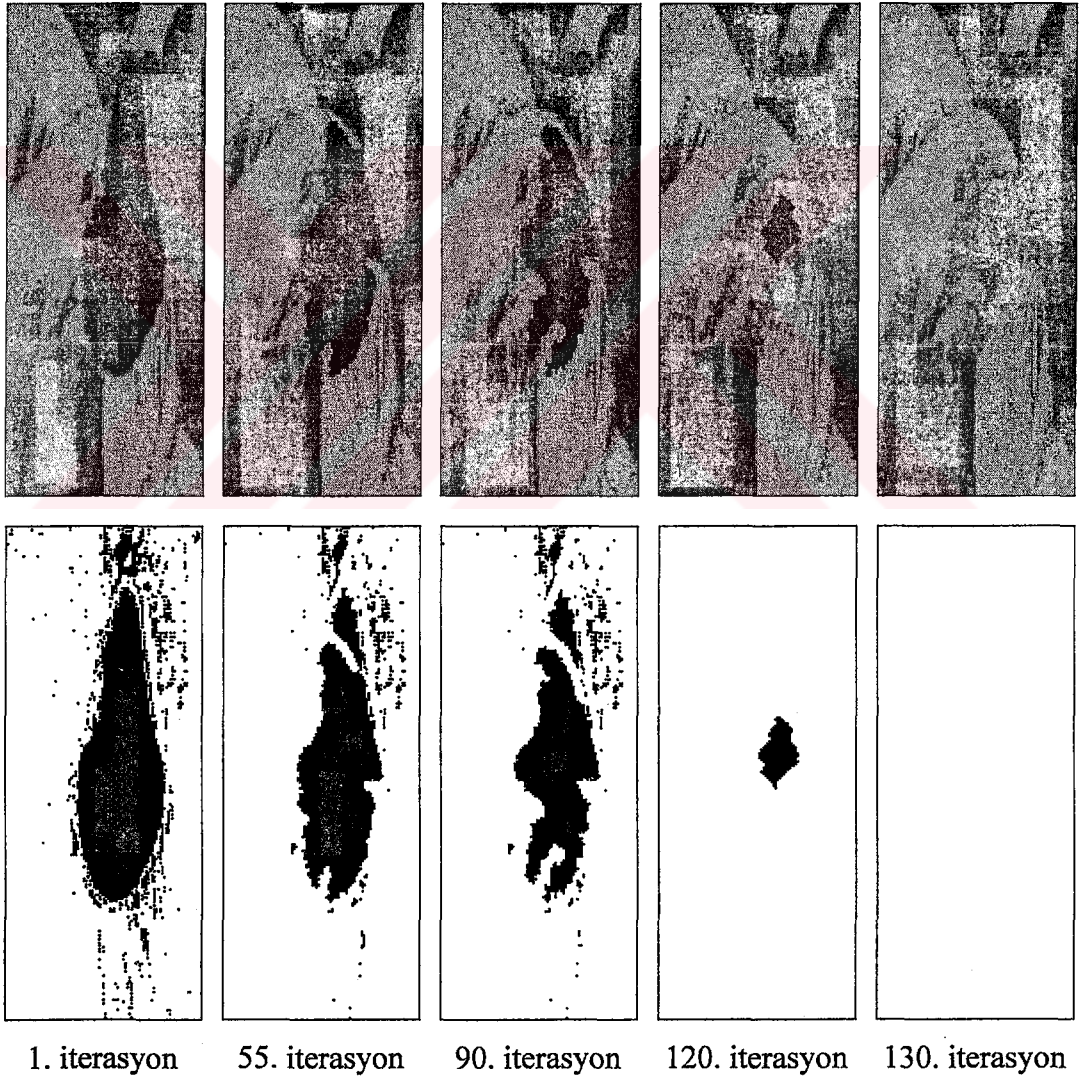
Şekil 2. 21. Doldurma işleminin grafiksel gösterimi: a) Orjinal yapı ve bozuk bölge, b) bozuk bölgenin çevriti, c) bulunan çevritteki her bir piksel için sıra ile doldurma öncelik değerinin hesaplanması, d) bulunan öncelikli piksellerin doldurulması.

Her bir çevrit pikseli için doldurma öncelik değeri ($D(x, y)$), (2.10)'da verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$D(x, y) = \max_{i,j=-1,0,1} [I_d(x+i, y+j)] - \min_{i,j=-1,0,1} [I_d(x+i, y+j)] \quad (2.10)$$

$$, \forall b(x+i, y+j) = 0$$

“Panama” arşiv videosunun 5218. çerçevesinde kir olarak algılanan bölgelerin doldurulması sırasında, örnek iterasyon değerlerinde doldurulan kısımlar Şekil 2.22’de verilmektedir.



Şekil 2. 22. Farklı iterasyon değerleri için doldurma sonuçları ve kir maskeleri.

Şekil 2.22’de de görüldüğü gibi, önerilen öncelikli doldurma yöntemi ilk olarak kenar bölgelerini, daha sonra dokusuz kısımları doldurmaktadır. Böylelikle kenar bölgelerini koruyan bir doldurma işlemi yapılmış olmaktadır.

2.3.2.2. Uyumlama işlemi

Çalışmanın bu kısmında, uyumlama ölçütü olarak, Zhang and Wang (2002) tarafından önerilen yonteme benzer şekilde, ışıklılık dönüşümü temelli ortalama karesel hata ölçütü kullanılmaktadır. Uyumlama işleminin akışı aşağıda verilmektedir.

1. Doldurulacak piksel etrafında $M \times M$ boyutlarında karesel bir yerel blok al (local window- l).
2. Işıklılık dönüşümü kullanarak, önceki ve sonraki çerçevelerdeki arama pencereleri içerisinde bütün olası arama noktalarını test ederek en iyi eşleşen uzak pencereyi (remote window- r) bul. Bu arada, yerel ve uzak blokların içerisinde kir olarak algılanmış pikselleri arama ölçütü hesaplanırken kullanma. Ayrıca, merkez pikseli bozuk olan uzak bloklar için de arama işlemi yapma.
3. Doldurulacak pikselin değeri olarak, ışıklılık dönüşümü yapılmış en iyi eşleşen uzak bloğun merkezindeki pikselin değerini ata.

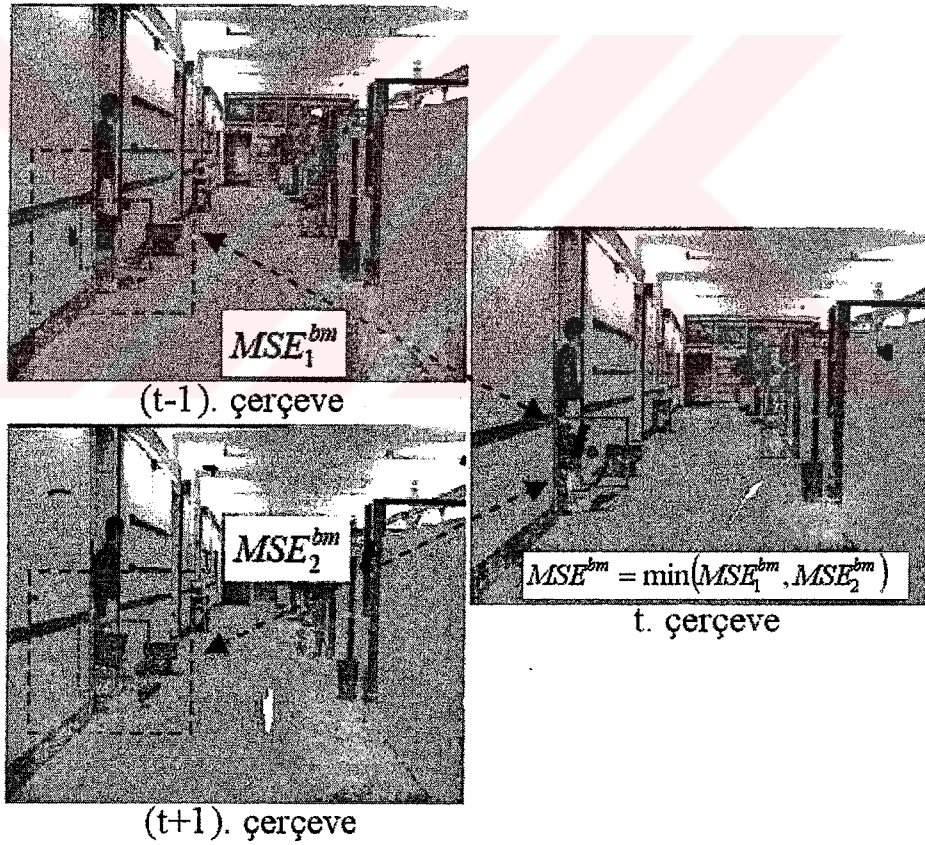
Çalışmada, uyumlama için ortalama karesel hata ölçütü (Mean Squared Error-MSE), ışıklılık dönüşümü temelinde, kir maskelerinin kontrolünde aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$MSE = \frac{1}{P_u} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M [1 - m^r(i, j)] \times [1 - m^l(i, j)] \times [l(i, j) - v(r(i, j))]^2 \quad (2.11)$$

$$P_u = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M [1 - m^r(i, j)] \times [1 - m^l(i, j)]$$

Bu eşitliklerde p_u , kontrollü MSE hesabında kullanılan toplam piksel sayısını; M , pencere boyutunu; m^r , uzak pencere kir maskesini; m^l , yerel pencere kir maskesini; $l(i, j)$, (i, j) noktasındaki yerel pencere pikselini; $r(i, j)$, (i, j) noktasındaki uzak pencere pikselini; $v(\cdot)$ ise ışıklılık dönüşümünü göstermektedir. En iyi eşleşen uzak pencerenin bulunması için yapılan arama işlemi Şekil 2.23’de verilmektedir.

Görüldüğü gibi, $(t-1)$. ve $(t+1)$. çerçevelerdeki en iyi eşleşen (best matched- bm) uzak bloklardan en küçük hatayı veren pencere, en iyi eşleşen uzak pencere olarak alınır. Yerel pencere ile en iyi eşleşen uzak pencereyi bulmak için kullanılan MSE ölçütündeki ışıklılık dönüşümünü sağlayan birinci dereceden polinom uydurma işlemi (2.12)’de verilen şekilde yapılmaktadır (Zhang and Wang (2002)).



Şekil 2. 23. En iyi eşleşen uzak pencere arama stratejisi.

$$v(r(i, j)) = \alpha_0 + \alpha_1 \times r(i, j) \quad , \quad \begin{aligned} \partial MSE / \partial \alpha_0 &= 0 \\ \partial MSE / \partial \alpha_1 &= 0 \end{aligned} \quad (2.12)$$

Bu eşitlikte α_0 ve α_1 sırasıyla toplamsal ve çarpımsal ışıklılık dönüşümü değerleri olarak düşünülebilir ve (2.13)'de verildiği gibi hesaplanır.

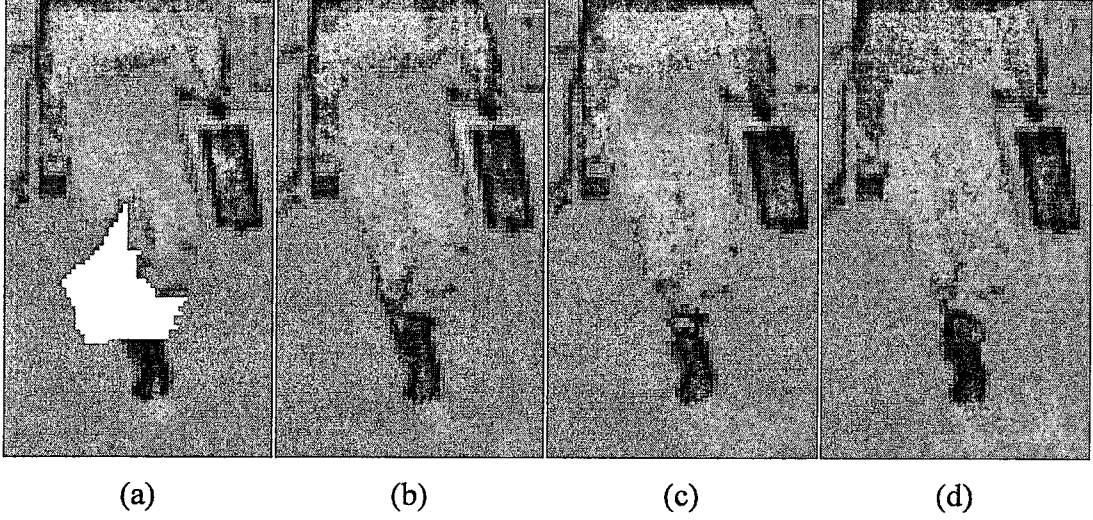
$$\alpha_1 = \frac{p_u \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (1-m^r(i, j)) \times (1-m^l(i, j)) \times r(i, j) \times l(i, j)}{p_u \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (1-m^r(i, j)) \times (1-m^l(i, j)) \times r^2(i, j) - \left[\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (1-m^r(i, j)) \times (1-m^l(i, j)) \times r(i, j) \right] \times \left[\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (1-m^r(i, j)) \times (1-m^l(i, j)) \times l(i, j) \right]}{p_u \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (1-m^r(i, j)) \times (1-m^l(i, j)) \times r^2(i, j) - \left[\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (1-m^r(i, j)) \times (1-m^l(i, j)) \times r(i, j) \right]} \quad (2.13)$$

$$\alpha_0 = \frac{1}{p_u} \left[\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (1-m^r(i, j)) \times (1-m^l(i, j)) \times l(i, j) - \alpha_1 \times \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M (1-m^r(i, j)) \times (1-m^l(i, j)) \times r(i, j) \right] \quad (2.14)$$

(2.12) ve (2.13) kullanılarak tespit edilen uzak pencereden, doldurulacak pikselin yeni değerinin ($I'_o(i, j)$) hesaplanması (2.15)'deki gibi yapılmaktadır.

$$I'_o(i, j) = v \left(r_{bm} \left(\frac{M+1}{2}, \frac{M+1}{2} \right) \right) \quad , \quad M : \text{tek sayı} \quad (2.15)$$

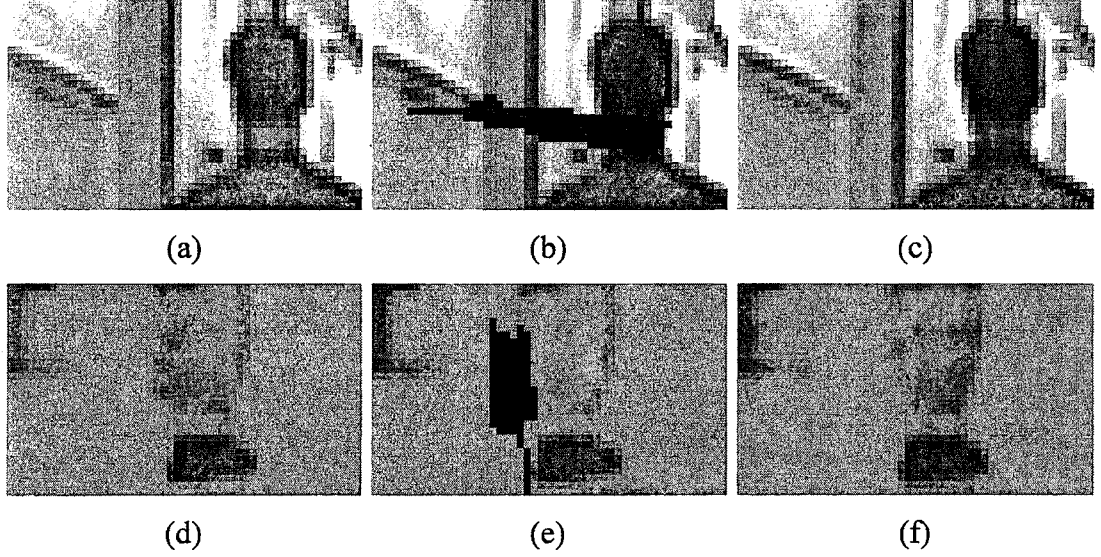
Şekil 2.24'de, "Hall Monitor" test görüntü dizisine yapay olarak eklenen kir etkisinin, kenar bölgelerine öncelik vermeden ve kenar bölgelerine öncelik vererek doldurulması sonucu elde edilen örnek imge kısımları verilmektedir.



