

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARŞİV FİLMLERİNİN BÖLÜTLENMESİ VE KIRPIŞMA
ETKİSİNİN GİDERİLMESİ**

172585

DOKTORA TEZİ

Elektronik ve Haberleşme Yük. Müh. Oğuzhan URHAN

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 FİMLERİNİN BÖLÜTLENMESİ ve KIRPIŞMA ETKİSİNİN GİDERİLMESİ

Oğuzhan URHAN

Anahtar Kelimeler: Arşiv Filmi, Video Onarımı, Ani Sahne Geçişi, En İyi Geçişi Sağlayan Çekirdek, Faz Korelasyonu, Çift Aşamalı Eşikleme, Kırpışma Giderimi, Zamansal Süzgeçleme, Kırpışma Miktarı Algılayıcısı, Bulanık Mantık.

Özet: Yakın tarihimizin birçok önemli olayına ilişkin arşiv görüntüleri sayısal teknolojilerin her geçen gün gelişmesiyle sayısallaştırılmakta ve bu şekilde izleyicilere sunulmaktadır. Ancak eski çekim teknolojileri ve uzun yıllar analog film malzemesinde saklanması nedeni ile bu görüntülerde birçok görsel bozukluk oluşmuştur. Son 10 yılda arşiv filmlerinin işaret işleme yöntemleri ile onarılması üzerine yoğun şekilde çalışılmıştır. Hatta bu konuda milyonlarca avruluk Avrupa Birliği destekli projeler yürütülmüş ve yürütülmeye devam etmektedir. Arşiv videolarının onarımı işaret işleme bilimi için hala güncel ve üzerinde çalışılmaya devam edilen bir konudur.

Bu tezde arşiv filmlerinin operatör desteği olmadan otomatik şekilde onarılmasını sağlamak üzere öncelikle yüksek başarımlı ani sahne geçişi algılama yöntemleri üzerinde çalışılmıştır. Tez kapsamında özgün olarak en iyi geçişi sağlayan çekirdeği ve alt-örneklenmiş imgelerin faz korelasyonunu kullanan yüksek başarımlı iki ani sahne geçişi algılama yöntemi geliştirilmiştir. Ayrıca alt-örneklemenin faz korelasyonunun tepe değeri üzerinde yaptığı etki kuramsal olarak gösterilmiştir. Özellikle geliştirilen faz korelasyonu temelli yöntemle elde edilen sonuçlar literatürdeki yöntemlerin oldukça üstündedir. Böylelikle arşiv filmlerinin yüksek başarımla otomatik bölütlenmesi sağlanmıştır. Geliştirilen yüksek başarımlı yöntemin sahne geçişlerinin tespitine gereksinim duyan onarım yöntemlerinin başarımını yükselteceği açıktır.

Bu çalışmada ayrıca arşiv filmlerinde sıklıkla karşılaşılan bir bozukluk olan kırpışma etkisinin giderilmesi için çerçeve ortalama ve değişimlerinin zamansal süzgeçlenmesine dayanan özgün bir yöntem geliştirilmiştir. Yöntem literatürdeki diğer çalışmalardan temiz bir referans çerçeveye gereksinim duymaması ile ayrılmaktadır. Ayrıca yine özgün olarak geliştirilen bulanık kırpışma miktarı algılayıcısı ile kırpışma miktarına göre düzeltim yapılmaktadır. Yöntemin literatürdeki diğer yöntemlerden daha iyi sonuç verdiği hem grafiksel hem de sayısal ölçütler ile nesnel olarak gösterilmiştir.

SEGMENTATION AND FLICKER RESTORATION FOR ARCHIVE FILMS

Oğuzhan URHAN

Keywords: Archive Film, Video Restoration, Scene-Cut, Best Fitting Kernel, Phase Correlation, Double Stage Thresholding, Flicker Restoration, Temporal Filtering, Degree of Flicker Detector, Fuzzy Logic.

Abstract: Archive films regarding important events of the near history have been digitized and broadcasted in this form by means of emerging digital technologies. Yet various visual degradations arose on these films due to ancient camera technology and analog film material. Various efforts have been made for the restoration of archive films employing signal processing techniques during the last decade. Furthermore many projects with millions of euro budgets supported by the European Union have been realized and conducted. Archive film restoration is still an important issue in the field of signal processing, and work in this area is still under progress.

In this work firstly high performance scene-cut detection techniques are studied to enable automatic restoration of archive films without the need of operator intervention. Two novel scene-cut detection techniques based on best fitting kernel between consecutive image frames and phase correlation are proposed in this thesis. Both techniques have shown an outstanding performance. Besides, the effect of sub-sampling on peak value of the phase correlation surface is derived theoretically. In particular, the proposed phase correlation based method clearly outperforms the methods given in the literature. Thus, high performance archive film segmentation is facilitated. It is clear that the proposed scene-cut detection method will improve the performance of restoration algorithms that require the determination of scene-cuts.

A novel method based on temporal filtering of frame mean and variances is proposed to remove flicker degradation that is frequently encountered in archive films. The method does not require a flicker free reference frame unlike most methods proposed in the literature. A novel fuzzy degree of flicker detector is proposed to restore image frames according to the flicker strength, as well. Outstanding performance of the proposed method is shown using both graphical and numerical objective metrics.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, Eylül 2003 – Ocak 2006 tarihleri arasında Kocaeli Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, İşaret ve Görüntü İşleme Laboratuvarında gerçekleştirilen ve TÜBİTAK tarafından desteklenen “Arşiv Filmleri İçin Görüntü Kalitesi Onarımı” adlı araştırma projesi kapsamında yapılan çalışmaların bir kısmını içermektedir. Çalışmanın başladığı ilk günden beri üzerinde ülkemizde bulunan film arşivlerinin onarımının proje çalışmamız kapsamında geliştirilen özgün teknikler ile gerçekleştirilmesi ve bu şekilde izleyenlere sunulması fikri beni heyecanlandırmaktadır. Geliştirdiğimiz tekniklerin bilimsel bir çalışmanın ötesinde pratikte de etkin şekilde çalışır ve kullanılabilir olması çalışmanın her aşamasında göz önünde bulundurduğumuz önemli bir noktaydı. Bugüne kadar olmasa da yakın gelecekte Türk arşivlerinin de özgün olarak geliştirilen bu teknikler ile onarılarak gelecek nesillere aktarılmasını gönülden diliyorum.

Tez izleme komitemin üyeleri Yrd.Doç.Dr. Zafer Bingül ve Prof.Dr. Doğan Dibekçi'ye değerli zamanlarını ayırdıkları için, tez jürimin diğer üyeleri Yrd.Doç.Dr. Cabir Vural ve Yrd.Doç.Dr. Mehmet Yakut'a değerli öneri ve katkıları için teşekkür ederim. Proje süresince birlikte çalıştığımız ve iyi bir ekip olduğumuzu düşündüğüm değerli dostum M. Kemal Güllü'ye yardımları için teşekkürü borç bilirim. İlk yüksek lisans ve doktora öğrencilerinden biri olmaktan onur duyduğum Doç.Dr. Sarp Ertürk'e her zaman verdiği cesaret, sağladığı destek, yol gösterme ve özgür bırakma arasında kurduğu denge, çalışmalarımızın yavaş ilerlediği bazı durumlarda bile olumlu yaklaşımı ve her zaman gülen yüzü için ne kadar teşekkür etsem azdır. Onunla çalışmak benim için büyük bir zevkti. Ayrıca yaşamım boyunca beni her zaman destekleyen aileme ve yoğun çalışma saatlerime gösterdiği anlayış ve güveni için sevgili eşim Özge'ye minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Şubat 2006, KOCAELİ

Oğuzhan URHAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xiii
BÖLÜM 1 : GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 : VIDEO ONARIMI AÇISINDAN SAHNE BÖLÜTLEME	8
2.1. Literatürdeki Ani Sahne Geçiş Yöntemleri	10
2.1.1. Piksel temelli yöntemler	10
2.1.2. Histogram temelli yöntemler	12
2.1.3. Özellik temelli yöntemler	14
2.1.4. Hareket temelli yöntemler	17
2.1.5. Karma yöntemler	18
2.2. En İyi Geçiş Sağlayan Çekirdeği (Kernel) Kullanarak Ani Sahne Geçiş Tespiti	19
2.2.1. En küçük kareler yaklaşımı ile en iyi geçiş yapan çekirdeğin tespiti	20
2.2.2. Karar ölçütü ve çift aşamalı eşikleme yaklaşımı	23
2.2.3. Doğrulama aşaması	25
2.2.4. Deneysel sonuçlar	27
2.3. Alt-Örneklenmiş İmgelerin Faz Korelasyonunu Kullanarak Ani Sahne Geçiş Tespiti	32
2.3.1. Faz korelasyonu ve özellikleri	33
2.3.2. Alt-örneklenmiş imgelerin faz korelasyonu	36
2.3.2.1. Gürültü etkisi	38
2.3.2.2. Kırpışma etkisi	47