Şekil 2. 24. a) Yapay kir etkisi bulunan, b) orjinal, c) kenar bölgelerine öncelik verilmeden doldurulan, d) önerilen yöntem ile doldurulan imge parçası.

Şekil 2.24’de görüldüğü gibi, kenar bölgelerine öncelik verilmeden yapılan doldurma işlemi sonucunda, doldurulacak bölge eğer kenar bilgileri içeriyorsa görsel bozukluklar oluşabilmektedir. Önerilen yöntemde ise, Şekil 2.24’de de verilen orjinal çerçevedeki yapının örtme probleminden dolayı önceki ve sonraki çerçevelerdeki karşılığı tam olarak bulunmamasına rağmen, doldurma işlemi sonrası görsel olarak rahatsız edici bozulmalar oluşmamaktadır.

Şekil 2.25’de, nesne ve parçalı nesne doldurma temelli yöntemler ile önerilen piksel temelli yöntemin sonuçlarının karşılaştırılmasına yönelik örnek imge kesitleri verilmektedir. Şekil 2.19f,i ve Şekil 2.20c,f dikkatle incelenecek olursa, önerilen piksel temelli onarım yönteminin, nesne temelli onarım yöntemlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülecektir.



Şekil 2. 25. a-d) orjinal imge kesitleri, b-e) yapay kir eklenmiş imge kesitleri, c-f) kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli doldurma yöntemi ile doldurulan imge parçası.

2.3.3. Kir doldurma nesnel başarımı

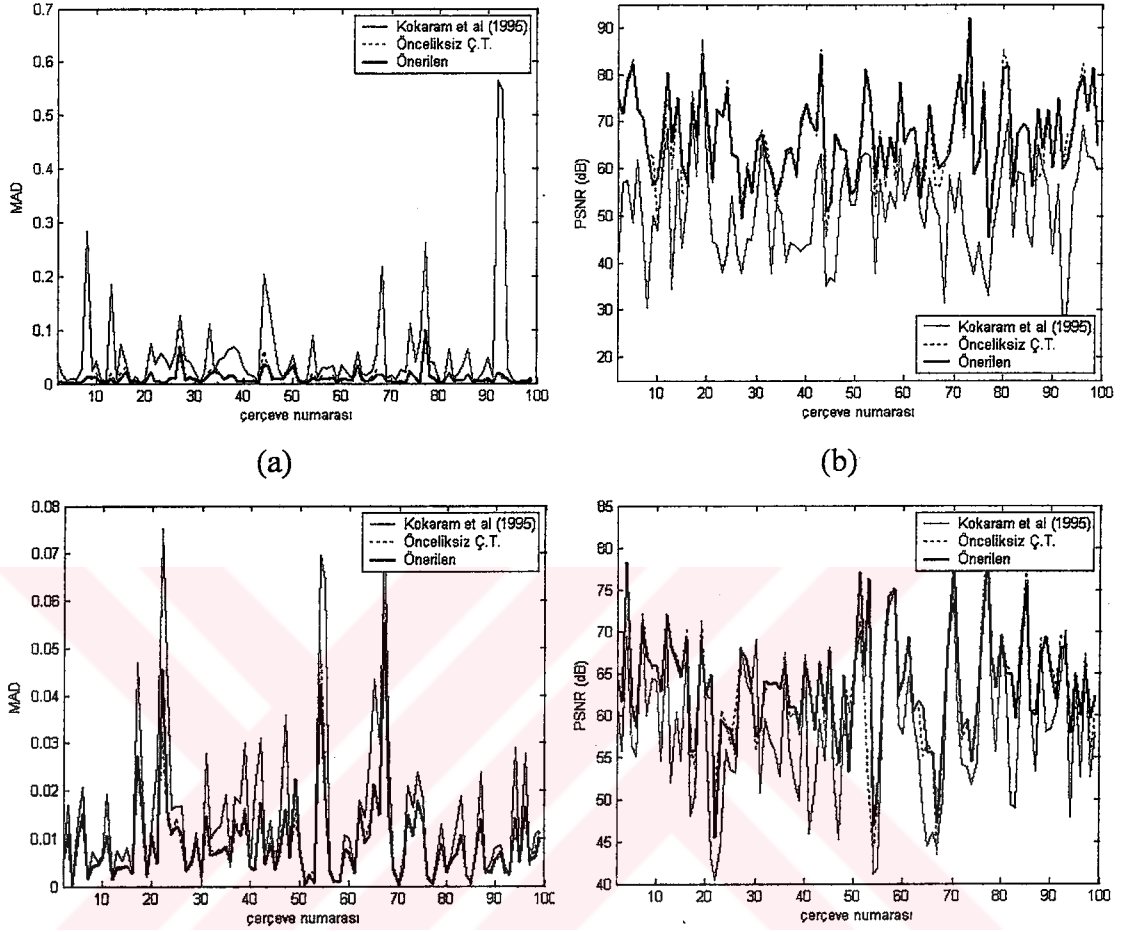
Bu tez çalışmasında, kir bölgelerinin doldurulması için önerilen kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli doldurma yönteminin nesnel başarımının değerlendirilmesi için, yapay kir eklenmiş “Silent” ve “Hall Monitor” test görüntü dizileri onarılmış ve onarım sonuçları üzerinden PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) ve MAD ölçütleri çıkartılmıştır. MAD ölçütünün hesaplanması (2.9) denkleminde verilmektedir. PSNR ölçütü ise aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmaktadır.

$$MSE = \frac{1}{w \times h} \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^h [I_o(i, j) - I_c(i, j)]^2 \quad (2.16)$$

$$PSNR = 20 \times \log \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right)$$

Geliştirilen yöntemin doldurma başarımı Kokaram et al (1995b) tarafından önerilen MMF süzgeci ve önceliksiz çevrit temelli doldurma yöntemi ile karşılaştırılmaktadır. Yöntemlerin “Silent” ve “Hall Monitor” test dizileri için nesnel doldurma

başarımlarını karşılaştıran MAD ve PSNR değerleri Şekil 2.26’da, ortalama MAD ve PSNR değerleri ise Tablo 2.1’de verilmektedir.



Şekil 2. 26. “Silent” ve “Hall Monitor” görüntü dizileri için onarım yöntemlerinin başarımlarının MAD ve PSNR ölçütleri ile karşılaştırması: a) “Silent” MAD, b) “Silent” PSNR, c) “Hall Monitor” MAD, d) “Hall Monitor” PSNR.

Tablo 2. 1. Farklı yöntemlerin, “Silent” ve “Hall Monitor” dizilerinin ilk 100 çerçevesindeki ortalama PSNR ve MAD değerleri.

	“Silent”			“Hall Monitor”		
	Kokaram et al (1995b)	Önceliksiz Ç.T.	Önerilen	Kokaram et al (1995b)	Önceliksiz Ç.T.	Önerilen
PSNR (dB)	51.27	66.32	68.85	58.68	63.20	63.48
MAD	0.053	0.011	0.010	0.015	0.0091	0.0090

Bu şekillerden ve tablodan görüldüğü gibi, önerilen kenar bölgelerine öncelik vererek piksel temelli doldurma yapan yöntem, karşılaştırma yapılan diğer yöntemlere göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Önceliksiz çevrit temelli doldurma yönteminde elde edilen PSNR sonuçları da iyi olmakla birlikte, görsel olarak kenar bölgelerini öncelikle dolduran yeni yöntem daha üstün başarımlar sağlamaktadır.

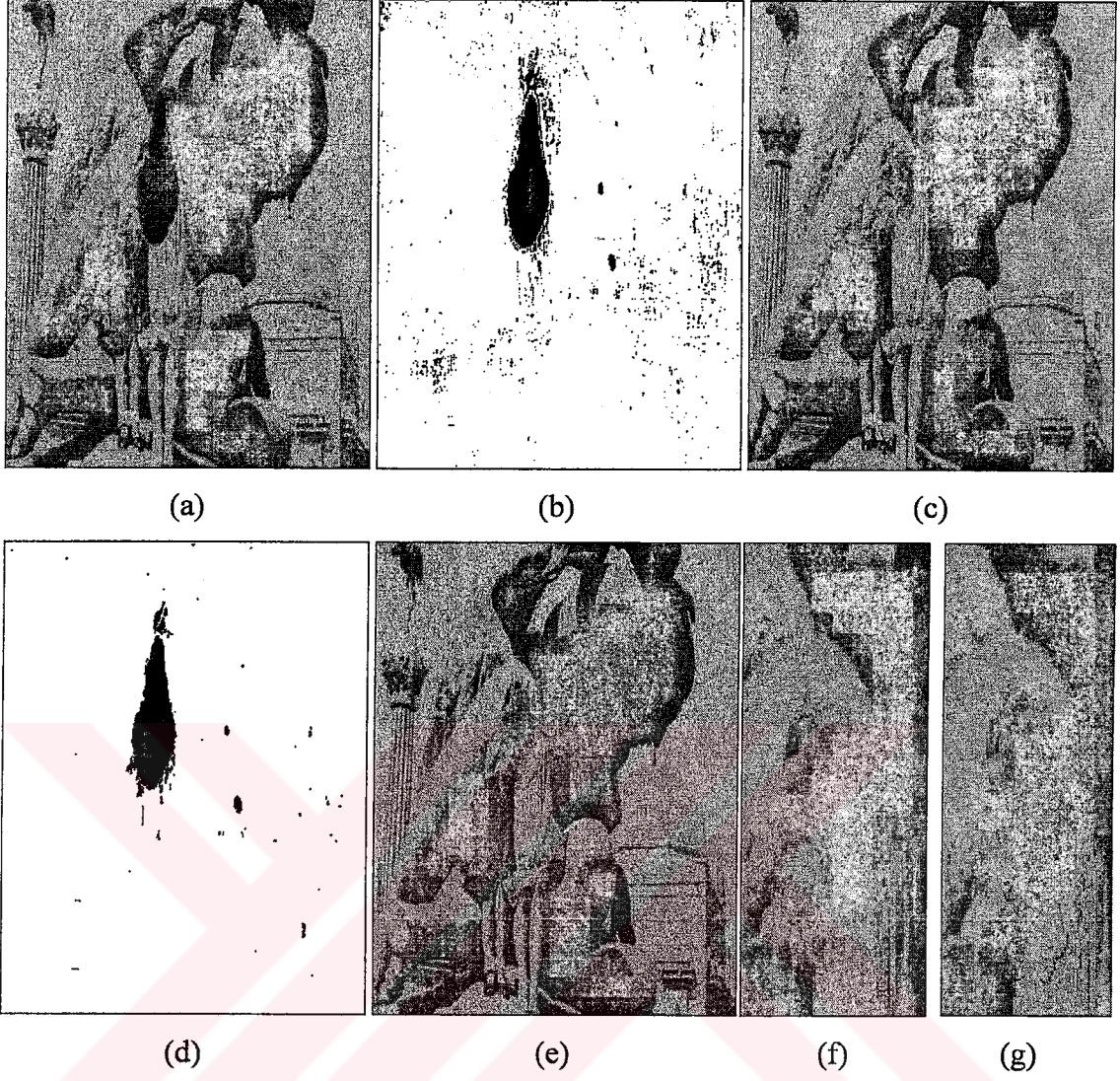
Uyumlaştırma aşamasında yapılan ve doldurmada da kullanılan ışıklılık dönüşümünün nesnel başarımlarında sağladığı artış MAD ölçütü cinsinden Tablo 2.2’de verilmektedir. Tablodan da görüldüğü üzere, kullanılan test dizilerinde ışıklılık dönüşümü doldurma başarımlarını nesnel olarak arttırmaktadır.

Tablo 2. 2. Uyumlaştırma ve doldurmada kullanılan ışıklılık dönüşümünün doldurma başarımlarına etkisi.

Test Dizisi	“Silent”		“Hall Monitor”	
Işıklılık Dönüşümü	YOK	VAR	YOK	VAR
MAD	0.0117	0.0100	0.0096	0.0092

2.4. Kir Onarım Sisteminin Arşiv Videolarındaki Başarımları

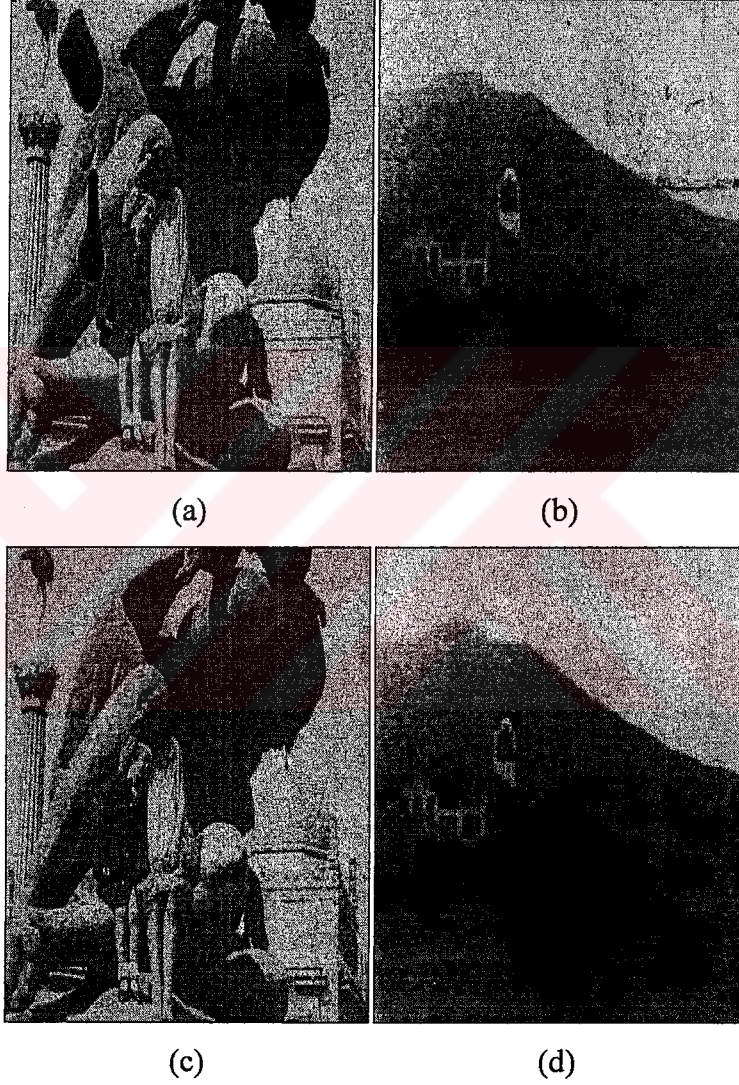
İki aşamalı S-ROD ve bölütleme temelli son işlemin algılama performansı test görüntü dizilerinde karşılaştırılan yöntemlere göre yüksek olmasına karşın, arşiv videolarındaki kir etkisinin kenar bölgelerinin bazen yarı saydam özellik gösterebilmesinden dolayı başarımlar düşebilmektedir. Ön algılayıcı ile algılanan yarı saydam bölgeler, bölütleme temelli son işlemin düşük uzamsal değişimleri hesaba katmamasından dolayı, değerlendirilen bölütün kir olmayan bölgeler ile birleşmesine neden olmakta, böylece kir olan yarı saydam bölgeler de atılabilmektedir. Bu durum, doldurma aşamasında görsel bozuklukların tam olarak giderilememesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle arşiv videolarında algılama için iki aşamalı S-ROD yönteminin kullanılması daha uygun görülmüştür (bölütleme temelli son işlem kullanılmadan). “Panama” videosunun 5218. çerçevesi için, iki aşamalı S-ROD ve



Şekil 2. 27. a) “Panama” videosu 5218. çerçeve için b) iki aşamalı S-ROD ile algılanan kir bölgeleri, c) onarım sonucu, d) bölütleme temelli son işlem uygulanarak elde edilen kir maskesi, e) onarım sonucu, f) iki aşamalı S-ROD sonrası doldurulan imge kesiti, g) bölütleme temelli son işlem sonrası doldurulan imge kesiti.

bölütleme temelli son işlem dahil edildiğinde elde edilmiş kir maskeleri kullanılarak yapılan onarım sonucunda elde edilen imge çerçeveleri Şekil 2.27’de görülmektedir. Bu şekilde, bölütleme temelli son işlemden dolayı algılanamayan bölgelerin, doldurma işleminin görsel kalitesini düşürdüğü açıkça görülmektedir.