2.3.2.3. Kamera dönmesinin ve yakınlaştırmanın etkisi.....	49
2.3.2.4. Yerel hareketin etkisi.....	53
2.3.2.5. Alt-örneklemenin birbirine benzemeyen imgeler üzerindeki etkisi	54
2.3.3. Ani sahne geçişlerini algılamak için çift aşamalı eşikleme	56
2.3.4. Çerçeve ortalama ve değişimini izleyerek hatalı algılamaları engelleme	58
2.3.5. Deneysel sonuçlar	59
2.3.5.1. Deneysel kurgu	60
2.3.5.2. Karşılaştırmalı başarımlar değerlendirilmesi	62
2.4. Önerilen Ani Sahne Geçiş Yöntemleri Üzerine Vargılar	76
BÖLÜM 3 : KIRPIŞMA ETKİSİNİN GİDERİLMESİ	78
3.1. Literatürdeki Kırpışma Giderim Yöntemleri	79
3.2. Zamansal Süzgeçleme ile Kırpışma Giderimi	86
3.2.1. Kırpışma modeli	88
3.2.1. Bütünsel kırpışma giderimi.....	89
3.2.2. Yerel kırpışma giderimi.....	92
3.2.2.1. Bulanık bir kırpışma miktarı algılayıcısı kullanarak yerel kırpışma karşılama miktarının kontrolü.....	96
3.2.2.2. Alt-blok α parametrelerinin ince ayarı.....	99
3.2.2.3. Alt-blok β parametrelerinin ince ayarı.....	101
3.3. Deneysel Sonuçlar	103
3.4. Önerilen Kırpışma Giderim Sistemi Üzerine Vargılar	116
BÖLÜM 4 : SONUÇ ve ÖNERİLER.....	117
KAYNAKLAR.....	120
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER.....	126
ÖZGEÇMİŞ.....	127

SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR

- E_B : Ani sahne geçişi tespiti yöntemlerinde kullanılan bütünsel eşik
- E_{YSol} : Ani sahne geçişi tespiti yöntemlerinde kullanılan yerel eşğin sol kısmı
- E_{YSag} : Ani sahne geçişi tespiti yöntemlerinde kullanılan yerel eşğin sağ kısmı
- E_Y : Ani sahne geçişi tespiti yöntemlerinde kullanılan yerel eşik
- α : Ani sahne geçişi tespiti yöntemlerinde yerel eşğin hesabında kullanılan bir ölçekleme çarpanı
- β : Ani sahne geçişi tespiti yöntemlerinde yerel eşğin hesabında kullanılan başka bir ölçekleme çarpanı
- w_s : Ani sahne geçişi tespiti yöntemlerinde yerel eşğin hesabında sağdan ve soldan kullanılacak çerçeve sayısını belirleyen parametre
- $F()$: İki boyutlu ayrık Fourier dönüşümü
- $F^{-1}()$: İki boyutlu ters ayrık Fourier dönüşümü
- $E[]$: Beklendik değer, ortalama
- $\text{var}\{ \}$: Değişinti (Varyans)
- σ_X : X'in standart sapması
- σ_{XY} : X ile Y'nin kovaryansı
- $n()$: Toplamsal beyaz Gauss gürültüsü
- α_k : Kırışmanın faz korelasyonu üzerindeki etkisini incelerken kullanılan kırışmayı çarpımsal olarak ifade eden parametre
- β_k : Kırışmanın faz korelasyonu üzerindeki etkisini incelerken kullanılan kırışmayı toplamsal olarak ifade eden parametre
- I_s : Kırışma etkisi bulunmayan sağlam imge çerçevesi
- I_b : Kırışma etkisi bulunan bozuk imge çerçevesi
- I_d : Kırışma etkisi giderilmiş düzeltilmiş imge çerçevesi
- μ_b : Bütünsel çerçeve ortalaması
- σ_b^2 : Bütünsel çerçeve değışintisi
- α_b : Bütünsel çarpımsal kırışma parametresi
- β_b : Bütünsel toplamsal kırışma parametresi
- $\alpha_{b,h}$: Hedeflenen (zamansal süzgeçlenmiş) bütünsel çarpımsal kırışma parametresi
- $\beta_{b,h}$: Hedeflenen (zamansal süzgeçlenmiş) bütünsel toplamsal kırışma parametresi

- $I_{d,b}$: Bütünsel düzeltilmiş (kırpışma etkisi giderilmiş) imge çerçevesi
 $I_{d,b}^{hk}$: Bütünsel kırpışma etkisi giderilmiş imge çerçevesinin faz korelasyonu ile bütünsel hareket karşılanmış hali
 μ_y : Yerel blok ortalaması (Makro blok için hesaplanıp alt blok için kullanılan)
 σ_y^2 : Yerel blok değışintisi (Makro blok için hesaplanıp alt blok için kullanılan)
 $\mu_{y,h}$: Hedeflenen (zamansal süzgeçlenmiş) yerel blok ortalaması
 $\sigma_{y,h}^2$: Hedeflenen (zamansal süzgeçlenmiş) yerel blok değışintisi
 α_y : İlk yerel çarpımsal kırpışma parametresi
 β_y : İlk yerel toplamsal kırpışma parametresi
 k_{BKMA} : Bulanık Kırpışma Miktarı Algılayıcısı (BKMA) tarafından belirlenen ve zamansal süzgeçlenmiş değışintilerin kırpışma giderimine katkısını belirlemek için kullanılan ölçekleme çarpanı
 α_y^i : k_{BKMA} 'ya göre güncellenmiş yerel çarpımsal kırpışma parametresi
 σ_{eb} : Çerçeve içerisinde en yüksek standart sapmaya sahip bloğun standart sapması
 k_{ci} : σ_{eb} değeri dikkate alınarak hesaplanan çerçeve içi ölçekleme çarpanı
 α_y^s : Nihai (sonuç) yerel çarpımsal kırpışma parametresi
 μ_{fark} : Sadece kırpışma ve yerel hareket içeren, bütünsel olarak düzeltilmiş değerler ile hedeflenen blok ortalama değerleri arasındaki fark
 μ_{fark}^{SOR} : μ_{fark} 'ın BKMA tarafından belirlenen özyineleme sayısı ile SOR (Successive Over-Relaxion) yöntemi ile yumuşatılması
 μ_y^s : Nihai (sonuç) hedeflenen yerel ortalama değerleri
 β_y^s : Nihai (sonuç) hedeflenen toplamsal kırpışma parametresi
 κ : Karşılaştırmada kullanılan kırpışma giderim yöntemleri için unutma çarpanı

- EKK : En Küçük Kareler
GHD : Genelleştirilmiş Hough Dönüşümü
OMF : Ortalama Mutlak Fark
KM : Karar Metriği
sg : Ani sahne geçişi
AFD : Ayrık Fourier Dönüşümü
KFK : Klasik Faz Korelasyonu
AÖİFK : Alt-Örnekleilmiş İmgelerin Faz Korelasyonu

- ÖBFK : Örtüşen Blokların Faz Korelasyonu
HFD : Hızlı Fourier Dönüşümü
THFD : Ters Hızlı Fourier Dönüşümü
SOR : Successive Over-Relaxion
KMA : Kırpışma Miktarı Algılayıcısı
BKMA : Bulanık Kırpışma Miktarı Algılayıcısı
AB : Alt Blok
MB : Makro Blok



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Kırpışma etkisi.....	3
Şekil 1. 2. Kir etkisi	3
Şekil 1. 3. Sıyrık etkisi.....	4
Şekil 1. 4. Gürültü etkisi	5
Şekil 1. 5. Arşiv filmlerinin onarımında izlenen aşamaların	5
Şekil 2. 1. En iyi geçiş yapan çekirdek yaklaşımı ile ani sahne geçişi tespiti için önerilen yöntemin öbek gösterimi	20
Şekil 2. 2. a) “Mount” #1028 b) “Mount” #1029 c) (a)’dan en iyi geçiş sağlayan çekirdek yardımı ile (b)’nin kestirimi.....	22
Şekil 2. 3. a) “Mount” #1029 b) “Mount” #1030 c) (a)’dan en iyi geçiş sağlayan çekirdek yardımı ile (b)’nin kestirimi.....	22
Şekil 2. 4. Şekil 2.3’de gösterilen ani sahne geçişi durumunda kestirim hatasının zamanla değişimi	24
Şekil 2. 5. “Birthoft” filminin bir kısmı için karar metriği ve ilgili eşikler	25
Şekil 2. 6. Doğrulama aşaması için kullanılan imge çerçeveleri	26
Şekil 2. 7. “Allusa” görüntü dizisinde 6 ardışık imge çerçevesi ve bu çerçevelere ilişkin faz korelasyonu yüzeyleri	34
Şekil 2. 8. Tuz&biber gürültüsü altında faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri ...	46
Şekil 2. 9. Gauss gürültüsü altında faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri	47
Şekil 2. 10. Işıklılık değişimi altında faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri	49
Şekil 2. 11. Kamera dönmesi durumunda faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri.	51
Şekil 2. 12. Kamera yakınlaştırma etkisi durumunda faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri	52
Şekil 2. 13. “Weather” video dizisindeki yerel hareke durumunda faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri.....	53
Şekil 2. 14. “Akiyo” video dizisindeki yerel hareket durumunda faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri.....	54