Şekil 2.28’de, farklı arşiv videolarından alınan değişik imge çerçeveleri için önerilen iki aşamalı S-ROD algılama yöntemi ve kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli doldurma yönteminin kullanılması ile elde edilen onarım sonuçları verilmektedir. Şekil 2.27 ve Şekil 2.28’den görüldüğü gibi, aşırı detay içeren bölgelerde bile kir etkisi etkili biçimde giderilebilmektedir.

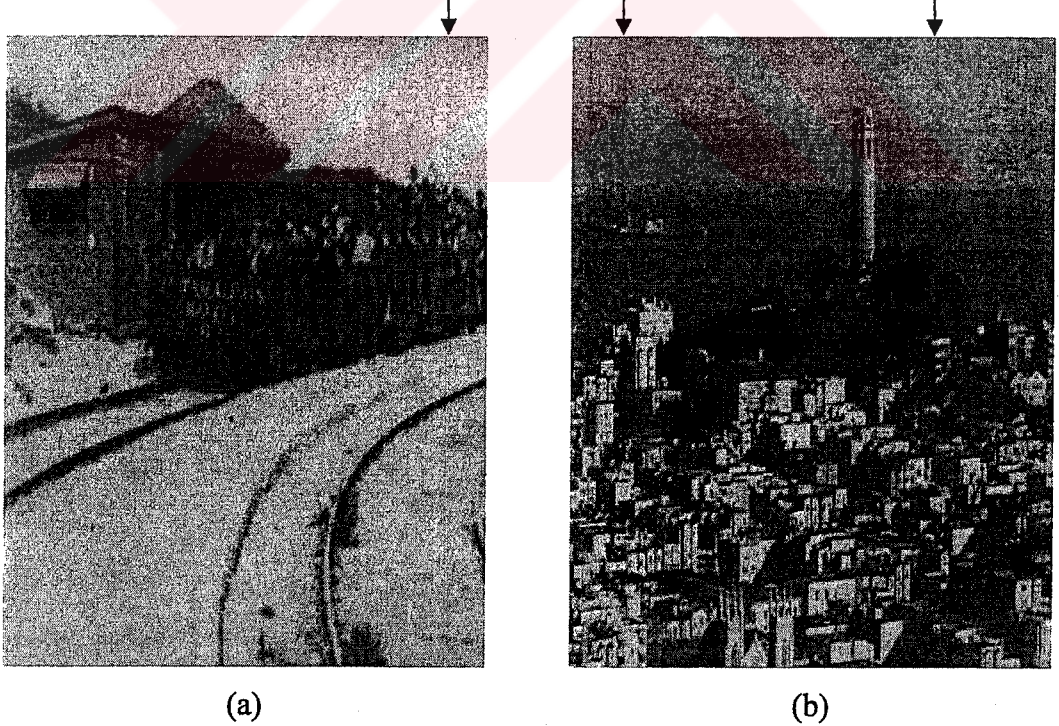


Şekil 2. 28. Arşiv videolarda karşılaşılan kir etkisinin onarımı: a) “Panama” 5219.,
b) “Mount” 45. orijinal çerçeveleri, c-d) kir etkisi onarılmış çerçeveler.

BÖLÜM 3. SIYRIK ONARIMI

3.1. Giriş

Sıyrık etkisi, film makinesi ile film malzemesinin teması sonucu film yüzeyinde oluşan çiziklerden kaynaklanmaktadır. Film üzerinde temel kısımda (base side) ya da emülsiyon kısmında (emulsion side) oluşabilir. Koyu ya da açık sıyrık etkisi olarak gözlenebilir. Genellikle ardışık çerçevelerde aynı ya da yakın konumlarda bulunur. Şekil 3.1’de, farklı arşiv videolarından sıyrık etkisi gözlenen iki imge çerçevesi görülmektedir. Birkaç piksel kalınlığında olabilen sıyrık etkisi, çoğunlukla sadece tek bir çerçevede görülen bir bozukluk olmayıp uzun süre aynı konumda kalabilmektedir.



Şekil 3. 1. a) “Mount” videosunun 1820. çerçevesi, b) “Askme” videosunun 160. çerçevesindeki sıyrık etkileri.

3.2. Geçmiş Çalışmalara Bakış

Sıyrık etkisi izleyici tarafından kolayca algılanabilmesine rağmen, zamansal ve uzamsal yapısından dolayı görüntü işleme yoluyla algılanması oldukça zor olan bir bozukluktur. Sıyrık etkisi, takip eden çerçevelerde zamansal ilişki gösterebilmesi ve yapı olarak imge içerisindeki kenarlara benzemesi nedeniyle halen bu etkiyi yüksek başarıyla algılayabilen yöntem bulunmamaktadır.

Bu konudaki öncül çalışmalar Kokaram (1996, 1998) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda çerçeve düşey ortalama değerlerinden elde edilen tek boyutlu işaret üzerinden sıyrık etkisi algılanmaya çalışılmaktadır. Sıyrık bölgesinde düşük ışıklılık değişimleri sönümlü bir sinüs işareti (damped sinusoid) ile modellenmeye çalışılmış ve bu örüntüye uyan yerler için sıyrık kararı verilmiştir. Sıyrık giderimi için ise AR (özbağımlı-AutoRegressive) model kullanılmıştır.

Kokaram tarafından sıyrık algılama için önerilen modelin genelleştirilmiş hali Bruni and Vitulano (2004)'deki çalışmada önerilmektedir. Bu yöntemde sıyrık modeli kurulurken, sıyrığın sadece toplamsal bir etki göstermeyip, aynı zamanda bulunduğu uzamsal konumdaki piksel değerlerini tamamen yok edebileceği göz önüne alınmıştır. Eşikleme için ise Weber kanunu kullanılarak sıyrık kararı verilmektedir.

Bretschneider and Kao (2001) ve Bretschneider et al (2001) tarafından önerilen yöntemlerde sıyrık etkisinin dalgacık uzayında tespitine çalışılmıştır. İmge çerçevelerinin iki boyutlu ayrık dalgacık dönüşümü (2-Dimensional Discrete Wavelet Transform, 2D-DWT) alınarak alçak frekans ve düşey frekans bileşenleri kullanılmak suretiyle basit imge işleme yöntemlerinden yararlanılarak sıyrık etkisi tespitine çalışılmıştır. Onarım işleminin ise doğrudan dalgacık uzayında yapılması önerilmiştir. Bu çalışmalarda onarım aşamasında ayrıca Fourier uzayı kullanılarak bant-sınırlı işaretlerin iteratif olarak dışdeğerlenmesinden (extrapolation) esinlenilerek geliştirilen bir yöntem de kullanılmıştır.

Tegolo and Isgro (2001) tarafından önerilen yöntemde imge çerçeveleri tek tek ele alınarak (zamansal ilişkiye bakılmadan) sütunların değışinti değerlerinin basit bir

istatistiksel yapı içerisinde değerlendirilmesiyle sıyrık etkisi algılanmaya çalışılmıştır. Bu yöntemde sıyrık etkisinin giderilmesi bir en iyileme problemi olarak ele alınıp, genetik algoritmalarla çözülmeye çalışılmıştır.

Joyeux et al (1999, 2001, 2002) tarafından yapılan çalışmalarda, diğer yöntemlerden farklı olarak sıyrık etkisinin sadece çerçeve içi değil, zamansal olarak da incelenmesi gerektiği öne sürülmüştür. Öncelikle imge çerçeveleri düşey alt-örneklemeden geçirilerek sıyrık algılama için uygun bir yapıya getirilmektedir. Sonrasında gri-tonlu morfolojik işlemler kullanılarak sıyrık bölgeleri daha belirgin hale getirilmeye çalışılmıştır. Sıyrık adaylarının zamansal olarak takibi için düşey alt-örnekleme ve çeşitli morfolojik işlemlerden geçirilen imge çerçeveleri arka arkaya dizilmiştir. Joyeux et al (1999, 2001)'deki çalışmalarda Kalman süzgeci, Joyeux et al (2002)'deki çalışmada ise ikinci dereceden bir polinomsal kestirici ile bir çoklu hipotez izleyicisi (Multiple Hypothesis Tracker-MHT) kullanılarak takip işlemi yapılmıştır. Bu çalışmalarda sıyrık etkisinin giderimi için genel olarak imgenin alçak ve yüksek frekans bileşenlerine farklı yaklaşımlar getirilmiştir. Alçak frekans bileşenlerinin onarımı için basit bir polinomsal aradeğerleme kullanılırken, yüksek frekans bileşenleri için Fourier serilerinden yararlanılmıştır. İlgili çalışmalarda onarım aşaması için ayrıca Bayesçi yaklaşımlar da denenmiştir.

Milady and Kasaei (2004) tarafından önerilen yöntemde öncelikle imge çerçeveleri 5-dallı yatay ortanca (median) süzgecinden geçirilmektedir. Elde edilen imgenin orijinal imgeden farkının önceden tanımlanmış bir eşikten küçük/büyük olmasına göre ikili (binary) bir imge oluşturulmaktadır. Bu ikili imge (1×3) 'lük yapı elemanı ile ikili açma (binary opening) işlemine tabii tutulmaktadır. Açma işlemi uygulanmış ikili imgenin sütunlarındaki veriler toplanarak oluşturulan tek boyutlu işaret üzerinden, işaretin ortalama ve standart sapmasına bağlı bir eşikleme yapılarak aday sıyrıklar tespit edilmektedir. Sonrasında, tanımlanan bir salınım ölçütünün sabit eşikten büyük olması durumunda ilgili aday için sıyrık kararı verilmektedir. İlgili yöntemde sıyrık onarımı için ise MAP (Maximum A Priory) kestirim yapısı kullanılmıştır. Yöntem, sadece uzamsal bilgileri kullandığı için sıyrık tespitinde yüksek başarımlar sağlayamamaktadır.

Kang et al (2004) tarafından önerilen, sadece çerçeve içi özellikleri kullanan yöntemde ise sıyrık algılama için yapay sinir ağlarının kullanımı önerilmektedir. İlgili yöntemde imgedeki her bir piksel için oluşturulan dikdörtgensel blokların, ağın eğitilmesinde kullanılan sıyrık etkisi gösteren dikdörtgensel bloklara benzerliği YSA ile tespit edilmeye çalışılmaktadır. Sonrasında sıyrığın uzunluğu ve dikliğini temel alarak gerçekleştirilen basit bir son işlem (post-processing) ile sıyrık algılama işlemi tamamlanmaktadır. Bu yöntemin zamansal tutarlılığı tartışmalı, işlem yükü ise oldukça yüksektir. Ayrıca yüksek başarımlar elde etmek için her film onarılrken operatör desteği ile YSA'nın eğitilmesi gerekmektedir.

Khriji et al (2005) tarafından önerilen yöntemde ise pikseller için yerel enerji hesabı yapıp, daha sonra yerel uyarlamalı bir eşik kullanılarak dürtün (impulsive) etki olarak ele alınan sıyrığın tespitine çalışılmıştır. Sıyrık etkisinin onarılması için ise uzamsal vektörlerden faydalanan oransal bir aradeğerleme yöntemi kullanılmıştır.

Geçmiş çalışmalara bakıldığında, zamansal ilişki bilgisini kullanmayıp sadece uzamsal bilgiden yararlanılarak gerçekleştirilecek bir sıyrık algılama işlemi, sıyrıkları kaçırmamak için hassas algılama yapmaya ayarlandığında çok fazla hatalı algılamaya yol açabileceği gibi, daha az hassas algılama seviyelerinde ise sıyrık etkileri yakalanamayabilmektedir. Bu nedenle, sadece uzamsal bilgi kullanan yöntemlere güvenmek doğru bir yaklaşım olmamaktadır. Bu noktadan hareketle, tez kapsamında çerçeveler arasındaki zamansal ilişkiyi de dikkate alan bir sıyrık algılama yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem özellikle sahne ya da video boyunca konumunu değiştirmeyen sıyrık etkilerinin algılanmasını amaçlamaktadır. Sıyrık onarımı için ise kir etkisini gidermek için kullanılan yöntem temel alınmıştır.

3.3. Sıyrık Algılama

Sıyrık algılama aşamasında zamansal ilişkinin değerlendirilmesi önemlidir. Bu çalışmada, uzamsal bilgi kullanılarak elde edilen sıyrık adaylarının doğrulanması aşamasında çerçeveler arası zamansal ilişkinin kullanılması önerilmektedir. Sıyrık adaylarının uzamsal tespiti için, Kokaram (1996) tarafından önerilen yöntemin

genelleştirilmiş hali olan Bruni and Vitulano (2004) tarafından önerilen ve daha yüksek algılama başarımı sağlayan uzamsal yöntemin kullanılması tercih edilmiştir. Bu yöntem, imge çerçevesinde algılanan siyah ve beyaz etki gösteren sıyrık adaylarını ayrı ayrı çıkış olarak vermektedir. Bu yöntem uzamsal bilgiyi kullanarak sıyrıkları başarıyla yakalamakta, ancak bazı durumlarda kenarları da sıyrık olarak algılamaktadır. İmge çerçevesinde bulunan sıyrıkları genellikle kaçırmamasından dolayı bu yöntemin ön algılayıcı olarak kullanılması uygun görülmüştür.

3.3.1. Zamansal tutarlılık (coherency) analizi

Uzamsal sıyrık algılama yöntemleri, genellikle düşey kenarlardan kaynaklanan hatalı algılamalar verebilmektedir. Bu nedenle sıyrık algılama aşamasında yalnızca uzamsal bilginin kullanılması yerine, zamansal ilişkinin değerlendirilmesi de önem kazanmaktadır.

Bu tez kapsamında, çerçeveler arası zamansal ilişkinin, uzamsal bilgi kullanılarak elde edilen sıyrık adaylarının doğrulanması aşamasında kullanılması önerilmektedir. Bruni and Vitulano (2004) tarafından önerilen uzamsal sıyrık algılama yöntemi kullanarak elde edilen sıyrık adayları belirlendikten sonra belirlenen sıyrık adayları üzerinden zamansal ilişki kurularak sıyrık doğrulanması yapılmaktadır.

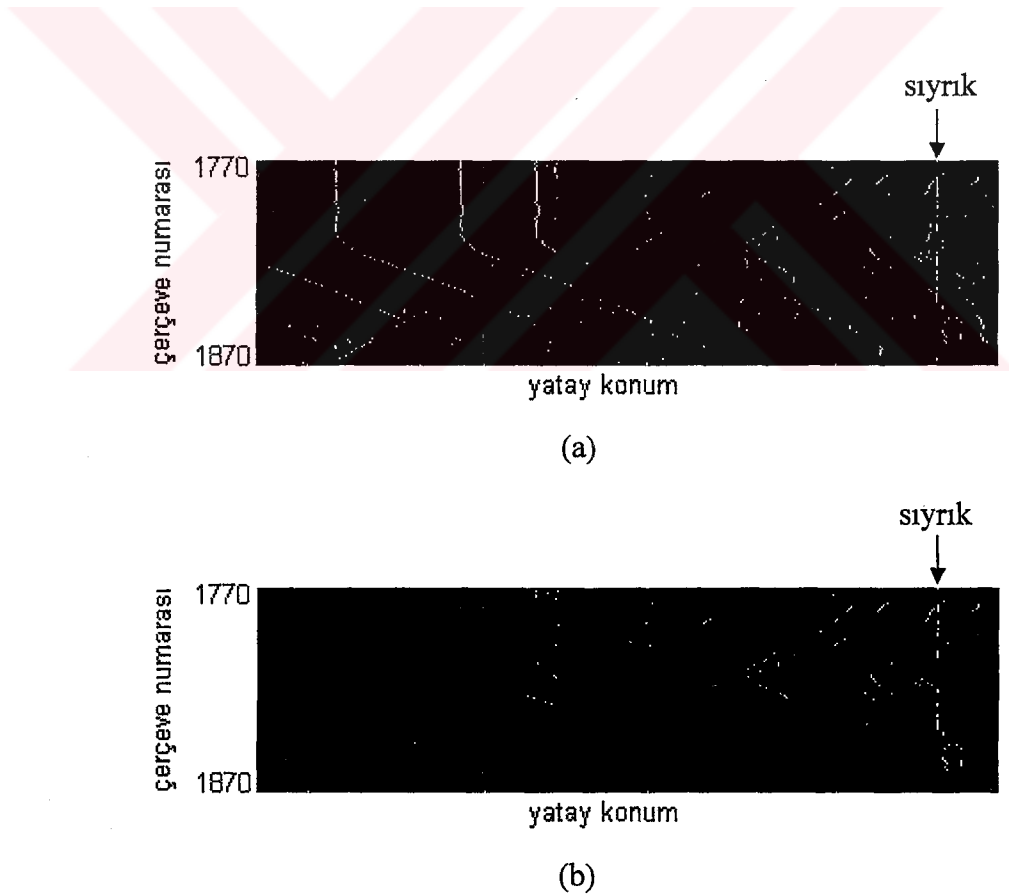
Önerilen yöntemde yapılan zamansal doğrulama işlemi, Joyeux et al (1999, 2001, 2002) tarafından önerilen ve sıyrık adaylarını zamansal olarak takip eden yöntemlerden farklı olarak sıyrık adayını doğrudan takip etmek yerine, sıyrık adayının etrafındaki bölgenin sonraki çerçeve(ler)de takibi temeline dayanmaktadır. Sıyrık etrafındaki bölgenin sonraki çerçevede tespitinden sonra, sıyrık adayının bulunan bölgede olup olmadığı kontrol edilir. Bu sayede, kaybolan sıyrık etkileri belirlenebilmekte ve arka planda hareket olması durumunda da ardışık çerçevelerde aynı uzamsal konumda etki gösteren sıyrık etkileri tespit edilebilmektedir. Eğer çerçeveler arası hareket yoksa ve sahne boyunca aynı konumda sıyrık adayı var ise bu adayın sıyrık olup olmadığı önceki ve sonraki sahnelere bakılarak karar verilmektedir. Eğer önceki veya sonraki sahnelerde de aynı konumda sıyrık adayı

belirlenmiş ise ana sahnede karşılaşılan sıyrık adayının gerçek sıyrık olduğu kararı verilmektedir. Yöntemin işleyişi aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

1. t . çerçeve için uzamsal sıyrık adayları bulunur. Bu adaylar, gerçek sıyrık olabilir ya da kenar bilgisinden kaynaklanan hatalı algılamalardan kaynaklanabilir.
2. t . çerçevedeki sıyrık adayı, o sıyrık adayı çevreleyen $M \times N$ 'lik bir blok (sıyrık adayı etrafındaki yapı) alınarak MAD ölçütüne göre $(t+1)$. çerçevede uyumlanmaktadır. Uyumlanmanın yeterliliği (uyumlama hatasının düşük olması) kontrol edildikten sonra, uyumlanan bölgede sıyrığın olması gereken yer ile t . çerçevede sıyrığın olduğu kısmın mutlak farkı alınır. Eğer bu fark belirlenen bir eşikten yüksekse; yani, aranan çerçeve yüksek doğrulukla uyumlanmasına rağmen çerçevenin merkezinde olan sıyrık adayı bu doğrulukla uyumlanamıyorsa, bu aday gerçek bir sıyrıktır. Bu işlem sonrası fark düşük olduğunda ise sıyrık kararı verilememekte ve iki ihtimal değerlendirilmektedir: aday ya gerçek bir sıyrıktır, ya da imge çerçevesindeki bir kenar yapısından kaynaklanan sıyrık adaydır.
3. Sıyrık kararı verilememişse, bir sonraki çerçeveye geçerek aynı işlem tekrarlanır. Bu aşamanın herhangi bir kısmında incelenen aday sıyrık olarak algılanmışsa, bütün yol geriye doğru takip edilip, yol üzerindeki bütün adaylar sıyrık olarak işaretlenir.
4. Bütün sahne boyunca baştan sona takip edildiği halde kenar veya sıyrık tespiti yapılamamışsa ve önceki veya sonraki sahnede de ilgili uzamsal konumda sıyrık adayı varsa, bu adayların tümü sahne boyunca devam eden sıyrıklar olarak belirlenmektedir. Dolayısı ile bu durumda geriye gidilerek bütün adaylar sıyrık olarak işaretlenmektedir.

Yukarıda anlatılan zamansal tutarlılık analizi işlemi ile gerçek sahnelerde sıyrık tespiti yapıldığında, sıyrık etkisinin dokulu bölgelerdeki düşey pikseller boyunca aynı etkiyi göstermemesi nedeniyle (Bkz. Şekil 3.1a,b), 2. aşamada sıyrık adayı etrafında alınan $M \times N$ boyutundaki bloğun uyumlama hatasının belirli bir eşikten

düşük olması durumunda, bu blok yatay üç parçaya ayrılarak sıyrık kontrolü yapılmaktadır. Bu üç parçadan herhangi birinde blok parçasının merkezindeki sıyrık adayı yüksek doğrulukla uyumlanamıyorsa, bu adayın gerçek bir sıyrık olduğu kararı verilmektedir. Böylelikle kısmi etki gösteren (ikincil) sıyrıkların da algılanması hedeflenmektedir. Bu yaklaşımla, “Mount” videosunun “Tren-2” sahnesi için elde edilen sıyrık algılama sonuçları Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Bu şekilden de görüldüğü gibi önerilen zamansal doğrulama yöntemi ile, Bruni and Vitulano (2004) tarafından önerilen yöntemde hatalı olarak algılanan birçok sıyrık adayı başarı ile atılmıştır. Yalnızca tek bir çerçevede belirip kaybolan sıyrıkların kir algılama işleminde algılanabilmesinden dolayı, bu yöntemde tek çerçevelik sıyrık adaylarının atılması için (1×2) 'lik yapı elemanı ile ikili açma (binary opening) işlemi gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.3’de, ikili açma işlemi sonrasında elde edilen sıyrık adayları verilmektedir.



Şekil 3. 2. a) Bruni and Vitulano (2004) tarafından önerilen yöntemle elde edilen sıyrık adayları, b) önerilen zamansal doğrulama sonucu ayrıştırılan sıyrık adayları.



Şekil 3.3. Zamansal doğrulama işlemi ile elde edilen sıyrık adayları üzerinden yapılan ikili açma işlemi sonrası elde edilen sıyrıklar.

Şekil 3.2a ve Şekil 3.3 incelenecek olursa, önerilen sıyrık adayı doğrulama yönteminin uzamsal olarak yer değiştirmeyen sıyrıkların tespitinde, Bruni and Vitulano (2004) tarafından önerilen yöntemin yaptığı bir çok hatalı algılamının önüne geçerek yüksek performans sağladığı görülmektedir. Takip edilen sahne boyunca aynı uzamsal konumda belli bir süre ya da sahnenin tamamında sıyrık veren adaylar için kesin sıyrık kararı verilebilmektedir.

3.3.2. Sıyrık algılama başarımının değerlendirilmesi

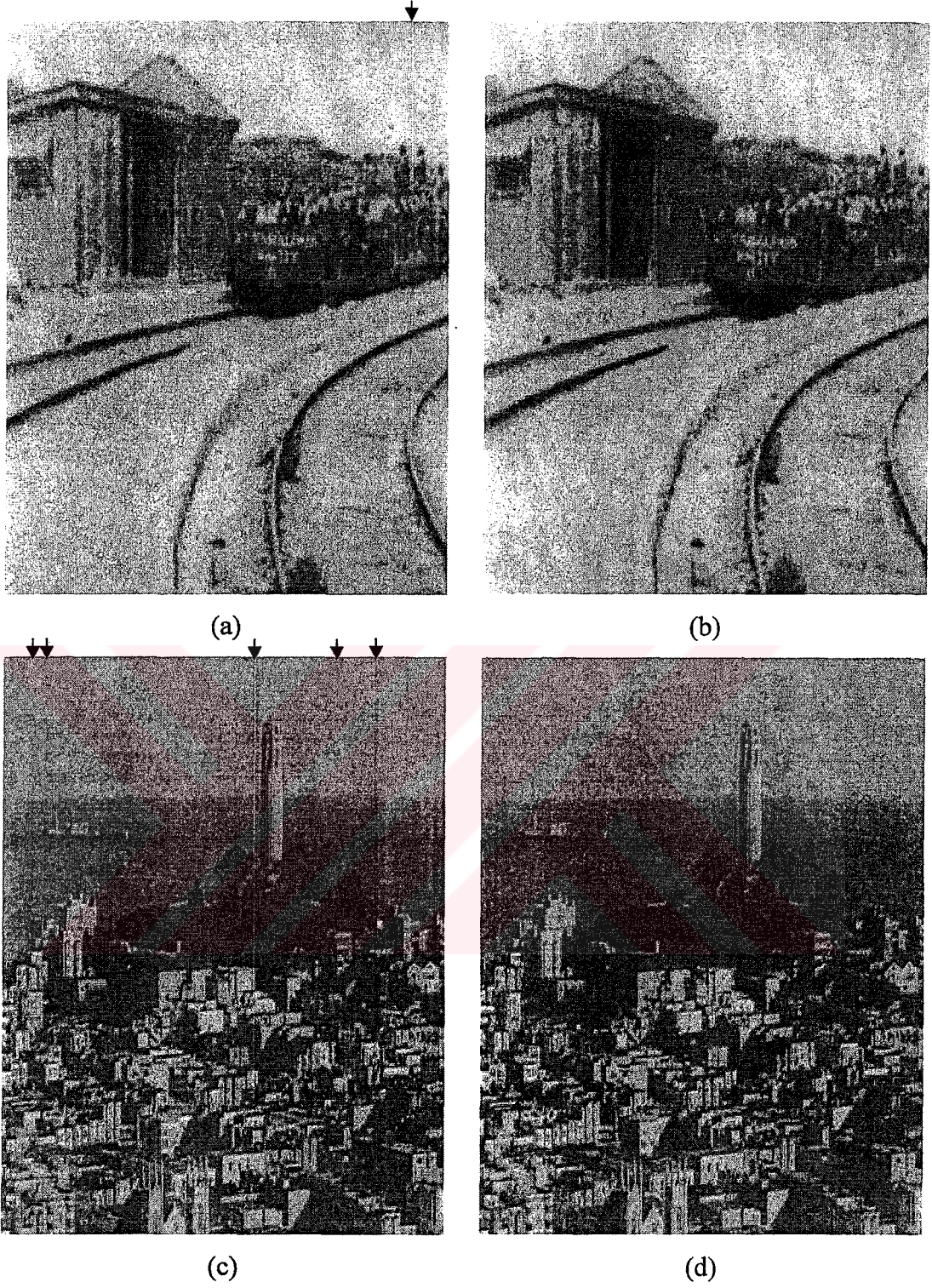
Literatürde sıyrık algılama yöntemlerinin başarımını nesnel olarak değerlendirmek için geliştirilmiş herhangi bir ölçüt bulunmamaktadır. Sadece tek bir imge çerçevesi üzerinden sıyrık algılama yoluna giden yöntemler genellikle kendi deneysel sonuçlarını tek çerçvelik imgeler üzerinden vermektedir. Tek bir imge çerçevesi için uygun eşiklerle kabul edilebilir sonuçlar sağlayan bu yöntemler, zamansal tutarlılık göstermekten yoksundur. Bu yöntemlerin başarılılarından olan Bruni and Vitulano (2004) tarafından önerilen yöntemde dahi Şekil 3.2a'da görüldüğü gibi bir çok hatalı algılama yapılmaktadır. Bu açıdan, proje kapsamında önerilen, zamansal tutarlılığı inceleyerek sıyrık adaylarını başarılı şekilde bertaraf eden yöntemin sıyrık algılama başarımını arttırdığı açıktır (Bkz. Şekil 3.3).

3.4. Sıyrık Bölgelerinin Doldurulması

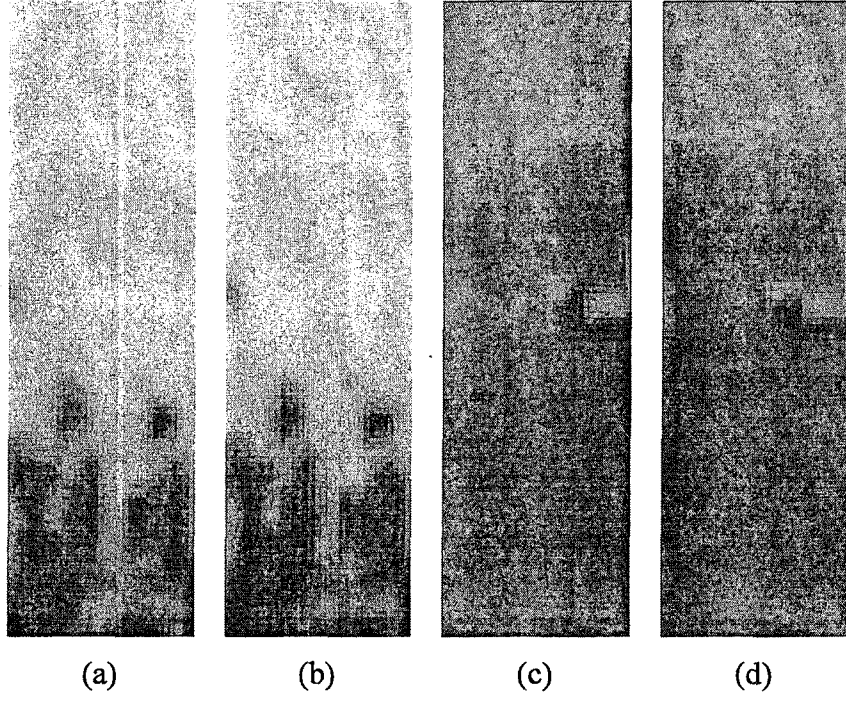
Sıyrık etkisinin algılanmasının ardından, belirlenen bu bölgelerin doldurulması gerekmektedir. Doldurma için önerilen yöntemlere genel bakış Bölüm 2.2’de verilmektedir. Tez çalışmasının bu kısmında, algılanan sıyrık bölgelerinin doldurulması için kir doldurma işleminde de kullanılan, kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli zaman uzamsal yöntem temel alınmıştır (Bkz Bölüm 2.2.2). Farklı olarak, kir doldurmada kullanılan doldurma stratejisine çerçeve içi arama kriteri de eklenmiştir. Algılanan sıyrıkların genişliğinin en fazla 5 piksel olduğu varsayılarak, belirlenen sıyrık çevresindeki 5 piksel genişliğindeki alana doldurma uygulanmaktadır. Bu yöntem kullanılarak elde edilen örnek doldurma sonuçları Şekil 3.4’de, onarım sonuçlarından kesitler ise Şekil 3.5’de verilmektedir.

3.4.1. Sıyrık doldurma başarımının değerlendirilmesi

Onarımda kullanılan doldurma yöntemi genel olarak yeterli görsel başarımları sağlmasına rağmen, Şekil 3.5’de de görüldüğü gibi dikkatli olarak incelendiğinde doldurulan bölgeler fark edilebilmektedir. Bunun yanında, hareketsiz ardışık çerçevelerde sabit konumda bulunan sıyrık etkisi giderilmeye çalışılırken, yapılan doldurma işleminde detay bilgisi içeren bölgelerde bazı bozulmalar oluşabilmektedir.



Şekil 3. 4. “Mount” ve “Askme” videolarından sıyrık onarımına örnekler:
a-c) Orjinal imge çerçeveleri, b-d) Onarılmış imge çerçeveleri.

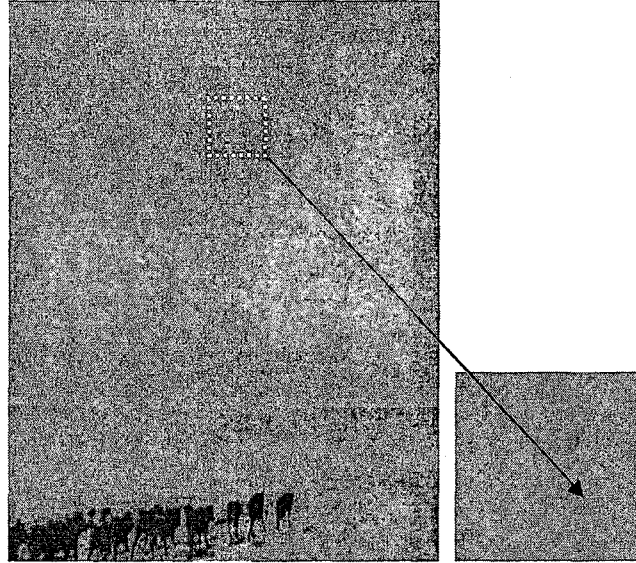


Şekil 3. 5. a-c) Gerçek imge çerçevelerinden kesitler, b-d) sıyrık etkisi giderilmiş kesitler.