Şekil 2. 15. Benzer ve farklı imgeler için faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri	.54
Şekil 2. 16. Şekil 2.15’de verilen sonuçları elde etmek için kullanılan imgeler	.....55
Şekil 2. 17. Orijinal ve ortalama ile alt-örneklenmiş “Birthoft” dizisinin #2100-2150 arası çerçevelerinin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri	.....60
Şekil 2. 18. Önerilen yöntemin eşik parametrelerine duyarlılığı	.....62
Şekil 2. 19. “Alaska” #4500-4625 için KFK, ÖBFK ve AÖİFK sonuçları	.....68
Şekil 2. 20. “Panama” #1-75 için KFK, ÖBFK ve AÖİFK sonuçları	.....70
Şekil 2. 21. “Allusa” #8600-8700 için KFK, ÖBFK ve AÖİFK sonuçları	.....72
Şekil 2. 22. “Alaska” #22900-22960 için KFK, ÖBFK ve AÖİFK sonuçları	.....75
Şekil 2. 23. Aşırı yerel hareket nedeni ile hatalı sahne geçişi algılamasına örnek	.....76
Şekil 2. 24. Yarım geçiş nedeni ile yakalanamayan sahne geçişine örnek	.....77
Şekil 3. 1. Önerilen yöntemin akış çizelgesi	.....87
Şekil 3. 2. Örnek bir alt-blok (AB) ve bloğa karşılık gelen makro blok (MB)	.....93
Şekil 3. 3. Örnek bir blok için orijinal ve zamansal süzgeçlenmiş ortalama değerler	95
Şekil 3. 4. “Mount” dizisinin #1982. çerçevesi için (a) orijinal alt blok ortalama değerleri (b) zamansal olarak süzgeçlenmiş alt blok ortalama değerleri	.....96
Şekil 3. 5. Örnek bir şiddetli kırpışma için BKMA’nın girişleri ve çıkışı	.....98
Şekil 3. 6. BKMA’nın yüzeyi	.....98
Şekil 3. 7. Sonuç α değerlerinin hesaplanmasındaki aşamalar	.....100
Şekil 3. 8. “Mount” dizisinin #1982. çerçevesi için (a) orijinal ve zamansal olarak süzgeçlenmiş ortalama değerleri farkı [Şekil 3.4(a)- Şekil 3.4(b)], (b) fark değerlerinin SOR yöntemi ile yumuşatılmış hali, (c) kırpışma etkisi giderilmiş ortalama değerler.	.....102
Şekil 3. 9. Sonuç blok ortalama değerlerinin hesaplanmasındaki aşamalar	.....103
Şekil 3. 10. (devamı) “Kule” dizisi için kırpışma giderme yöntemlerinin karşılaştırılması	.....107
Şekil 3. 11. (devamı) “Tren-1” dizisi için kırpışma giderme yöntemlerinin karşılaştırılması	.....109
Şekil 3. 12. “Traktör-1” dizisi için kırpışma giderme yöntemlerinin karşılaştırılması	.....110
Şekil 3. 13. “Tren-2” sahnesi için Pitie et al (2004) sonuçlarının karşılaştırılması	..112

Şekil 3. 14. (devamı) “Traktör-2” sahnesinden #4177- 4180 çerçeveleri için orijinal ve kırışma etkisi giderilmiş imge çerçeveleri	114
Şekil 3. 15. (devamı) “Tren-1” sahnesinden #1653-1656 çerçeveleri için orijinal ve kırışma etkisi giderilmiş imge çerçeveleri	115
Şekil 3. 16. (devamı) “Tren-1” sahnesinden #1653-1656 çerçeveleri için orijinal ve kırışma etkisi giderilmiş imge çerçeveleri	116



TABLolar DİZİNİ

Tablo 2. 1. DeneYlerde kullanılan arşiv filmlerinin detayları.....	28
Tablo 2. 2. Arşiv filmleri için en iyilenmiş eşiklerle karşılaştırılan yöntemlerin başarımları	32
Tablo 2. 3. Arşiv filmleri için optimize edilmiş parametrelere göre yöntemlerin başarımları	64
Tablo 2. 4. MPEG-7 veri kümesi için optimize edilmiş parametrelere göre yöntemlerin başarımları	65
Tablo 2. 5. Arşiv filmleri için en iyilenmiş parametrelerle AÖİFK'nın detaylı değerlendirilmesi	66
Tablo 3. 1. BKMA için Kural Tabanı.....	97
Tablo 3. 2. Sıkıştırma Performansı Karşılaştırması.....	112

BÖLÜM 1. GİRİŞ

19. yüzyılda ilk kalıcı fotoğrafın Joseph Nicéphore Niépce tarafından çekilmesinden bugüne milyarlarca fotoğraf çekilmiş ve milyonlarca saat görüntü kaydı gerçekleştirilmiştir. UNESCO tarafından dünya çapında 200 milyon saat görsel-işitsel (audiovisual) kayıt bulunduğu tahmin edilmektedir (PrestoSpace Project 2006). Bu verinin büyük bir kısmının ise film ve video şeklindeki görüntülerden oluştuğu düşünülmektedir. Bu görüntüler, 20. yüzyıl boyunca gerçekleşen eşsiz tarihi, kültürel ve sanatsal gelişimlerin kaydını tutmaktadır.

Filmler 1950'li yıllara kadar selüloz nitrat ve sonrasında selüloz asetat ve polyster bazlı film malzemelerine kaydedilmiştir. Bu tip malzemeler öncelikle ışığa duyarlı gümüş tanecikleri içeren sıvı asıntı (emülsiyon) ile, sonrasında ise jelatin ile kaplanmıştır. Selüloz nitrat bazlı film malzemeleri belirli bir süre sonra plastik özelliğini kaybedip ufalanmaktadır. Doğru depolama şartları altında bile malzemenin ömrü sadece 50 yıl civarındadır. Bu nedenle 1950'li yıllardan önce çekilen görüntülerin yarısından fazlası geri dönülemez şekilde yok olmuştur (Armstrong 1999). Selüloz asetat ve polyster bazlı film malzemeleri de ancak uygun kullanım ve depolama şartları altında görsel bozukluğa maruz kalmamaktadır.

Gelişen tümdevre ve işaret işleme teknolojileri sayısal görüntülerin yaşamımızdaki kullanımının gün geçtikçe artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak analog görüntülerin kullanımı da gittikçe azalmaktadır. Örneğin AB (Avrupa Birliği), Aralık 2005 tarihinde karasal analog televizyon yayınının 2012 itibari ile AB sınırları içerisinde durdurulacağına ilişkin bir karar almıştır. Bu tarihten itibaren hatta belki daha öncesinde karasal yayının tamamen sayısal olarak yapılması öngörülmektedir. Uydu üzerinden yapılan analog televizyon yayını ise hemen hemen bulunmamaktadır. Bu gelişmelerin doğal bir sonucu olarak film arşivlerinin sayısallaştırılması ve bu şekilde yayınlanması gerekmektedir.

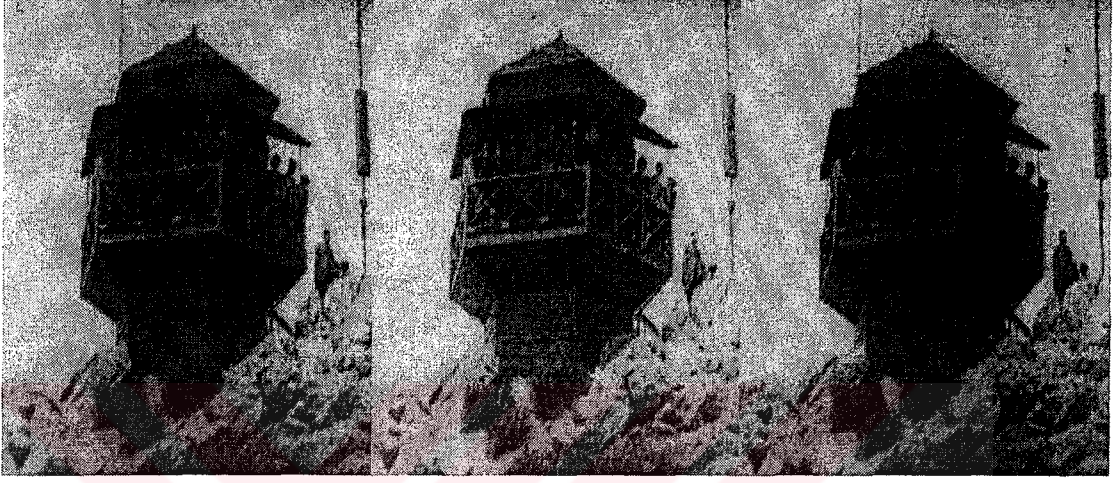
Milyonlarca saatlik film arşivlerinin sayılaştırılmasının maliyeti ve bunun alacağı zaman oldukça fazladır. Örneğin AB ülkelerinde bulunan yaklaşık 50 milyon saatlik görsel-işitsel malzemenin sayısallaştırma maliyetinin 10 milyar avro olduğu tahmin edilmektedir (Presto Project 2006). 2000-2002 tarihleri arasından yürütülen ve AB tarafından desteklenen PRESTO (Preservation Technology for Broadcast Archives) projesi ile geliştirilen olabildiğince otomatikleştirilmiş bir yaklaşımla filmlerin teker teker sayısallaştırılmasına oranla maliyette %50 ile %70 arasında düşüş sağlanmıştır (Presto Project 2006). Bu projenin devamı niteliğinde olan ve hala devam eden diğer bir AB destekli proje ise PRESTOSPACE'dir (Preservation towards storage and access. Standardised Practices for Audiovisual Contents Archiving in Europe). Bu projede ise sayısallaştırmadan metadata çıkarımına, onarımdan depolamaya, ağ üzerinden iletimden sahiplik haklarına kadar birçok konunun çalışılması planlanmaktadır (PrestoSpace Project 2006).

Sayısallaştırma ile birlikte eskiden analog film malzemesine uygulanan kimyasal işlemlerle yapılmaya çalışılan onarımın da sayısal yöntemlerle gerçekleştirilmesinin yolu açılmıştır. Yine AB desteği ile gerçekleştirilen AURORA (1995-1998) (AUtomated Restoration of ORiginal film and video Archives), BRAVA (2000-2002) (Broadcast Restoration of Archives through Video Analysis) ve DIAMANT (2000-2002) (DIgitAl Film MANipulation SysTem) projelerinde arşiv filmlerinde karşılaşılan görsel bozuklukların üstesinden gelmek üzere çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Milyonlarca avro bütçeli bu çalışmalar arşiv videolarının onarımının önemini açıkça ortaya koymaktadır.

AURORA projesinde, arşiv filmlerinde farklı sıklıklarla karşılaşılan 150'ye yakın bozukluğun bulunduğu tespit edilmiştir (Roosmalen 1999). Bunlardan kırpışma (flicker), kir (blotch), sıyrık (scratch), gürültü (noise) ve sallantı (film unsteadiness) sorunlarıyla diğerlerine nazaran daha sık olarak karşılaşıldığından literatürde de bu konular üzerine yoğunlaşmıştır. Şekil 1.1'den Şekil 1.4'e kadar kırpışma, kir, sıyrık ve gürültü etkileri gösterilmektedir.

Kırpışma temel olarak eski kameraların pozlandırma zamanı (exposure time) düzensizlikleri, film yaşlanması ve fazla sayıda kopyalama gibi film malzemesinden

kaynaklanan nedenlerden ortaya çıkmaktadır. Şekil 1.1’de örnek bir kırışma durumu verilmektedir. Bu şekilde açıkça görüldüğü gibi kırışma durumunda imge çerçevesinin ışıklılık seviyelerinde sahneden kaynaklanmayan ani bir yükselme olmaktadır. Bu değişim genellikle uzamsal olarak düzgün bir dağılım göstermemektedir (yani değişkendir).



Şekil 1. 1. Kırışma etkisi

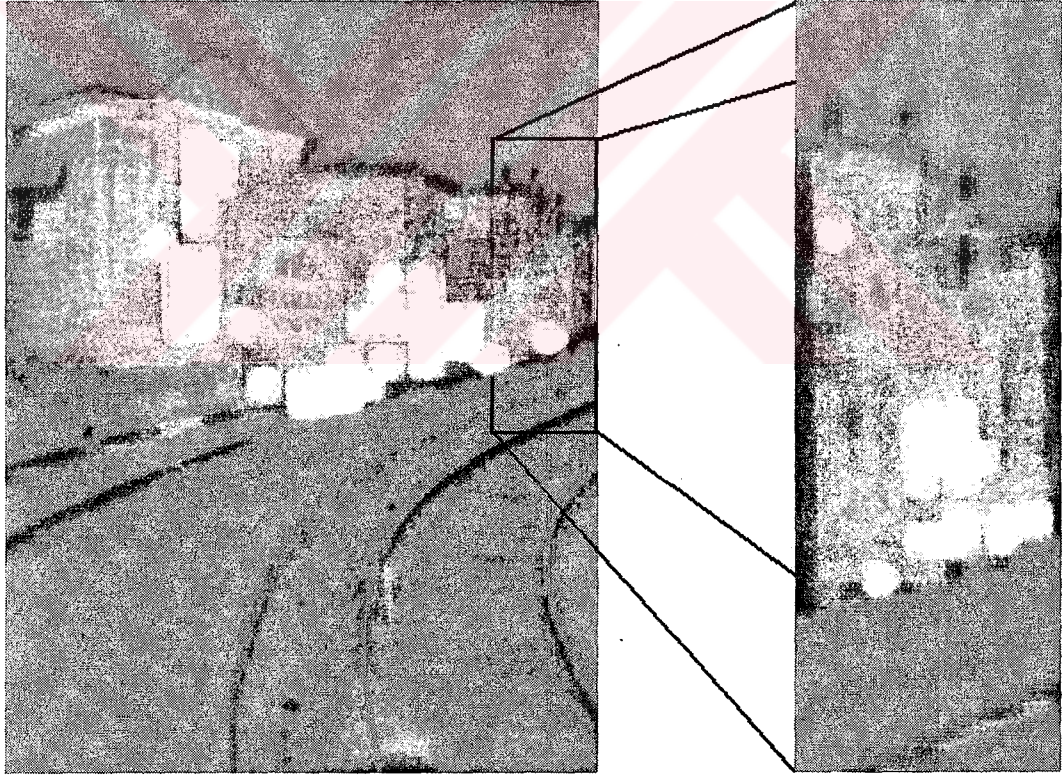
Şekil 1.2’de ise kir etkisini göstermek için üç ardışık imge çerçevesi verilmektedir. Kir etkisi genel olarak filmin yaşlanması veya kötü kullanılması sonucu jelatininin kalkması ile toz ve kir parçacıklarının film şeridi üzerine yapışmasından kaynaklanmaktadır



Şekil 1. 2. Kir etkisi

Kir etkisi filmin pozitif veya negatif baskı olmasına bağı olarak beyaz veya siyah renk almaktadır. Bu etkinin diğ er bir önemli özelliği ise genellikle ardışık imge çerçevelerinde aynı uzamsal konumda bulunmamasıdır. Bu özelliği ile çoğu zaman tek çerçevelik bozukluk (one-frame defect) olarak değerlendirilmektedir.

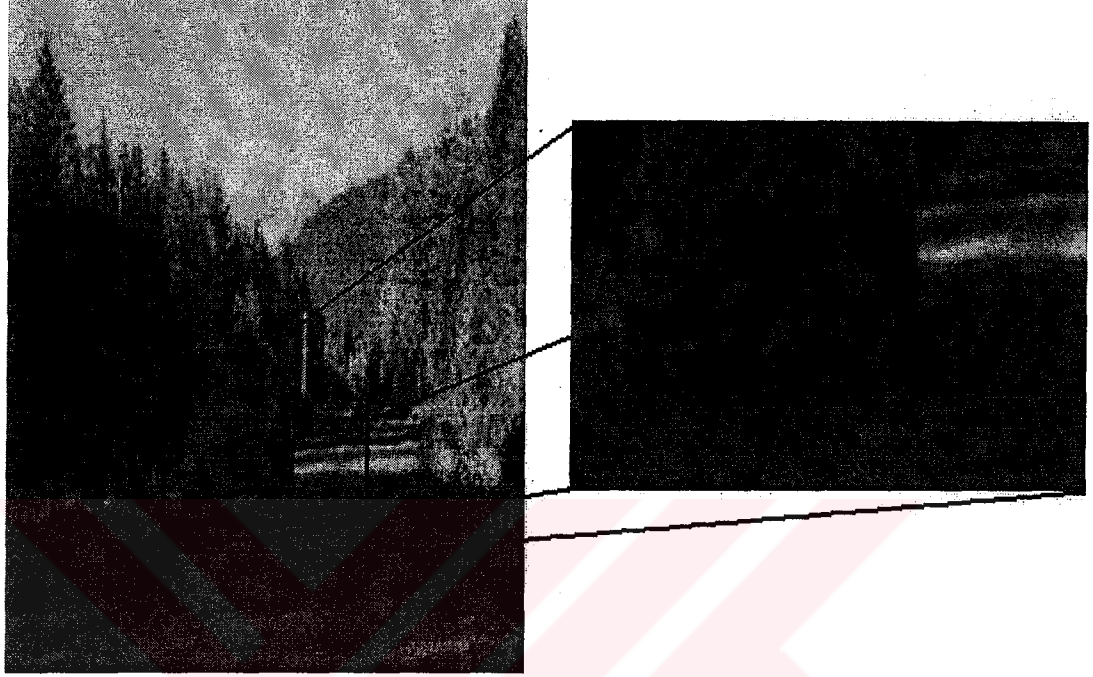
Şekil 1.3'de sıyrık etkisi görülen bir imge çerçevesi ve bu çerçevenin sıyrık bölgesi yakınlaştırılmış hali görülmektedir. Sıyrık etkisi, film makinesinin hızlı başlatma, durdurma ve ileri-geri sarma nedeniyle film şeridi üzerinde düşey olarak ortaya çıkan aşınma sonucu oluşabilmektedir. Ayrıca film makinesinin normal çalışması sırasında makine ile film şeridinin teması da bu soruna yol açmaktadır. Sıyrığın siyah veya beyaz olması ise kir etkisinde olduğu gibi film malzemesinin pozitif veya negatif baskılı olması ile ilgilidir.



Şekil 1. 3. Sıyrık etkisi

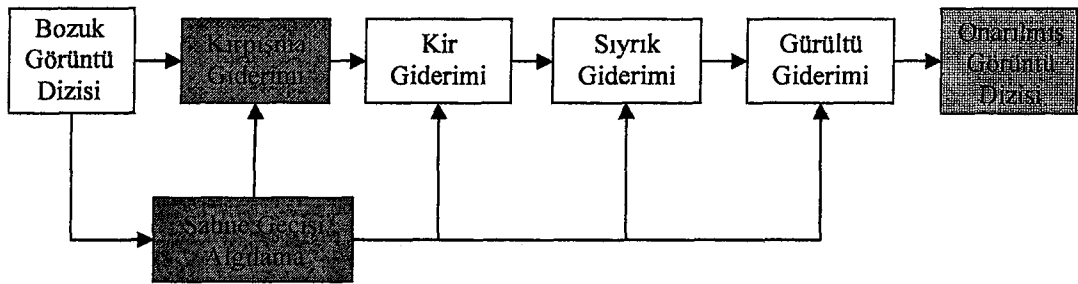
Şekil 1.4'de arşiv filmlerinde sıklıkla karşılaşılan diğ er bir etki olan gürültü etkisi görülen bir imge çerçevesi ve bu çerçevenin bir kısmı yakın çekim olarak gösterilmektedir. Film malzemesinde bulunan gümüş taneciklerinin neden olduğu

tanecik (granular) gürültüsüyle arşiv filmlerinde sıklıkla karşılaşılmaktadır. Diğer taraftan film malzemesinden sayısallaştırılıp sıkıştırılan görüntü CCD gürültüsü ve nicemleme (quantization) gürültüsünden de etkilenmektedir (Roosmalen 1999).