BÖLÜM 4. GÜRÜLTÜ AZALTIMI

4.1. Giriş

Gürültü, sayısal veya analog ortama kayıt edilen bütün işaretlerde karşılaşılan genel bir problemdir. Arşiv filmleri de farklı tipte gürültülere maruz kalmaktadır. Bunlardan önemli bir tanesi film tanecik gürültüsüdür (film grain noise). Film tanecik gürültüsü, analog film malzemesi üzerindeki ışığa hassas gümüş parçacıklarından kaynaklanmaktadır. Bu gürültü tipi uzamsal olarak ilişkili olmakla birlikte, işaret bağımlı özellik göstermektedir. Bu tip gürültü etkisi azaltılabilmesine rağmen, filmde yapaylık hissi uyandırmadan tamamen kaldırılması genellikle mümkün değildir. Arşiv filmlerinin sayısala dönüştürülmesi sürecinde oluşan ısı gürültü ve nicemleme hatası gibi etkenler de sayısal videoda gürültü etkisine neden olabilmektedir. Şekil 4.1’de “Alaska” videosundan örnek bir gürültülü imge çerçevesi verilmektedir.



Şekil 4. 1. “Alaska” videosundan örnek bir gürültülü imge çerçevesi.

Görüldüğü gibi, her bir gürültü kaynağının videoya etkisinin bilinmesi zor olduğundan, pratikte bu tip durumlarda genellikle gürültü etkisi bağımsız ve düzgün dağılımlı (independent and identically distributed-i.i.d.) olarak ele alınmaktadır. Bu tez çalışmasında da gürültü etkisi toplamsal beyaz Gauss gürültüsü (Additive White Gaussian Noise-AWGN) olarak değerlendirilmiştir. Arşiv videolarındaki gürültü etkisi (4.1)'de verildiği gibi modellenenir.

$$I_d(x, y) = I_o(x, y) + \eta(x, y) \quad (4.1)$$

Bu eşitlikte I_o , gürültü etkisi bulunmayan orjinal imge çerçevesini; η , toplamsal beyaz Gauss gürültüsünü; I_d ise gürültülü imge çerçevesini göstermektedir. Videoyu oluşturan imge çerçevelerindeki gürültü yoğunluğunun ardışık çerçeveler için birbiriyle aynı ya da yakın olduğu kabul edilebilir.

4.2. Geçmiş Çalışmalara Bakış

Gürültü giderimi için geliştirilen süzgeç yapıları uzamsal (2-boyutlu) ve zaman-uzamsal (3-boyutlu) olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Uzamsal süzgeçler her bir imge çerçevesini yalnızca çerçeve içi piksel değerlerine bağlı olarak süzgeçlemekte fakat etkili gürültü giderimi istendiğinde bu süzgeçler çerçevede bulanıklaşmaya neden olabilmektedir. Videoda gürültü azaltımı için çoğunlukla zaman-uzamsal süzgeç yapıları kullanılarak bu bulanıklaşma etkisinin azaltılması amaçlanmaktadır.

İmgede gürültü azaltımı için Malfait ve Roose (1997) tarafından önerilen çalışmada dalgacık katsayıları, Markov rasgele alanı (Markov Random Field-MRF) imge modeline bağlı kalınarak olasılıksal olarak değiştirilmektedir. Kazubek (2003) tarafından önerilen çalışmada, dalgacık uzayında Wiener süzgeci kullanılarak gürültünün bastırılması yoluna gidilmiştir. Uzamsal komşulukların yönsel türevlerine bağlı olarak bulanık gürültü giderme yöntemi Van De Ville et al (2003) tarafından önerilmektedir. Sadhar and Rajagopalan (2005) tarafından önerilen yöntemde film-tanecik gürültüsü bulunan imgerde, gürültüsüz imgenin kestirimine yönelik, yinelemeli bir kestirim yapısı önerilmektedir. Yöntemde film-tanecik gürültüsü, film

pozlandırma süresi ile ilişkili, Gauss dağılımı özelliği göstermeyen, çarpımsal gürültü olarak ele alınmaktadır.

Videoda gürültü azaltımı için, hareket karşılanmış imge çerçeveleri üzerinden piksel temelli, uyarlamalı ağırlıklı ortalama alan bir zaman-uzamsal süzgecin kullanımı Ozkan et al (1993) tarafından önerilmektedir.

Dugad and Ajuha (1999) tarafından önerilen çalışmada, kenarları koruyan 2-B Wiener süzgeci ile zamansal çalışan 1-B Kalman süzgecinin sonuçlarının basit bir ortalama alma işlemiyle birleştirilmesi ile videodaki gürültülerin giderilmesi amaçlanmıştır. Yöntemin en büyük eksikliği, her iki süzgecin birbirinden bağımsız çalışıyor olmasıdır.

3-B pencere içerisinde sıralama mantığına dayanan, doğrusal olmayan bir süzgeç yapısı Zlokolica et al (2002) tarafından önerilmektedir. Çalışmada, belirlenen 3-B pencere içerisindeki piksel değerleri kullanılarak ortalama alma işlemi sonucunda süzgeç çıkışındaki piksel değeri belirlenmektedir. Bu amaçla öncelikle 3-B pencere içerisindeki pikseller tek boyutlu bir dizi haline dönüştürülerek, ilgilenilen piksel ile fark değerlerine bağlı olarak sıralanmaktadır. Bu sıralı dizi içerisinde, ilgilenilen piksel değerine yakın, belirlenen pencere içerisindeki pikseller alınarak ortalama hesabı yapılmakta ve elde edilen değer süzgeçleme çıkış değeri olarak belirlenmektedir. İlgili yöntem, yerel hareketin az olduğu test dizilerinde iyi sonuçlar vermesine karşın, yerel hareketin fazla olduğu gerçek dizilerdeki hareketli bölgelerde görüntüde bozulmalara neden olmaktadır.

Selesnick and Li (2003) tarafından önerilen yöntemde, dalgacık temelli 2-B ve 3-B ikili ağaç yapısının kullanıldığı dönüşümlerin video gürültü giderimine uygulanması üzerinde durulmuştur. Özellikle aşırı hareket durumunda 3-B dönüşümün kullanıldığı yöntemin süzgeçleme performansı oldukça düşmektedir.

Pizurica et al (2003) tarafından önerilen çalışmada, 3-B dönüşüm kullanan yöntemlerin yukarıda bahsedilen eksikliğini gidermek için 2-B dalgacık uzayında

süzgeçleme ile, piksel temelli bir hareket algılayıcısı içeren ve zamansal ortalama alan süzgeç yapısının birlikte kullanılması önerilmektedir.

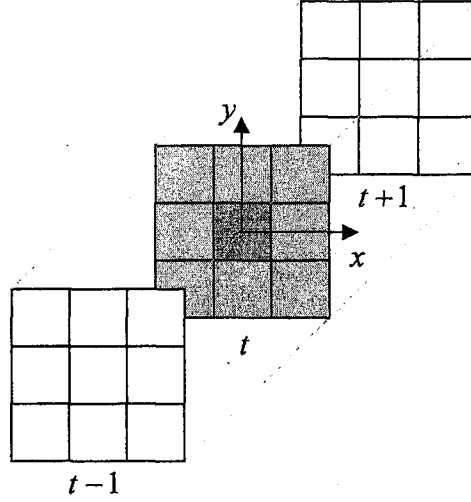
Gupta et al (2004) tarafından önerilen yöntemde zamansal ve uzamsal artıklıklar kullanılarak video süzgeçleme yoluna gidilmiştir.

Chan et al (2005) tarafından yapılan çalışmada, işlem yükü oldukça düşük, imge uzayında çalışan, zaman-uzamsal bir süzgeç yapısı önerilmektedir. İlgili çalışmada, öncelikle bir pikselin uzamsal komşulukları ve zamansal olarak karşılık geldiği piksel kullanılarak bu pikselin dürtü gürültüsü etkisine sahip olup olmadığına karar verilmektedir. İlgili pikselin dürtü gürültüsü olduğunun algılanması durumunda, uzamsal komşuların ortalaması alınarak ilgili pikselin ön süzgeçleme değeri belirlenir. Aksi durumda, komşu pikseller ve zamansal karşılık gelen pikselin ilgili piksel ile farklarına bağlı olarak ağırlıklı ortalaması alınarak ön süzgeçleme değeri hesaplanır. Ön süzgeçleme imgesinin elde edilmesinden sonra, ilgilenilen pikselin orjinal değerinden aşırı sapmasını engellemek için bir sınırlandırma işlemi yapılarak gürültü etkisi azaltılmış imge çerçevesi elde edilmektedir. İlgili yöntem, düşük değişimli yapay gürültü eklenmiş test videolarının süzgeçlenmesinde hem görsel hem de nesnel açıdan yüksek başarımla sağlanmasına karşın, yüksek değişimli gürültü değerlerine sahip test dizilerinde başarımlar oldukça düşmektedir.

Bu tez kapsamında, videodaki gürültü etkisinin azaltımı için zaman-uzamsal çalışan, yerel standart sapma bilgisine bağlı olarak kenar bölgelerini yumuşatmadan koruyan basit ve etkili bir gürültü azaltım yöntemi önerilmektedir.

4.3. Gürültü Azaltımı

Videoda gürültü etkisinin azaltımı için uzamsal bilginin yerine zaman-uzamsal bilginin kullanımı, imge çerçevesinin yapısal özellikleri hakkında daha fazla bilgi verebilmektedir. Bu nedenle önerilen yöntemde, (x, y, t) pikseli etrafında zaman-uzamsal, $(ws \times ws \times ws)$ boyutlarında 3-B pencere yapısı kullanılmaktadır (Bu tez çalışmasında pencere boyutu $(3 \times 3 \times 3)$ olarak seçilmiştir). Burada (x, y) , t çerçeve



Şekil 4. 2. Süzgeçleme işleminde kullanılan 3-B pencere yapısı.

için uzamsal konumu ifade etmektedir. Kullanılan 3-B pencere içerisindeki pikseller P kümesi ile ifade edilmektedir. Videoda gürültü azaltımında kullanılan 3-B pencere yapısı Şekil 4.2’de verilmektedir. Gürültü azaltımı işleminin ilk aşamasında t . çerçevede (x, y) konumundaki her bir piksel için aşağıda verildiği gibi yerel ortalama hesabı yapılmaktadır.

$$\mu(x, y, t) = \frac{1}{ws \times ws} \sum_{m=1}^{ws} \sum_{n=1}^{ws} I_d \left(x + m - \frac{ws+1}{2}, y + n - \frac{ws+1}{2}, t \right) \quad (4.2)$$

Bu eşitlikte $ws \times ws$, kare pencerenin uzamsal boyutunu göstermektedir. Hesaplanan bu yerel ortalama değerleri 3-B penceredeki gürültü giderme işlemine dahil edilecek piksellerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. $(t-1)$. ve $(t+1)$. çerçevelerdeki ilgili pencereye dahil olan her pikselin (4.2)’de hesaplanan yerel ortalama değeri $(\mu(x, y, t))$ ile farkına bakılmaktadır. Bu fark değeri önceden tanımlanan bir T eşliğinden yüksek olan piksellerin yerel hareket ya da kamera hareketinden etkilenme olasılığı yüksek olduğundan, bu pikseller gürültü giderme işleminde hesaba katılmamaktadır. Bu işlem sonrasında gürültü giderme işleminde kullanılacağı belirlenen bütün pikseller P_v kümesi ile gösterilmektedir.

$I_d(x, y, t)$ pikselinde gürültü azaltımı için, 3-B pencere içerisinde bulunan P_u kümesindeki piksel değerlerinin ortalaması ve standart sapması (4.3) ve (4.4)'de verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\mu_u(x, y, t) = \frac{1}{kps} \sum_{m=1}^{kps} P_u(m) \quad (4.3)$$

$$\sigma_u(x, y, t) = \sqrt{\frac{1}{kps} \sum_{m=1}^{kps} [P_u(m) - \mu(x, y, t)]^2} \quad (4.4)$$

Bu eşitlikte kps , kullanılan (P_u kümesindeki) piksel sayısını göstermektedir. İlgilenilen imgedeki gürültü miktarının tespitinde bir uyarlamalı standart sapma eşiği belirlenmektedir. Bu eşik aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$T_a(t) = \frac{1}{w \times h} \sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^h \sigma_u(m, n, t) \quad (4.5)$$

Bu eşitlikte $w \times h$ imge çerçevelerinin piksel boyutunu göstermektedir. Çerçeve için belirlenen $T_a(t)$ eşiği ve ilgili piksel için hesaplanan $\mu_u(x, y, t)$ ve $\sigma_u(x, y, t)$ değerleri kullanılarak gürültü etkisinin azaltımı (4.6)'da verildiği gibi yapılmaktadır.

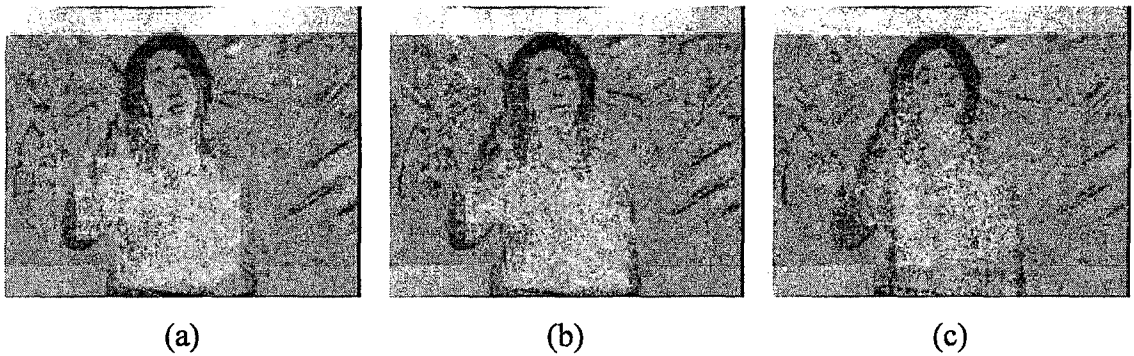
$$I'_o(x, y, t) = \begin{cases} \mu_u(x, y, t) & , \quad \sigma_u(x, y, t) < T_a(t) \\ \frac{I_d(x, y, t) \times \frac{\sigma_u(x, y, t)}{T_a(t)} + \mu_u(x, y, t)}{\frac{\sigma_u(x, y, t)}{T_a(t)} + 1} & , \quad \text{diger} \end{cases} \quad (4.6)$$

Bu eşitlikte, $\sigma_u(x, y, t)$ değerinin $T_a(t)$ eşiğinden küçük olması durumunda, ilgili pikselin detay içermediği kararı verilerek, o pikselin yeni değeri ($I'_o(x, y, t)$), hesaplanan ortalama değere ($\mu_u(x, y, t)$) eşitlenmektedir. Aksi durumda, $\sigma_u(x, y, t)$ değerinin büyüklüğüne bağlı olarak orjinal imge çerçevesinin ilgili uzamsal

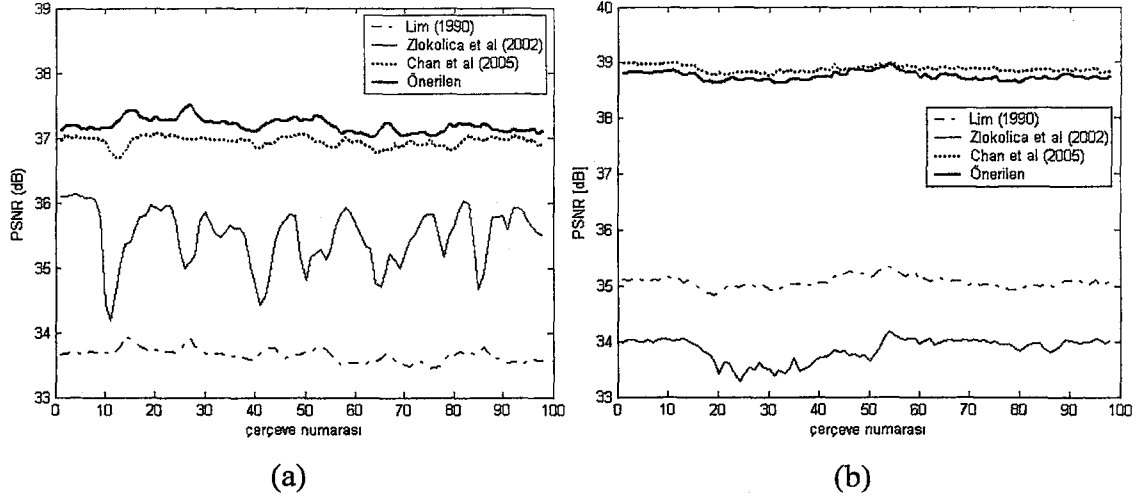
konumdaki değeri ($I_d(x, y, t)$) ve ilgili piksel için hesaplanan ortalama değeri ($\mu_u(x, y, t)$) ağırlıklandırılarak, ilgili pikselin yeni değeri hesaplanmaktadır. İlgilenilen piksel için hesaplanan standart sapma değerinin ($\sigma_u(x, y, t)$) belirlenen eşiğe ($T_a(t)$) yakın olması durumunda, o piksel için hesaplanan ortalama değeri ($\mu_u(x, y, t)$), aksi takdirde pikselin orjinal değeri ($I_d(x, y, t)$) daha baskın olmaktadır. Bu yapı sayesinde, kenar bölgelerindeki detaylar korunurken, gürültü etkisi etkin bir şekilde giderilebilmektedir.