Şekil 1. 4. Gürültü etkisi

Bu görsel bozuklukların hangi sırayla onarılacağı da oldukça önemli bir konudur. Chenot et al (1998) ve Roosmalen (1999) tarafından öncelikle kırpışma etkisinin giderilmesi gerektiği sonrasında ise kir, sıyrık ve gürültünün giderilebileceği belirtilmektedir. Bu yaklaşımların ışığında bahsedilen görsel bozuklukların ortadan kaldırılması için izlenebilecek yol Şekil 1.5'de verilmektedir.



Şekil 1. 5. Arşiv filmlerinin onarımında izlenen aşamaların

Bu tez çalışması kapsamında arşiv filmlerinin otomatik şekilde onarımında önemli iki unsur olan sahne geçişi algılama ve kırpışma giderimi üzerinde çalışılmıştır (Bkz. Şekil 1.5’de koyu arka planla gösterilen bloklar). Bu iki önemli aşamanın başarı ile geçilmesi, sonraki onarım aşamalarının başarımlarını da önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle bu sorunların üstesinden yüksek başarımla gelmesi gereklidir.

Sahne geçişlerinin tespiti ele alındığında literatürde bu amaçla geliştirilmiş yüzlerce yöntem bulunmaktadır. Ancak yöntemlerin neredeyse hiç birinde arşiv filmlerinde karşılaşılan görsel bozukluklar dikkate alınmamıştır. Burada esas sorun, literatürde arşiv filmlerindeki sahne geçişlerini tespit etmek için bir çaba sarf edilmemesidir. Arşiv filmlerinin onarımı için önerilen yöntemler genellikle filmin bir operatör tarafından sahnelere ayrıldığını ve onarım yöntemine bunun bildirileceğini varsaymaktadır. Ancak dünya çapındaki milyonlarca saatlik film arşivi dikkate alındığında bu işlemin operatör desteği ile yapılmasının kaybettireceği zaman ve para açıkça görülmektedir. Dolayısıyla bu noktada arşiv filmlerinin operatör desteği olmaksızın otomatik şekilde onarılması önem kazanmaktadır.

Arşiv filmlerinde sahne geçişlerinin tespitinin önemi şu şekilde açıklanabilir: görsel bozuklukların giderilmesinde zamansal bilginin kullanılması durumunda, farklı sahnelere ait bilgilerin genellikle zamansal olarak ilişkisiz olduğundan ayırt edilmesi gerekmektedir. Bu gereksinim Albiol et al (2000) tarafından açıkça dile getirilmektedir. Bu nedenle sahne geçişi durumunda onarım yöntemlerinin parametrelerinin ilk değerlendirilmesi (reset) veya zamansal bilginin kullanılıp kullanılmayacağına karar vermek için sahne geçişlerinin tespiti önemlidir. Yani sahne geçişlerinin hatalı algılanması veya var olan bir sahne geçişinin algılanamaması onarım yöntemlerinin başarımlarını büyük ölçüde düşürebilir. Bu nedenle arşiv filmlerindeki görsel bozukluklar durumunda bile yüksek başarımlı bir sahne geçişi algılama yönteminin geliştirilmesi oldukça önemlidir.

Bu noktadan hareketle bu çalışmada öncelikle arşiv filmlerinin onarımı açısından diğer sahne geçişlerine nazaran çok daha önemli olan ani sahne geçişlerinin tespiti üzerinde durulmuştur. Bu amaçla geliştirilen iki yöntemden ilkinde çerçeveler arası

en iyi geçiş yapan çekirdeğın (kernel) kullanılması ile sahne geişı kararı verilirken, ikincisinde alt-örneklenmiş imgelerin faz korelasyonu yüzeylerinin tepe değerleri kontrol edilerek ani sahne geçişine karar verilmektedir. Her iki yaklaşım da literatürde bulunan yöntemlerden daha yüksek başarımları sağlamıştır. Özellikle faz korelasyonu temelli yöntem %99 civarında bir başarımları sağlayarak literatürde görsel bozukluklar içermeyen görüntülerde bile ancak elde edilebilen bir başarımları yakalamıştır. Yöntemin diğer önemli bir özelliği ise işlem yükünün düşük olması nedeni ile gerçek zamanlı çalıştırılabilir olmasıdır. Ayrıca, bu yöntemde kullanılan alt-örneklemenin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri üzerinde yaptığı etkinin kuramsal olarak gösterilmesi de diğer bir önemli katkıdır. Geliştirilen ani sahne geişı algılama yöntemlerin detayları Bölüm 2’de verilmektedir.

Kırpışma etkisi daha önce değinildiği gibi diğer görsel bozuklukların giderilmesini önemli ölçüde etkilediği için öncelikle üstesinden gelinmesi gereken bir etkidir. Literatürde önerilen yöntemler deneysel sonuçlarda gösterileceği gibi ancak kısmi bir başarımları sağlayabilmektedir. Bu çalışmada temel olarak çerçeve ortalama ve değişimlerinin zamansal olarak süzgeçlenmesi mantığında çalışan bir yöntem geliştirilmiştir. Literatürdeki birçok yöntemden farklı olarak temiz bir referans çerçeveye gereksinim duymadan yüksek başarımları kırpışma etkisi giderilebilmektedir. Ayrıca, yine literatürdeki yaklaşımlardan farklı olarak kırpışma miktarı özgün bir algılayıcı ile tespit edilip düzeltme miktarı buna göre belirlenmektedir. Geliştirilen yöntemin detayları Bölüm 3’de verilmektedir.

Bölüm 4’de ise bu tez kapsamında yapılan bilimsel katkı değerlendirilerek ileriki çalışmalar için önerilerde bulunmaktadır.

BÖLÜM 2. VIDEO ONARIMI AÇISINDAN SAHNE BÖLÜTLEME

Sahne geçişlerinin algılanması, özellikle video indisleme, video analizi ve sıkıştırma gibi önemli sayıda uygulamanın ilk aşamasıdır. Bununla birlikte video onarımı için de ilk ve önemli aşamalardan biridir. Bir video dizisi veya film temel olarak kamera çekimlerinin (sahnelerin) prodüksiyon sonrası bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır. Bir kamera tarafından kesintisiz olarak çekilen bir dizi imge çerçevesi, çekim (shot) veya sahne (scene) olarak adlandırılır. Bir sahneden diğer bir sahneye geçiş temel olarak ani veya dereceli olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Ani sahne geçişlerinde biten sahnenin son çerçevesinden hemen sonra başlayan sahnenin ilk çerçevesi gelir. Dereceli sahne geçişlerinde ise biten sahnenin etkisi yavaş yavaş azalırken başlayan sahnenin etkisi artmaktadır.

Özellikle kırpışma, kir, sıyrık ve gürültü gibi etkilerin tespiti ve ortadan kaldırılması için ani sahne geçişlerinin yüksek başarımla algılanması önemlidir. Ani sahne geçişi durumlarında, görsel bozuklukları algılama yöntemlerinin bazı parametreleri genel olarak sıfırlanmakta (reset) ve yöntem sonraki sahne için yeni parametrelerle görsel bozukluğu tespit etme ve onarım işlemine başlamaktadır.

Dereceli sahne geçişlerinin tespiti ise görsel bozuklukların tespiti ve onarımı için olmazsa olmaz bir aşama değildir. Özellikle dereceli sahne geçişlerinin %99'unu oluşturan zincirleme sahne geçişleri (dissolve) ele alındığında (Lienhart 2001), çerçeveler arası değişimin oldukça yavaş olması nedeni ile geliştirilen görsel bozukluk tespit ve onarım yöntemlerinin bu geçişlerden etkilenmeyeceği açıktır.

Sahne geçişlerinin bir operatör yardımı ile elle (manual) belirlenmesi tabii ki en doğru sonucu verecektir. Ancak milyonlarca saatlik arşivler dikkate alındığında bu işe harcanacak zaman ve iş gücü gereksinimin fazlalığı bu işin otomatik olarak yapılması gereğini ortaya çıkarmıştır. Sadece onarım açısından değil başka video işleme uygulamaları için de bu gereksinim açıktır. Bu nedenle yüksek başarımlı ve

hızlı çalışan sahne bölütleme yöntemleri üzerinde son on yılda yoğun çalışmalar yapılmıştır.

Arşiv filmlerinin onarımı için literatürde önerilen yöntemler genel olarak sahne geçişlerinin başarılı şekilde yakalanabildiğini varsayarak sadece onarım başarımlarını değerlendirmektedir. Ancak görsel bozukluk içermeyen ve renkli filmler için %99 civarında başarımlar gösteren yöntemler, genellikle siyah-beyaz ve birçok görsel bozukluk içeren arşiv filmleri için bu performansı sağlayamamaktadır. Literatürde özellikle arşiv filmleri için geliştirilmiş herhangi bir ani sahne geçişi algılama yöntemi de bulunmamaktadır. Bu nedenle arşiv videolarının onarımı için önerilen yöntemlerin/sistemlerin yayınlarda verilen yüksek onarım performansını yakalaması genellikle mümkün olmamaktadır. Bu noktadan hareketle öncelikle ani sahne geçişlerinin yüksek başarımla tespit edilmesine yönelik yeni yöntemlerin geliştirilmesi üzerinde çalışılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda özellikle arşiv filmleri için yüksek başarımlar sağlayan iki ani sahne geçişi algılama yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin ilki, imge çerçeveleri arasındaki en iyi geçiş yapan çekirdeğin (kernel) en küçük kareler (Least Squares Error-LSE) yaklaşımı ile hesaplanması, sonrasında bu çekirdek ile kestirim başarımının değerlendirilmesi sonucunda elde edilen metriğin bütünsel (global) ve uyarlamalı (adaptive) bir eşik çifti ile karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen diğer yöntem ise temel olarak faz korelasyonu (phase correlation) mantığına dayanmaktadır. Literatürdeki yöntemlerden farklı olarak alt-örneklenmiş (sub-sampled) imgelerin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri, yine benzer bir çift aşamalı eşikleme tekniği ile değerlendirilerek özgün ikinci bir yöntem geliştirilmiştir.

İleriki alt bölümlerde öncelikle literatürde bulunan yöntemler geniş biçimde ele alınacak sonrasında geliştirilen ani sahne geçişi yöntemleri detaylı şekilde anlatılıp, deneysel sonuçlarla geliştirilen yöntemlerin yüksek başarımlarını ortaya konacaktır.

2.1. Literatürdeki Ani Sahne Geçişi Algılama Yöntemleri

Sahne geçişi algılama yöntemleri temel olarak üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlar: görsel içerik temsili (visual content representation), yani sahneye ilişkin özelliklerin çıkarılması; içerikteki süreksizliğin (ölçüt/ölçütlerin) hesaplanması ve hesaplanan bu süreksizliğin sınıflandırılmasıdır. Literatürde ani sahne geçişi algılama yöntemleri sınıflandırılırken birçok yol izlenmiştir. Bu tez çalışmasında Lienhart (2001), Koprinska and Carrato (2001) ve Lefevre et al (2003) tarafından önerilen ani sahne geçişi sınıflama yöntemleri temel alınmıştır. Bu çalışmalarda önerilen sınıflama yapısına göre aşağıda sıralanan beş tip sahne geçişi algılama yönteminden bahsedilebilir.

- Piksel temelli yöntemler
- Histogram temelli yöntemler
- Özellik temelli yöntemler
- Hareket temelli yöntemler
- Karma yöntemler

2.1.1. Piksel temelli yöntemler

Piksel temelli yöntemler temel olarak ardışık imge çerçevelerinin piksel-temelli farkını dikkate alırlar. Nagasaka and Takana (1991) tarafından yapılan çalışmada sahne geçişi tespitine farklı yaklaşımlar getirilmektedir. Önerilen yöntemlerin birisinde temel olarak iki çerçevenin piksel değerlerinin toplamının farkı dikkate alınarak sahne geçişine karar verilmektedir. Diğer bir yaklaşımda ise karşılıklı piksellerin farkı sabit bir eşikle karşılaştırılarak sahne geçişi tespiti yapılmaktadır.

Zhang et al (1993) tarafından yapılan çalışmada ise imge çerçeveleri arasındaki farklılıklar piksel temelli olarak değerlendirilmiştir. Karşılıklı piksellerin arasındaki mutlak farkın önceden belirlenen sabit bir eşiği aşması durumunda oluşturulan fark maskesinde ilgili pikselin değeri "1", aksi takdirde bu değer "0" olarak belirlenmiştir. Ani sahne geçişi kararı verilirken fark maskesinin toplamının önceden

belirlenen başka bir eşiği aşp aşmadığına bakılmıştır. Toplamın belirlenen eşiği aşması durumunda ani sahne geçişi kararı verilmiştir. Bu yöntemde ayrıca kamera hareketi ve gürültü gibi etkenlerin yöntemin başarımını düşürmesini engellemek için fark maskesinin oluşturulmasından önce imge çerçeveleri alçak geçiren süzgeç ile yumuşatılmaktadır.

Ren et al (2001) tarafından önerilen yöntemde yine ardışık imge çerçevelerinin normalize edilmiş fark enerjisi ve mutlak farkların toplamı ele alınarak sahne geçişleri algılanmaya çalışılırken, Taniguchi et al (1997) tarafından önerilen yöntemde ise piksel ışıklılık seviyelerinin zamansal olarak değerlendirilmesi ile sahne geçişlerinin algılanması gerçekleştirilmiştir.

Albiol et al (2000) tarafından önerilen yöntemde arşiv filmlerinde karşılaşılan kırpışma etkisinin standart piksel temelli ani sahne geçişi algılama yöntemlerinin başarımını düşürdüğü belirtilip, bu etkinin hatalı algılamalara neden olmasını engellemek için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yöntemde, her bir piksel tek tek değerlendirilerek piksel değerinin çerçeve ortalamasından belirli bir eşik kadar büyük olması durumunda "1", ortalamadan yine aynı eşik değeri kadar küçük olması durumunda "-1" aksi takdirde "0"lardan oluşan 3 değerli bir maske oluşturulmaktadır. Sonrasında bu maskenin zamansal farkının ortalaması hesaplanmaktadır. Elde edilen bu değerler morfolojik kapama işlemine tabii tutularak karar metriği elde edilmektedir. Yöntem imge çerçevelerindeki genel ışıklılık değişimlerini karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak bu yöntemin yerel kırpışma ve kir gibi yerel bozukluklardan diğer piksel temelli yöntemler gibi etkileneceği açıktır.

Doğrudan piksel temelli değerlendirme yerine blok temelli bir değerlendirme, hareket ve gürültü gibi bozuculara karşı duyarlılığı azaltacağı için piksel temelli yöntemlerin başarımını artırabilir. Literatürde bu noktadan hareketle önerilen yöntemler de bulunmaktadır. Örneğin blok ortalama ve değişimleri kullanılarak oluşturulan bir olabirlik oranı (likelihood ratio) değerlendirilerek ani sahne geçişlerinin tespiti Kasturi and Jain (1991) tarafından önerilmektedir.

Lee et al (2001) tarafından önerilen yöntemde, HSV renk uzayında sadece renk özü (Hue) ve doygunluk (Saturation) bilgileri kullanılarak hesaplanan ardışık imge çerçevelerinin blok ortalamalarından, aşırı derecede farklı olanların sayısının önceden belirlenmiş bir eşiği aşması durumunda ani sahne geçişi kararı verilmektedir. Işıklılık değişimlerinden daha az etkilenmek için HSV renk uzayında blok temelli örneklemiş imgelerin kullanılması ve blok temelli fark sapma bilgisi değerlendirilerek ani sahne geçişine karar verilmesi Lefevrea et al (2000) tarafından önerilmektedir.

Demarty and Beucher (1999) tarafından RGB renk uzayında ardışık imge çerçevelerinden elde edilen bloklar bir yerel mesafe ölçütü tanımlamak için kullanılmakta ve bu ölçüte göre ani sahne geçişine karar verilmektedir. RGB renk uzayında, bloklara ayrılmış ardışık imge çerçevelerinin farkını temel ölçüt olarak kullanan bir yöntem ise Ma et al (2001) tarafından önerilmektedir. Bu yöntem, bir çerçeve için blok farklarının, kayan bir pencere ile uyarlamalı olarak hesaplanan eşiği geçmesi durumunda ani sahne geçişi kararı vermektedir.

Piksel temelli yöntemler genellikle ani sahne geçişi algılamayı basit ve düşük işlem yüklü bir yaklaşımla çözmeye çalışmaktadır. Ancak aşırı kamera ve nesne hareketi ve özellikle arşiv filmlerindeki görsel bozukluklar nedeni ile bu tip ani sahne geçişi yöntemleri arşiv filmlerinde kullanılmak için uygun değildir.

2.1.2. Histogram temelli yöntemler

Histogram, birçok imge işleme yönteminde ışıklılık/renk seviyelerinin dağılımı hakkında bilgi vererek imge çerçeveleri ile ilgili önemli bilgiler sağlamaktadır. Literatürde ani sahne değişimi durumunda imge çerçevelerinin histogramlarında meydana gelen değişimi algılamayı temel alan yöntemler önerilmiştir.

Tonomura and Abe (1990) tarafından temel olarak gri-ton seviyeleri için hesaplanan histogram bilgisi üzerinden histogram farkı, önceden tanımlanmış bir eşikle karşılaştırılarak sahne geçişleri algılanmaya çalışılmıştır.

Sethi and Patel (1995) tarafından önerilen histogram temelli yöntem ise sıkıştırılmış video üzerinden çalışmaktadır. Intra çerçevelerin DC katsayılarının ışıklılık histogramları Yakimovski olabilirlik oranı (likelihood ratio), χ^2 testi ve Kolmogorov-Smirnov istatistikleri kullanılarak sahne geçişleri tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Literatürde gri-ton histogram bilgisinin yanı sıra farklı renk uzaylarında hesaplanan histogram bilgisinin de sahne geçişi amacı ile kullanımı mevcuttur. Örneğin Nagasaka and Takana (1991) ve Dye et al (1995) RGB renk uzayında farklı yaklaşımlarla histogram bilgisini değerlendirirken, Gargi et al (2000) HSV, YIQ, Lab gibi renk uzaylarında hesapladıkları histogram farkı bilgisine göre sahne geçişlerine karar vermektedirler.