4.4. Gürültü Azaltımının Nesnel Başarımı

Arşiv videolarında karşılaşılan gürültünün şiddeti çoğu zaman çok yüksek değildir. Bu nedenle, kullanılan test dizilerine $\sigma = 2$, $\sigma = 5$, $\sigma = 10$ standart sapma değerlerinde, AWGN eklenerek gürültü azaltımı sonuçlarının değerlendirilmesi yeterli olmaktadır. Şekil 4.3'de "Silent" test dizisinin 35. çerçevesi için, yukarıda belirtilen standart sapma değerlerinde AWGN eklenmiş çerçeveler verilmektedir. Bu şekilden görüldüğü gibi, $\sigma = 10$ değeri için imge çerçevesindeki detaylar büyük oranda kaybolmaktadır. Arşiv videolarında bu kadar etkili gürültüyle nadiren karşılaşılmaktadır. Geliştirilen yöntemin gürültü azaltımı başarımını nesnel açıdan değerlendirmek için $\sigma = 2$, $\sigma = 5$, $\sigma = 10$ değerlerinde AWGN eklenmiş "Silent" ve "Hall Monitor" test dizileri kullanılmıştır.



Şekil 4. 3. a) $\sigma = 2$, b) $\sigma = 5$, c) $\sigma = 10$ değerlerinde AWGN eklenmiş örnek imge çerçevesi.



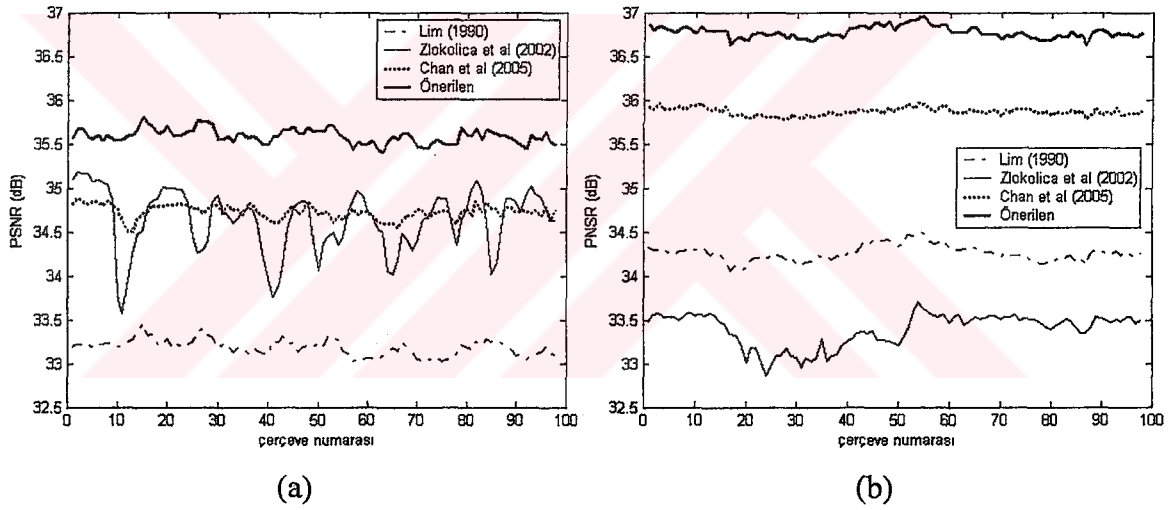
Şekil 4. 4. $\sigma = 2$ değeri için yöntemlerin PSNR sonuçları: a) “Silent”, b) “Hall Monitor”.

Geliştirilen yöntemin nesnel başarımını karşılaştırmak üzere, piksel uzayında 3-B gürültü azaltımı yapan Zlokolica et al (2002) ve Chan et al (2005) tarafından önerilen zaman-uzamsal yöntemler ile Lim (1990) tarafından önerilen ve karşılaştırmada sıklıkla kullanılan uzamsal Wiener yöntemi kullanılmıştır. Nesnel performansı değerlendirmede PSNR ölçütü kullanılmıştır. Şekil 4.4’de, $\sigma = 2$ değeri için “Silent” ve “Hall Monitor” test dizilerinin ilk 100 çerçevesine ait PSNR değerleri verilmektedir.

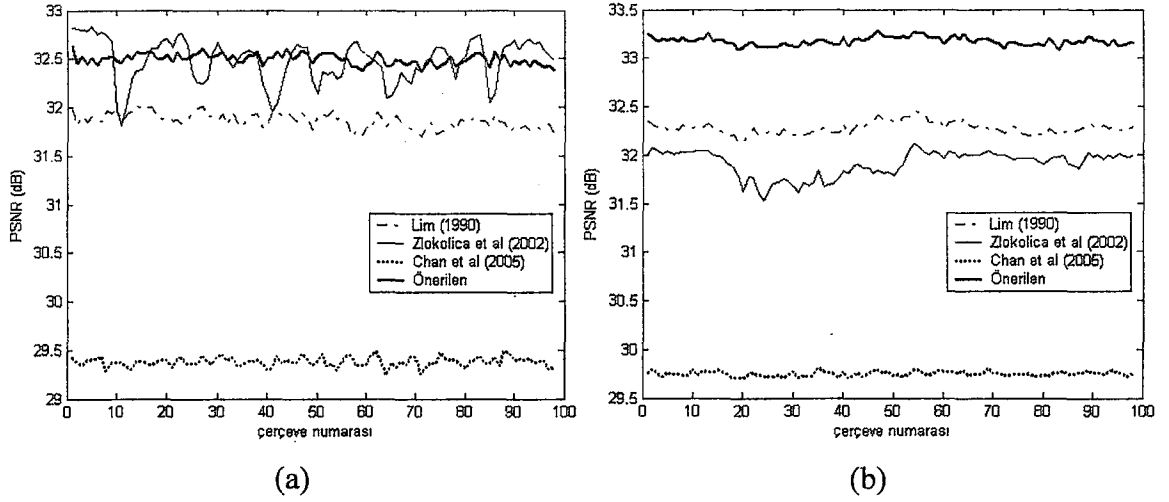
“Silent” test videosu oldukça fazla uzamsal ayrıntı içermektedir. Yöntemlerin videodaki detayları ne kadar etkin bir şekilde koruyabildiğini test etmek amacıyla bu görüntü dizisi seçilmiştir. Şekil 4.4a’daki sonuçlar incelendiğinde, Lim (1990) tarafından önerilen süzgecin diğer yöntemlere oranla oldukça kötü performans gösterdiği, Zlokolica et al (2002) tarafından önerilen yöntemin, özellikle aşırı hareket durumunda, başarımında gözle görülür düşüş olduğu, Chan et al (2005) tarafından önerilen yöntemin ise, bu tez kapsamında önerilen yönteme yakın değerler verdiği görülmektedir. “Hall Monitor” görüntü dizisi için (Şekil 4.4b), önerilen yöntem ile Chan et al (2005) tarafından önerilen yöntem benzer performans sağlamakta iken, diğer yöntemler göreceli olarak oldukça düşük başarımlar göstermektedirler. Dikkat edilirse, Zlokolica et al (2002) tarafından önerilen yöntem bu test dizisinde Lim (1990) tarafından önerilen yöntemden bile kötü sonuç vermektedir (Not: Zlokolica

tarafından önerilen yöntemde kullanılan eşik değeri olarak, ilgili çalışmada verilen en uygun eşik değeri alınmıştır. Chan et al (2005) tarafından önerilen yöntemde kullanılan eşik ise en iyi PSNR değerlerini verecek şekilde deneysel olarak seçilmiştir).

Şekil 4.5’de, $\sigma = 5$ değeri için “Silent” ve “Hall Monitor” test dizilerinin ilk 100 çerçevesine ait PSNR değerleri verilmektedir. Şekil 4.5’den görüldüğü gibi, önerilen yöntemin diğer yöntemlerden daha iyi sonuç vermektedir. Dikkat edilirse, standart sapma değeri arttığında Chan et al (2005) tarafından önerilen yöntemin performansında, bu çalışmada önerilen yöntemle göre düşüş gözlemlenmektedir. Şekil 4.6’da, $\sigma = 10$ değeri için “Silent” ve “Hall Monitor” test dizilerinin ilk 100 çerçevesine ait PSNR değerleri verilmektedir.



Şekil 4. 5. $\sigma = 5$ değeri için yöntemlerin PSNR sonuçları: a) “Silent”, b) “Hall Monitor”



Şekil 4. 6. $\sigma = 10$ değeri için yöntemlerin PSNR sonuçları: a) “Silent”, b) “Hall Monitor”.

Şekil 4.6’da ise, yöntemlerin yüksek şiddetli gürültü altında gösterdiği performans görülmektedir. Dikkat edilirse, önerilen yöntem bu durumda da diğer yöntemlerden daha yüksek başarımlar sağlamaktadır. Şekil 4.6a’da, Zlokolica et al (2002) tarafından önerilen yöntemin, bazı imge çerçevelerinde tarafımızdan önerilen yöntemi geçtiği görülebilir, bu yöntem aşırı hareketten çok etkilenmektedir. Bu durum, Şekil 4.4a, Şekil 4.5a ve Şekil 4.6a’da PSNR değerlerindeki aşırı düşüşler olarak kendini göstermektedir. Chan et al (2005) tarafından önerilen yöntem, düşük ve orta şiddetli gürültü durumunda kabul edilebilir sonuçlar vermesine karşın, yüksek şiddetli gürültü altında performansı oldukça düşmektedir. Tablo 4.1’de, $\sigma = 2$, $\sigma = 5$ ve $\sigma = 10$ değerleri için yöntemlerin “Silent” ve “Hall Monitör” dizilerinin ilk 100 çerçevesindeki ortalama PSNR başarımları verilmektedir.

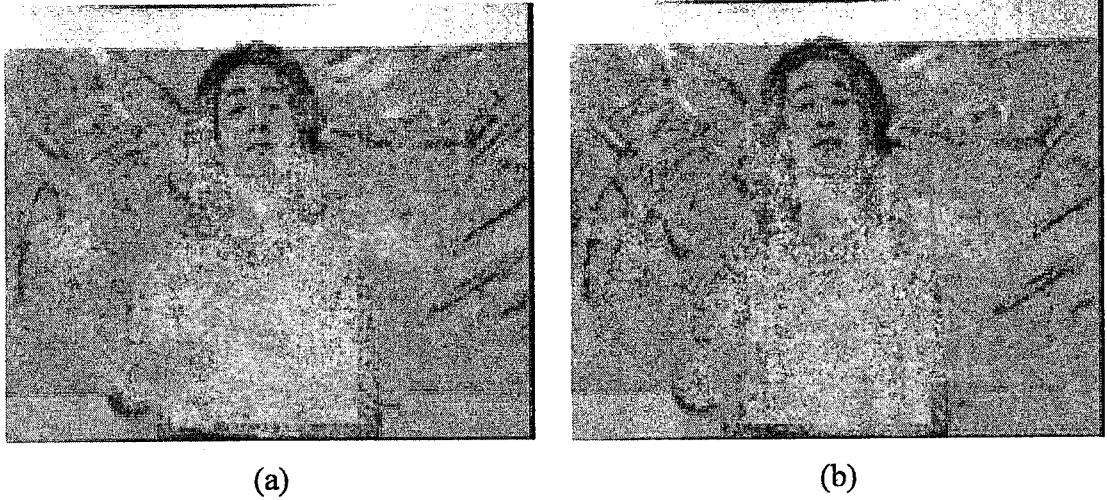
Tablo 4. 1. Yöntemlerin gürültü azaltımı nesnel başarımlarının PSNR cinsinden karşılaştırılması.

	“Silent”				“Hall Monitor”			
	Lim (1990)	Zlokolica et al (2002)	Chan et al (2005)	Önerilen	Lim (1990)	Zlokolica et al (2002)	Chan et al (2005)	Önerilen
$\sigma = 2$	33.65	35.49	36.94	37.19	35.07	33.86	38.89	38.76
$\sigma = 5$	33.18	34.63	34.72	35.58	34.26	33.39	35.86	36.77
$\sigma = 10$	31.86	32.48	29.38	32.50	32.27	31.91	29.75	33.17

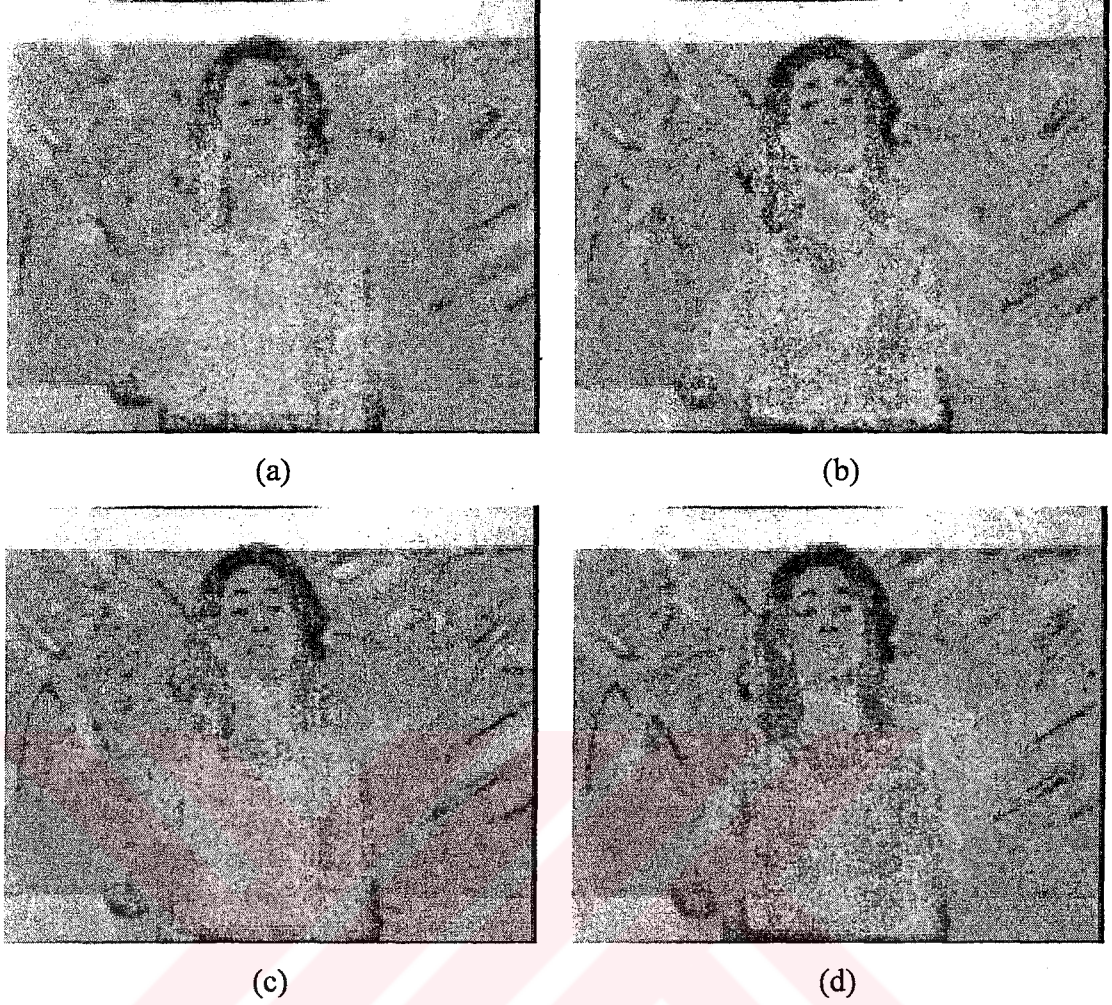
Tablo 4.1’de de görüldüğü gibi önerilen yöntem, karşılaştırmada kullanılan yöntemlerden 3 farklı şiddetteki gürültü etkisi için de yüksek performans vermektedir.