Truong et al (2000) tarafından önerilen yöntem renkli histogram farkını uyarlamalı bir eşikle karşılaştırarak ani sahne geçişi kararı vermektedir. Bu çalışmada histogram bilgisinin sabit bir eşikle karşılaştırılması yerine kayan bir pencere kullanılarak uyarlamalı şekilde hesaplanması öngörülmektedir. Bu yöntem, kendi test dizileri için %98 civarında başarımla sağlamaktadır.

Blok temelli değerlendirme, piksel temelli yaklaşımlarda olduğu gibi histogram temelli teknikler için de incelenmiştir. Ahmed and Karmouch (1999) tarafından önerilen yöntemde RGB renk uzayının her düzleminde en değerlikli 2-bit kullanılarak hesaplanan 64 seviyeli histogram bilgisi blok temelli olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca bu yöntemde sadece ardışık imge çerçeveleri değil, belirli bir aralıktaki çerçeveler için de bu işlem yapılarak başarımların artırılması hedeflenmektedir.

Bertini et al (2001) tarafından önerilen yöntemde ise dokuz bloğa bölünen imge çerçevelerinin HSI renk uzayındaki histogramları ışıklılık bileşeni (Intensity) dikkate alınmadan karşılaştırılmıştır. Böylelikle ışıklandırma koşullarındaki değişikliklerin yöntemin başarımlarını düşürmesi engellenmeye çalışılmıştır.

Chahir and Chen (1999) tarafından geliştirilen yöntem histogram arakesiti hesabını Lab renk uzayında 24 adet blok için gerçekleştirmektedir. Hesaplanan arakesit değerinin önceden belirlenen bir eşikle karşılaştırılması sonucu değişen bloklar elde edilmektedir. Değişen blokların sayısının ikinci bir eşikten büyük olması durumunda ise sahne geçişi kararı verilmektedir.

Histogram temelli yöntemler renkli imge dizileri için nesne/kamera hareketinin ve görsel bozuklukların az olduğu durumlarda kabul edilebilir bir başarımlı sağlamakla birlikte, gri-tonlu ve görsel bozukluklar içeren imge çerçevelerinde performans düşmektedir. Ayrıca farklı sahnelerin benzer histogramlara sahip olabileceği de göz önüne alınmalıdır. Özellikle arşiv filmlerinin çoğunlukla gri-tonlu olduğu düşünüldüğünde histogram temelli yöntemlerin arşiv filmlerindeki ani sahne geçişlerinin tespiti için kullanılamayacağı açıktır.

2.1.3. Özellik temelli yöntemler

İmge çerçevelerinden çıkarılan çeşitli özelliklerle ani sahne geçişi tespitinde kullanan yöntemler bu sınıfa dahil edilmiştir. Bu yöntemlerde yaygın olarak imge çerçevelerinin kenar özellikleri karar ölçütlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Zabih et al (1999) tarafından önerilen özellik temelli yöntem temel olarak imge çerçevelerindeki kenarların değişimini değerlendirmektedir. Bu çalışmada kamera ve nesne hareketini karşılayabilmek için kenar algılama işlemi öncesi hesapsal karmaşıklığı (computational complexity) yüksek olan census dönüşümü (Zabih and Woodfill 1994) adı verilen piksel temelli bir hareket karşılama yapılmaktadır. Böylelikle yöntemin başarımının artması hedeflenmektedir. Canny (1986) tarafından önerilen kenar bulma yöntemi ile elde edilen ikili kenar imgeleri daha sonra ikili yayma (binary dilation) işlemine tabii tutulmakta sonrasında ise giren ve çıkan kenarlar dikkate alınarak kenar değişim oranı hesaplanmaktadır. Elde edilen bu metrik sabit bir eşikle karşılaştırılarak sahne geçişi kararı verilmektedir.

Smeaton et al (1999) tarafından önerilen yöntemde ise Zabih et al (1999) tarafından önerilen yöntemde hesaplanan kenar değişim oranının zamansal değişiminin kullanılması önerilmiştir. Bu değişimin önceden belirlenen bir eşik değeri aşması durumunda ani sahne geçişine karar verilmektedir.

Truong et al (2003) tarafından önerilen yöntemde ise HLS (Hue Luminance Saturation) renk uzayında Gauss çekirdekleri kullanarak çalışan özyineli Deriche süzgeçleme yöntemi ile elde edilen kenar bilgileri üzerinden her bir renk uzayındaki kenar bilgisinin belirli oranlardaki katkısı ile oluşturulan kenar imgesi ile ani sahne geçişleri algılanmaya çalışılmaktadır.

Saez et al (2003) tarafından önerilen yöntemde Genelleştirilmiş Hough Dönüşümü (GHD) - (Generalized Hough Transform-GHT) kullanarak özellik çıkartımı yapan bir yöntemle ani sahne geçişleri algılanmaya çalışılmıştır. GHD temel olarak iki imge çerçevesi arasındaki farklılığı kenar bilgileri üzerinden dönme (rotation), ölçekleme (scale) ve yerdeğiştirme (displacement) cinsinden ifade etmek amaçlı kullanılmaktadır. Bu yöntemde kullanılan yaklaşım ise belirli bir dönüşüm parametresinin zamansal değişimindeki ani değişimlerin uyarlamalı bir eşikleme yöntemi ile algılanması üzerine kurulmuştur.

Vlachos (2000) tarafından önerilen yöntemde frekans uzayında korelasyon özelliğinin ani sahne geçişi algılamada kullanılabileceği önerilmiştir. Bu yöntemde ardışık imge çerçevelerindeki örtüşen imge bloklarının faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerlerinin logaritmik toplamı kullanılarak, bu değerlerin düşük olması durumunda ani sahne geçişine karar verilmektedir. Bu yöntem için ani sahne geçişi tespitinde herhangi bir eşikleme yaklaşımı önerilmemiştir.

Hagiwara et al (2004) tarafından önerilen yöntemde doğrudan ardışık imge çerçevelerin faz korelasyonunun kullanılması önerilmektedir. Faz korelasyonu yüzeyinin tepe noktalarının imge piksel boyutuna göre değişen bir eşikle değerlendirilmesi ile ani sahne geçişi kararı verilmektedir. Bu yöntemde eşik belirlenmesi için farklı sahnelere ait imgelerin faz korelasyonu yüzeylerinin genlik dağılımı incelenmiştir. Bu verilerin Gauss dağılımlı olduğu gözlemlenmiş ve buna

göre w ve h imge çerçevelerinin piksel boyutunu göstermek üzere bütünsel eşik değeri $\frac{1}{w \times h} + \frac{12}{\sqrt{w \times h}}$ olarak belirlenmiştir.

Porter et al (2003) tarafından önerilen yöntemde ise faz korelasyonu yaklaşımı blok temelli olarak uygulanmıştır. Böylelikle yerel hareket etkisinin önüne geçilebileceği düşünülmüştür. Sonrasında her bir blok için elde edilen korelasyon yüzeyinin tepe değerlerinin ortanca değerinin (median) son sahne geçişinden beri ortalaması hesaplanmaktadır. Bu değer o anki çerçevenin bloklarına ait korelasyon yüzeyinin tepe değerlerinin ortanca değerinden önceden belirlenmiş bir eşik kadar büyük olması durumunda ani sahne geçişi kararı verilmektedir.

Kenar temelli yöntemlerin başarımındaki önemli etkenlerden biri kenar algılayıcısının başarımıdır. Özellikle arşiv filmlerinde karşılaşılan kırpışma ve kir gibi görsel bozuklukların kenar algılayıcısını etkileyeceği ve sonuç olarak ani sahne geçişi algılama yöntemlerinin başarımını düşüreceği açıktır. Ayrıca bütünsel ve yerel hareket durumunda kenar eşleştirmesinin yüksek performansla yapılamaması da diğer bir önemli sorundur.

Vlachos (2000) tarafından önerilen yöntemin bütünsel ışıklılık değişimlerinden ve gürültüden daha az etkilendiği ifade edilmektedir. Bu yönü ile arşiv filmlerinde ani sahne geçişi algılama için kullanılabilecek bir yöntem olarak ele alınabilir. Ancak bu çalışma kapsamında yapılan deneylerle aşırı kamera/nesne hareketi, aşırı kırpışma etkisi, şiddetli gürültü ve görsel bozukluklar durumunda yöntemin başarımının yeteri kadar yüksek olmadığı gözlemlenmiştir.

Porter (2003) tarafından önerilen yöntem ise blok temelli faz korelasyonu hesapladığı için aşırı işlem yükü ile dikkat çekmektedir. Ayrıca bu yöntem test için kullandığı videolar için bile %90 civarında başarımlar sağlamaktadır. Arşiv filmlerindeki görsel bozukluklar dikkate alındığında bu başarımın daha da düşeceği açıktır.

2.1.4. Hareket temelli yöntemler

Hareket temelli yöntemler temel olarak çerçeveler arası hareket bilgisini kullanarak ani sahne geçişlerine karar verirler.

Cherfaoui and Bertin (1995) tarafından önerilen yöntemde öncelikle ilgin (affine) bir dönüşüm modeli kullanılarak bütünsel hareket parametreleri kestirilmektedir. Kestirilen hareket parametrelerinden sahne; sabit, kamera öteleme hareketi bulunan ve yakınlaştırma/uzaklaştırma (zoom) etkisi bulunan sınıflara ayrılmaktadır. Sonrasında kestirilen hareketin zamansal tutarlılığının bulunmadığı durumlarda ani bir sahne geçişine karar verilmektedir.