4.5. Gürültü Azaltımının Görsel Başarımı

Tez kapsamında geliştirilen yöntemin görsel performansını göstermek üzere “Silent” dizisinin orjinal ve $\sigma = 5$ gürültü eklenmiş 12. çerçevesi Şekil 4.7’de, karşılaştırılan yöntemlerin süzgeçleme sonuçları ise Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da verilmektedir.



Şekil 4. 7. “Silent” görüntü dizisinin a) orjinal, b) $\sigma = 5$ gürültü eklenmiş 12. çerçevesi.

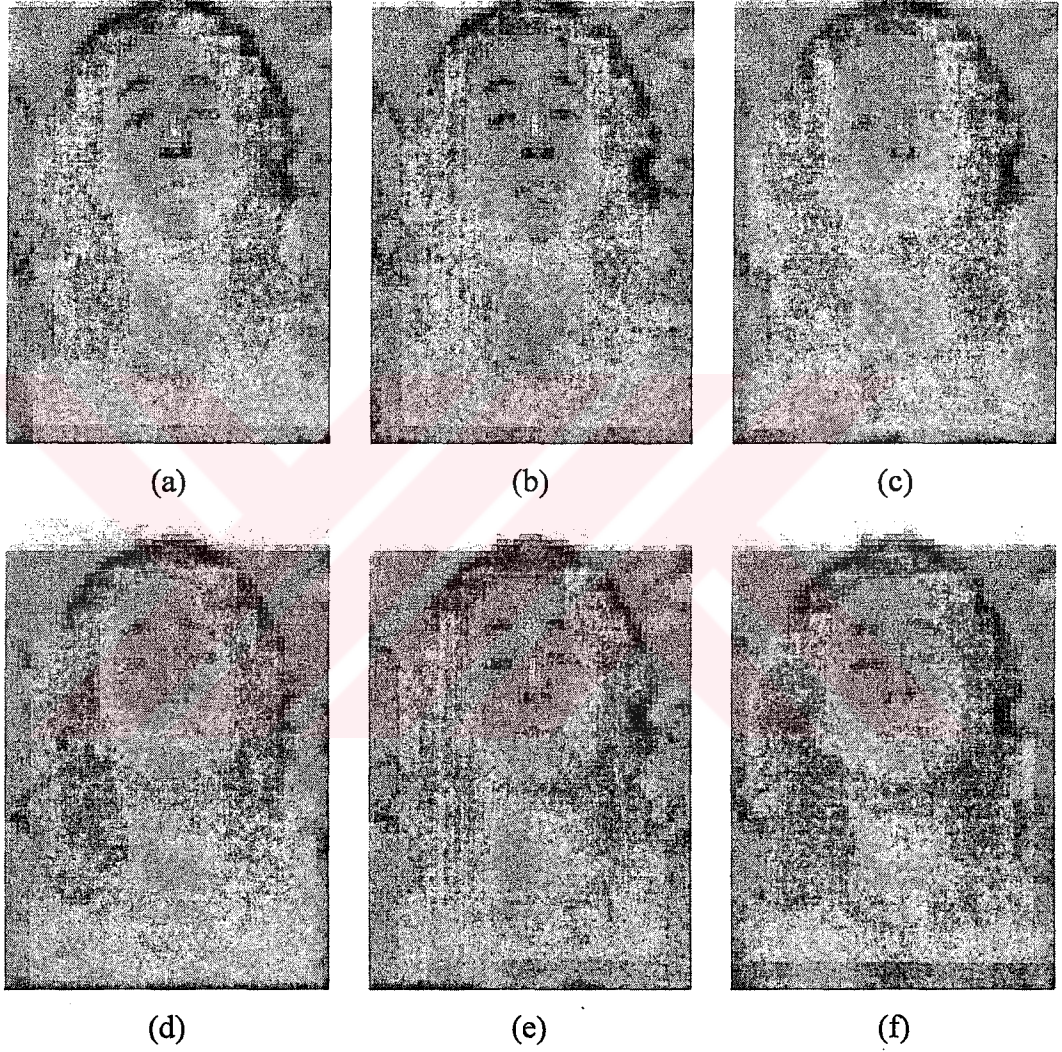


Şekil 4. 8. “Silent” görüntü dizisi 12. çerçeve için süzgeçleme sonuçları: a) Lim (1990), b) Zlokolica et al (2002), c) Chan et al (2005), d) Önerilen yöntem.

Şekil 4.8a’da görüldüğü gibi Lim (1990) tarafından önerilen yöntem imge çerçevesinde aşırı yumuşatma yaparak detayların kaybolmasına neden olmaktadır. Zlokolica et al (2002) tarafından önerilen yöntem ise gürültü etkisini bastıramamakta (Şekil 4.8b), aynı zamanda aşırı hareket gösteren el bölgesinde görsel bozukluğa neden olmaktadır. Şekil 4.8c’de görüldüğü gibi Chan et al (2005) tarafından önerilen yöntem de gürültüyü bastırmakta etkisiz kalmaktadır. Önerilen yöntem Şekil 4.8d’de görüldüğü gibi gürültü etkisini başarılı şekilde bastırırken detay bilgilerini etkin şekilde korumaktadır.

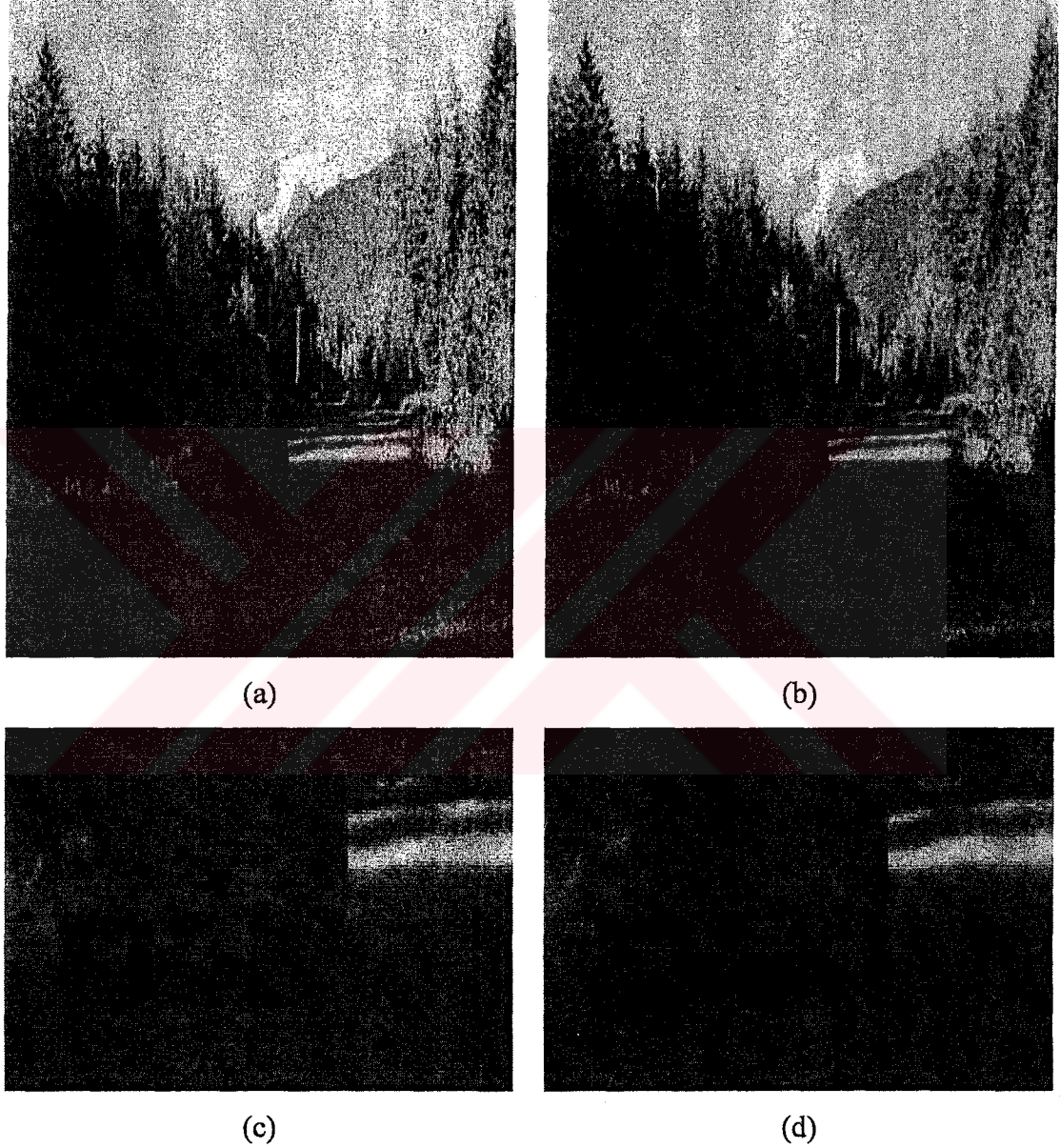
Şekil 4.9’da, “Silent” dizinin 12. çerçevesi için detay bilgisi barından yüz kısmından bir kesit için yöntemlerin sonuçları verilmektedir. Bu sonuçlardan da açıkça

görüldüğü gibi Lim (1990) tarafından önerilen yöntem gürültüyü bastırmakla birlikte, detay bilgilerinin kaybolmasına neden olmaktadır. Bu şekilden, Zlokolica et al (2002) ve Chan et al (2005) tarafından önerilen yöntemlerin gürültüyü bastırmada yetersiz kaldığı açıkça görülmektedir. Şekil 4.9f’de görüldüğü gibi önerilen yöntem, karşılaştırılan diğer yöntemlere göre daha iyi bir görsel performans sağlamaktadır.



Şekil 4. 9. “Silent” görüntü dizisinin 12. çerçevesinin yüz bölgesi için süzgeçleme sonuçları: a) orijinal yüz bölgesi, b) gürültü eklenmiş yüz bölgesi, c) Lim (1990), d) Zlokolica et al (2002), e) Chan et al (2005), f) Önerilen yöntem sonuçları.

Önerilen yöntemin başarımını gürültü etkisi barındıran gerçek videolarda incelemek üzere “Alaska” videosunun 10252. çerçevesi için süzgeçleme sonuçları Şekil 4.10’da verilmektedir. Şekilden görüldüğü üzere önerilen yöntem, gürültü etkisini etkin biçimde bastırmakta ve kenar bölgelerini de büyük ölçüde korumaktadır.



Şekil 4. 10. “Alaska” videosu a) 10252. çerçevesi, b) önerilen yöntem ile elde edilen gürültü azaltım sonucu, c) orjinal imgeden kesit, d) süzgeçlenmiş imgeden kesit.

Önerilen yöntemin, aşırı yerel ve bütünsel hareketlerin gözleendiği gerçek sahnelerdeki performansını diğer yöntemlerle karşılaştırmak için, “Mount” videosunun 1302. çerçevesi için elde edilen süzgeçleme sonuçları Şekil 4.11’de verilmektedir. Bu şekilden görüldüğü gibi, Zlokolica et al (2002) ve Chan et al (2005) tarafından önerilen yöntemler, aşırı hareket gözlenen sahnelerde süzgeçleme yapabilmelerine rağmen, imge çerçevesinin yapısında büyük ölçüde bozulmalara neden olmaktadır. Bu etki özellikle Zlokolica et al (2002) tarafından önerilen yöntemde daha fazla görülmektedir. Bu görsel bozulmalar aynı zamanda izleyiciyi rahatsız edecek niteliktedir. Önerilen yöntem ise imge çerçevesinde hiçbir bozulmaya neden olmamaktadır.

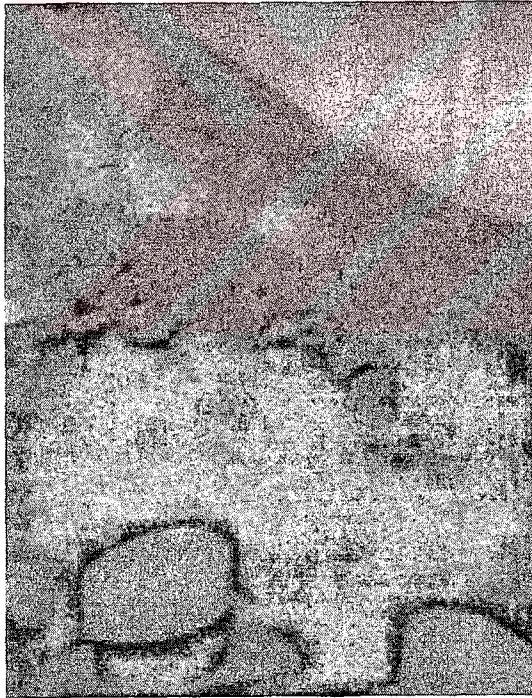




(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 4. 11. "Mount" videosu a) 1302. çerçevesi, b) Zlokolica et al (2002), c) Chan et al (2005), d) Önerilen yöntem.

BÖLÜM 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez kapsamında arşiv videolarında sıklıkla karşılaşılan görsel bozukluklardan kir, sıyrık ve gürültü etkilerinin giderimi üzerinde çalışılmıştır. Çalışma sırasında özellikle kir etkisinin algılanması ve giderilmesi konusunda yoğunlaşmıştır. Sıyrık algılama ve gürültü azaltımı için de yüksek başarımlar gösteren yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında öncelikle kir onarımı konusu üzerinde çalışılmıştır. Bu amaçla, kir etkisinin algılanması ve algılanan bölgelerin doldurulması üzerine farklı yöntemler geliştirilmiştir. Kir etkisinin algılanması için öncelikle SDI-a algılayıcısı kullanılarak elde edilen algılama sonuçları üzerinden bölütleme temelli bir son işlem yapılmakta, böylelikle örtüşen kir bölgelerinden kaynaklanan algılayamama sorununun giderilebilmesi ve hatalı algılamaların azaltılması amaçlanmaktadır. Sonrasında, S-ROD algılayıcı yapısını temel alan iki aşamalı, piksel temelli ve hareket dengelemeli bir algılayıcı yapısı geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem karşılaştırılan yöntemlere göre daha yüksek algılama başarımlarını sağlamaktadır. İki aşamalı SROD algılama sonrasında da bölütleme temelli son işlem kullanılarak algılama başarımının artırılması amaçlanmıştır. Bu işlemin test dizileri için algılama performansını arttırdığı gösterilmiştir. Ancak gerçek sahnelerde kir algılama için iki aşamalı SROD yöntemi ve bölütleme işlemi, kir etkisinin kenarlarındaki yarı saydam özellikli bölgelerden dolayı, bu yarı saydam kısımların kir maskesinden atılmasına neden olmaktadır. Bu da, kir bölgelerini doldurma aşamasında görsel başarımın düşmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle uygulamada arşiv filmlerindeki kir etkisinin tespitinde iki aşamalı SROD temelli yöntemin kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir (bölütleme temelli son işlem olmadan).

Kir etkisinin onarılması için öncelikle nesne temelli onarım yaklaşımı denenmiştir. Ancak bu yöntemle büyük kir nesnelerinin onarımı sonrası görsel başarımın düşük olduğu gözlenmiş, bu nedenle kir bölgesinin parçalara ayrılıp, her bir parça için

onarımın ayrı ayrı yapılması üzerinde çalışılmıştır. Bu durumda da yeterli görsel başarımlar sağlanamamıştır. Bu nedenle, onarım işleminin piksel temelli olarak kenar bölgelerine öncelik verecek şekilde yapılmasını sağlayan zaman-uzamsal bir yöntem geliştirilmiştir. Böylelikle hem görsel, hem de nesnel olarak iyi onarım performansı sağlayan bir onarım yöntemi geliştirilmiştir. Önerilen yöntem, neredeyse hiç bir detay bilgisinin korunmadığı durumlarda bile zamansal ilişkiyi kullanarak kir bölgesindeki detayları yüksek başarımla kurtarabilmektedir.

Sıyrık etkisinin onarımı için öncelikle imge çerçevelerindeki sıyrık etkisi gösteren bölgelerin algılanması ve sonrasında bu bölgelerin doldurulması gerekmektedir. Bu amaçla öncelikle Bruni and Vitulano (2004) tarafından önerilen uzamsal sıyrık algılama yöntemi kullanılarak sıyrık adaylarının çıkartılması sağlanmıştır. Bu adaylar içerisinde gerçek sıyrık etkileri bulunmakla birlikte, dikey kenar etkileri de bulunabilmektedir. Uzamsal algılayıcı ile belirlenen bu ön adaylar içerisinde zamansal tutarlılık bilgisi kullanılarak gerçek sıyrık etkileri daha etkin biçimde belirlenebilmekte, imge çerçevelerindeki kenarlardan kaynaklanan hatalı sıyrık adayları ise ayrıştırılabilmektedir. Geliştirilen zamansal tutarlılık temelli yöntem, özellikle uzamsal konumu zamansal olarak değişmeyen sıyrıkların tespitinde yüksek başarımlar göstermektedir.

Algılanan sıyrık bölgelerinin doldurulması için, kir doldurma işleminde de kullanılan, kenar bölgelerine öncelik veren piksel temelli zaman uzamsal yöntem temel alınmıştır. Farklı olarak, kir doldurmada kullanılan doldurma stratejisine çerçeve içi arama ölçütü de eklenmiştir. Yöntem genel olarak sıyrık etkisini giderebilmekte fakat hareketsiz sahnelerdeki sabit konumlu sıyrıkların doldurulmasında detay bilgisi bulunan kısımlarda doldurma sonrası bazı bozulmalar oluşabilmektedir. Bu nedenle, sıyrık etkisinin doldurulması için daha etkin görsel doldurma başarımlarını sağlayan bir yöntemin gelecek çalışmalarda geliştirilmesi üzerinde durulabilir.

Videodaki gürültü etkisinin azaltımı için, zaman-uzamsal çalışan, ortalama ve standart sapma değerleri kullanan basit ve etkin bir yöntem geliştirilmiştir. Önerilen yöntem, imge çerçevelerindeki detayları korurken, gürültü etkisini başarıyla

bastırmaktadır. Önerilen yöntem, kullanılan test dizilerinde diğel yöntemlere göre yüksek nesnel ve görsel başarıml elde etmekte, aynı zamanda gerçek videolarda da yüksek oranda görsel başarıml sağlamaktadır. Önerilen yöntem, özellikle aşırı hareketli sahnelerde zamansal bilginin kullanımını sınırlayarak kararlı çalışmasını sürdürmekte fakat karşılaştırmada kullanılan diğel yöntemler bu durumda belirgin görsel bozulmalara neden olmaktadır. Geliştirilen gürültü azaltım yönteminin başarımlı yeterli görülmesine rağmen gelecekteki çalışmalarda bu yöntemde kullanılan tüm eşiklerin uyarlamalı olarak değıştirilmesi üzerine çalışmal yapılabilir.



KAYNAKLAR

1. ROOSMALEN, P. M. B., 1999. Restoration of Archived Film and Video. PhD Thesis, Delft University of Technology, Netherlands.
2. BORNARD, R., 2002. Probabilistic Approaches for The Digital Restoration of Television Archives. PhD Thesis, École Centrale Paris, France.
3. RAREŞ, A., 2004. Archived Film Analysis and Restoration. PhD Thesis, Delft University of Technology, Netherlands.
4. KOKARAM, A., MORRIS, R., FITZGERALD, W., and RAYNER, P., 1995a. Detection of Missing Data in Image Sequences. IEEE Transactions on Image Processing, 4(11), 1496-1508.
5. NADENAU, M. J., and MITRA, S. K., 1997. Blotch and Scratch Detection in Image Sequences Based on Rank Ordered Differences. Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition, 27-35.
6. ROOSMALEN P. M. B., LAGENDIJK, R. L., and BIEMOND, J., 1999. Improved Blotch Detection by Postprocessing. IEEE Int. Conf. On Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), Phoenix, Arizona, USA, 3001-3004.
7. SAITO, T., KOMATSU, T., OHUCHI, T., and HOSHI, T., 2000. Practical Nonlinear Filtering for Removal of Blotches from Old Film. Int. Conf. On Image Processing (ICIP), Vancouver, BC, Canada, 164-168.
8. GHADERI, M., and KASAEI, S., 2004. Novel Post-Processing Methods used in Detection of Blotches in Image Sequences. AEÜ Int. J. Electron. Commun., 58, 58-64.
9. GANGAL, A., KAYIKCIOGLU, T., and DIZDAROGLU, B., 2004. An Improved Motion-Compensated Restoration Method for Damaged Color Motion Picture Films. Signal Processing: Image Communication, 19, 353-368.
10. VINCENT, L., and SOILLE, P., 1991. Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations. IEEE Transactions of Pattern Analysis and Machine Intelligence, 13(6), 583-598.

11. KOKARAM, A., MORRIS, R., FITZGERALD, W., and RAYNER, P., 1995b. Interpolation of Missing Data in Image Sequences. *IEEE Transactions on Image Processing*, 4(11), 1509-1519.
12. EFROS, A. A., and LEUNG, T. K., 1999. Texture Synthesis by Non-parametric Sampling. *IEEE Int. Conf. on Computer Vision (ICCV)*, Corfu, Greece, 2, 1033-1038.
13. ZHANG, D., and WANG, Z., 2002. Image Information Restoration Based on Long-Range Correlation. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 12(5), 331-341.
14. CRIMINISI, A., PEREZ, P., and TOYAMA, K., 2004. Region Filling and Object Removal by Exemplar-Based Image Inpainting. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(9), 1200-1212.
15. PATWARDHAN, K. A., SAPIRO, G., and BERTALMIO, M., 2005. Video Inpainting Of Occluding And Occluded Objects, *IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP)*, Genova, Italy.
16. KOKARAM, A., 1996. Detection And Removal Of Line Scratch In Degraded Motion Picture Sequences, *VIII European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, Trieste, Italy, 5-8.
17. KOKARAM, A., 1998. *Motion Picture Restoration: Digital Algorithms for Artifact Suppression in Degraded Motion Picture Film and Video*, Springer Verlag, London, UK.
18. BRUNI, V., and VITULANO, D., 2004. A Generalized Model for Scratch Detection, *IEEE Transaction on Image Processing*, 13, 44-50.
19. BRETSCHEIDER, T., and KAO, O., 2001. Detection And Removal Of Scratches in Digitised Film Sequences, *Int. Conf. on Imaging Science, Systems, and Technology*, Singapore, 393-399.
20. BRETSCHEIDER, T., MILLER, C., and KAO, O., 2001. Interpolation Of Scratches In Motion Picture Films, *IEEE Conf. on Acoustic, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, Utah, USA, 3, 1873-1876.
21. BRETSCHEIDER, T., KAO, O., and BONES, P. J., 2000. Removal of Vertical Scratches in Digitised Historical Film Sequences Using Wavelet Decomposition, *Image and Vision Computing New Zealand (IVCNZ)*, Dunedin, New Zealand, 38-43.

22. TEGOLO, D., and ISGRO, F., 2001. Scratch Detection and Removal From Static Images Using Simple Statistics and Genetic Algorithms, IEEE Int. Conf. on Image Processing, (ICIP), Thessaloniki, Greece, 265-268.
23. JOYEUX, L., BUISSON, O., BESSERER, B., and BOUKIR, S., 1999. Detection And Removal Of Line Scratches In Motion Picture Films, IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, Ft. Collins, CO, USA, 548-553.
24. JOYEUX, L., BUISSON, O., BESSERER, B., and BOUKIR, S., 2001. Reconstruction of Degraded Image Sequences. Application to Film Restoration, Image and Vision Computing, 19, 503-516.
25. BESSERER, B., and THIRE, C., 2004. Detection And Tracking Scheme For Line Scratch Removal In An Image Sequence, Lecture Notes in Computer Science-LNCS, 3023, 264-275.
26. MILADY, S., and KASAEI, S., 2004. A New Method for a Fast Detection and Seamless Restoration of Line Scratches in Motion Pictures, 15th IASTED International Conference on Modeling and Simulation, Marina del Rey, CA, USA, 413-417.
27. KANG, S. K., KIM, E. Y., JUNG, K., and KIM, H. J., 2004. Film Line Scratch Detection Using Neural Network, Lecture Notes in Computer Science-LNCS, 3332, 810-817.
28. KHRIJI, L., MERIBOUT, M., and GABBOUH, M., 2005. Detection and Removal of Video Defects Using Rational-Based Techniques, Advances in Engineering Software, 36, 487-496.
29. MALFAIT, M., and ROOSE, D., 1997. Wavelet-Based Image Denoising Using a Markov Random Field a Priori Model. IEEE Transactions on Image Processing, 6(4), 549-565.
30. KAZUBEK, M., 2003. Wavelet Domain Image Denoising by Thresholding and Wiener Filtering. IEEE Signal Processing Letters, 10(11), 324-326.
31. VAN DE VILLE, D., NACHTEGAEL, M., VAN DER WEKEN, D., KERRE, E. E., PHILIPS, W., and LEMAHIEU, I., 2003. Noise Reduction by Fuzzy Image Filtering, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 11(4), 429-436.
32. SADHAR, S. I., and RAJAGOPALAN, A. N., 2005. Image Estimation in Film-Grain Noise. IEEE Signal Processing Letters, 12(3), 238-241.

33. OZKAN, M. K., SEZAN, I., and TEKALP, A. M., 1993. Adaptive Motion Compensated Filtering of Noisy Image Sequences. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 3(4), 277-290.
34. DUGAD, R., and AJUHA, N., 1999. Video Denoising by Combining Kalman and Wiener Estimates. *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, Kobe, Japan, 4, 152-156.
35. ZLOKOLICA V., PHILIPS, W., and VAN DE VILLE, D., 2002. A New Non-Linear Filter for Video Processing. *3rd IEEE Benelux Signal Processing Symposium (SPS-2002)*, Leuven, Belgium, 13-16.
36. SELESNICK, I. W., and LI, K. Y., 2003. Video Denoising Using 2D and 3D Dual-Tree Complex Wavelet Transforms. In *Wavelet Applications in Signal and Image Processing (SPIE 5207)*, San Diego, 5207, 607-618.
37. PIZURICA, A., ZLOKOLICA, V., and PHILIPS, W., 2003. Combined Wavelet Domain and Temporal Video Denoising. *IEEE Conf. on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)*, 334-341.
38. GUPTA, N., SWAMY, M. N. S., and PLOTKIN, E. I., 2004. Low-Complexity Video Noise Reduction in Wavelet Domain. *IEEE 6th Workshop on Multimedia Signal Processing*, 239-242.
39. CHAN, T.-W., AU, O. C., CHONG, T. S., and CHAU, W.-S., 2005. A Novel Content-Adaptive Video Denoising Filter. *IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, Philadelphia, PA, USA, 2, 649-652.
40. LIM, J. S., 1990. *Two-Dimensional Signal and Image Processing*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 536-540.
41. GULLU, M. K., YAMAN, E., and ERTURK, S., 2003. Image Sequence Stabilisation Using Fuzzy Adaptive Kalman Filtering. *Electronics Letters*, 39(5), 429-431.
42. GULLU, M. K., and ERTURK, S., 2004. Membership Function Adaptive Fuzzy Filter for Image Sequence Stabilization. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 50(1), 1-7.
43. ROOSMALEN, P. M. B., LAGENDIJK, R. L., BIEMOND, J., 1999. Correction of Intensity Flicker in Old Film Sequences. *IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology*, 9, 1013-1019.

44. GULLU, M. K., URHAN, O. ve ERTURK, S., 2005. Arşiv Filmlerinde Kırpışma Etkisinin Giderilmesi. 13. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU'2005), Bildiriler Kitabı, Kayseri, Türkiye.
45. URHAN, O., GÜLLÜ, M. K. ve ERTÜRK, S., 2004. Faz Korelasyonu Kullanarak Arşiv Filmlerinde Ani Sahne Değişiminin Algılanması. 12. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU'2004), Bildiriler Kitabı, Kuşadası, Türkiye, 343-346.
46. GÜLLÜ, M. K., URHAN, O. ve ERTÜRK, S., 2004. Arşiv Filmlerinde Zincirleme Sahne Geçişlerinin Algılanması. 12. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU'2004), Bildiriler Kitabı, Kuşadası, Türkiye, 510-513.
47. URHAN, O., GULLU, M. K., and ERTURK, S., 2005. Improved Phase Correlation Based Scene-Cut Detection for Archive Film Sequences. 4th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO'05), Bursa, Turkey, 170-174.
48. KOKARAM, A. C., 1993. Motion Picture Restoration. PhD Thesis, Cambridge University, United Kingdom.
49. KOKARAM, A. C., 1998. Motion Picture Restoration: Digital Algorithms for Artefact Suppression in Degraded Motion Picture Film and Video. Springer-Verlag, London.

KİŞİSEL YAYINLAR

1. GULLU, M. K., URHAN, O., and ERTURK, S., 2005. Blotch Detection and Removal for Archive Video Restoration. Lecture Notes in Computer Science-LNCS, Springer-Verlag Heidelberg, LNCS 3733, 739-747.
2. GULLU, M. K., URHAN, O., and ERTURK, S., 2005. Scratch Detection via Temporal Coherency Analysis and Removal Using Edge Priority Based Interpolation. IEEE Int. Conf. On Circuits and Systems, Kos, Greece, (accepted for publication).
3. GULLU, M. K., URHAN, O., and ERTURK, S. Blotch Detection and Removal for Archive Film Restoration. AEÜ-Int. Journal of Electronics and Communications, (under review).
4. GULLU, M. K., URHAN, O., and ERTURK, S. Scratch Detection via Temporal Coherency Analysis and Scratch Removal with Edge Priority for Archive Film Restoration. AEÜ-Int. Journal of Electronics and Communications, (under review).
5. GÜLLÜ, M.K., URHAN, O., and ERTÜRK, Noise Suppression for Archive Videos, International Conference on Image Analysis and Recognition (ICIAR'06), (under review).

EK-1

Bu tez kapsamında kullanılan arşiv filmleri.

Kısa Adı	Filmin Tam Adı ve Çekim Yılı	Kaynağı
Alaska	Alaska's Silver Millions (Part I) (1936)	Prelinger Archives
Askme	Ask Me, Don't Tell Me (1961)	Prelinger Archives
Mount	Mount Tamalpais Gravity Railroad (1917)	The Open Video Project
Panama	Panama-Pacific International Exposition (1940)	The Open Video Project

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Denizli'nin Çivril ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Çivril'de tamamladı. 1997 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği'nden 2001 yılında Elektronik ve Haberleşme Mühendisi olarak mezun oldu. 2001 yılı güz döneminde, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı ve 2003 yılı bahar döneminde yüksek mühendis unvanı aldı. Yüksek lisans öğrenimi süresince TÜBİTAK tarafından desteklenen "Görüntü İşleme Yoluyla Video Stabilizasyonu" adlı projede araştırmacı olarak yer aldı. 2003 güz döneminde, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Ana Bilim Dalı'nda doktora öğrenimine başladı. Bu dönemde yine TÜBİTAK tarafından desteklenen "Arşiv Filmleri İçin Görüntü Kalitesi Onarımı" adlı projede araştırmacı olarak görev aldı. 2006 bahar yarıyılı itibariyle doktora öğrenimini tamamlama aşamasındadır.

2002 yılından beri, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.