Bouthemy et al (1999) tarafından önerilen yöntemde ise iki boyutlu ilgin model kullanılarak bütünsel hareketin çok-çözünürlüklü olarak kestirilmesi hedeflenmektedir. Sonrasında baskın hareketin zamansal olarak değerlendirilmesiyle sahne geçişi kararı verilmektedir.

Osian and Gool (2004) tarafından önerilen yöntemde ise Bouthemy et al (1999) tarafından önerilen yaklaşıma benzer bir şekilde ilgin hareket modeli kullanılıp çok-çözünürlüklü olarak bütünsel hareket karşılandıktan sonra hareket karşılanmış imge çerçeveleri üzerinden piksel temelli farkın uyarlamalı bir eşikle karşılaştırılması sonucu ani sahne geçişine karar verilmektedir.

Liu et al (2000) tarafından önerilen yöntemde blok temelli hareket karşılanmış imge çerçevelerinin histogram bilgisinin geliştirilmiş bir χ^2 testi aracılığı ile değerlendirilmesi önerilmektedir. Metrik hesabı öncesi yapılan ışıklılık normalleştirilmesi ile imge çerçevelerinin benzer enerji seviyesine getirilmesi hedeflenmektedir. Son olarak karar metriğinin uyarlamalı bir eşikle karşılaştırılması sonucunda ani sahne geçişi kararı verilmektedir.

Fatemi et al (1996) tarafından geliştirilen yöntemde ise hareket karşılama optik akış yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde üç çerçeveden oluşan imge dizisi sonraki çerçevenin kestiriminde kullanılmaktadır. Blok temelli çalışan bu

yöntemde kestirimin doğru yapılamaması durumunda bir ani sahne geçişi bulunduğu düşünülmektedir.

Li and Lai (2003) tarafından önerilen yöntemde öncelikle imge çerçeveleri alt-örneklenip (sub-sampling) yumuşatıldıktan sonra blok temelli bir optik akış hesabı yapılmaktadır. Sonrasında hareket karşılanmış bloklar için hesaplanan olabilirlik oranının belirli bir eşikten büyük olması durumu göz önüne alınarak ani sahne geçişi kararı verilmektedir.

Hareket temelli yöntemlerin başarımı büyük ölçüde hareketin doğru bir şekilde kestirilmesi veya karşılanmasına bağlıdır. Aşırı hareket gibi durumlardan etkilenmemek için genellikle çok-çözünürlüklü bir yaklaşım kullanılmaktadır. Ancak arşiv filmlerindeki kırışma ve kir etkisinin hareket karşılama başarımını düşüreceği açıktır. Bu gibi durumlarda başarımdaki düşüş gerçekleştirilen deneyler ile de gözlemlenmiştir.

2.1.5. Karma yöntemler

Literatürde birden fazla yaklaşımın bir arada kullanılarak ani sahne geçişi yakalama başarımının artırılmasını hedefleyen yöntemler de bulunmaktadır.

Quenot and Mulhem (1999) tarafından önerilen yöntemde renkli histogramlar için kullanılacak χ^2 testinin basit bir çevrit (contour) analizi ile birlikte kullanılması önerilmektedir. Histogram testi sonrası Zabih et al (1999) tarafından önerilen yöntemdeki piksel temelli hareket karşılama yaklaşımı yerine çevrit noktalarının yayılması (dilation) yaklaşımı benimsenmiştir.

Gauch et al (1999) tarafından önerilen yöntemde çerçeve ışıklılık değerinin ortalaması, çerçeveler arası piksel temelli fark ve renk dağılımındaki değişimler uyarlamalı eşiklerle değerlendirilerek ani sahne geçişi kararı verilmektedir.

Yusoff et al (1999) tarafından önerilen yöntemde beş farklı yaklaşım bir arada kullanılarak ani sahne geçişi kararı verilmektedir. Buna göre belirlenen beş ölçütten üçünün sahne geçişi kararı vermesi yöntem tarafından ani sahne geçişi kararı verilmesi için yeterlidir. Ortalama ışıklılık değeri, Öklid mesafesi, histogram karşılaştırma, olabilirlik oranı ve hareket kestirimi bu yaklaşımda ele alınan ölçütlerdir.

Huang and Liao (2001) tarafından önerilen yöntemde çerçeveler arası fark, DC imge farkı ve histogram bilgisi üzerinden yapılan χ^2 testi ile belirlendikten sonra kenar bilgisi üzerinden yapılan sahne durağanlık testi ile ani sahne geçişine karar verilmektedir.

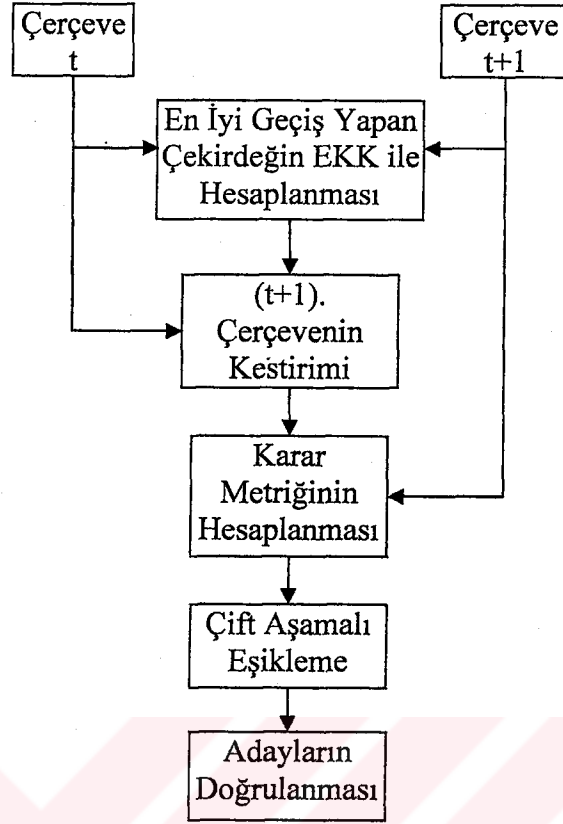
Bu sınıfa giren yöntemler de genel olarak daha önce bahsedilen yöntemlerin farklı özelliklerini bir arada kullanmaya çalıştıkları için aşırı görsel bozukluklar içeren arşiv filmlerinin bölütlenmesi için uygun değildir.

2.2. En İyi Geçiş Sağlayan Çekirdeği (Kernel) Kullanarak Ani Sahne Geçiş Tespiti

Daha önce bahsedildiği gibi bu tez çalışması kapsamında arşiv filmlerindeki ani sahne geçişlerinin tespiti için iki farklı yöntem geliştirilmiştir. Bu bölümde bunlardan ilki olan çerçeveler arası en iyi geçiş sağlayan çekirdeğin kullanıldığı yöntem ele alınacaktır.

Bu yöntemin temelinde ardışık imge çerçeveleri arasında en iyi geçiş yapan çekirdeğin en küçük kareler (EKK) (Least Squares Error-LSE) yaklaşımı ile hesaplanması ve sonrasında bu çekirdekle yapılan kestirim başarımının ortalama mutlak fark metriği kullanılarak değerlendirilmesi ile sahne geçişine karar verilmesi bulunmaktadır.

Önerilen sistemin blok gösterimi Şekil 2.1'de verilmektedir.



Şekil 2. 1. En iyi geçiş yapan çekirdek yaklaşımı ile ani sahne geçişi tespiti için önerilen yöntemin öbek gösterimi

Öbek gösterimden de açıkça görüldüğü gibi öncelikle yapılması gereken (t+1). çerçevenin t. çerçeveden kestirimine olanak sağlayacak çekirdeğin elde edilmesidir. Elde edilen bu çekirdek ve t. çerçeve kullanılarak yapılan kestirim sonucunda kestirim hatasının düşük olması çerçevelerin aynı sahneye ait olduğunu gösterirken, bu farkın yüksek olması ani bir sahne geçişi olarak değerlendirilmektedir.

2.2.1. En küçük kareler yaklaşımı ile en iyi geçiş yapan çekirdeğin tespiti

Çekirdekler imge işlemede genellikle süzgeçleme işlemleri için kullanılmaktadırlar. Örneğin bütün elemanları birim değerden oluşan 3x3 boyutunda bir çekirdek (bütün elemanları 1 olan 3x3'lük bir matris) ile bir imge çerçevesinin iki boyutlu konvolüsyonu sonucunda, ilgili imge çerçevesinin alçak geçiren bir süzgeçten geçmiş hali elde edilir (not: bu süzgecin ayrıca belirli bir kazancı bulunmaktadır).

Çekirdeğin eleman değerleri ve boyutu değişikçe yerine getirdiği işlev ve bu işlevin etkisi değişecektir.

Bu çalışmada imge çerçeveleri arasında en iyi geçişi sağlayan çekirdek EKK yaklaşımı ile hesaplanmıştır. $\mathbf{g}(p,q)$, $l \times l$ boyutunda bir çekirdek olsun. Bu durumda önceki çerçevenin uygun bir şekilde süzgeçlenmesi sonucunda bir sonraki çerçevenin (2.1)'de verilen şekilde kestirilmesi mümkündür.

$$\hat{I}(i, j, t+1) = I(i, j, t) * \mathbf{g} \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte $\hat{I}(i, j, t+1)$, $(t+1)$. çerçevenin $I(i, j, t)$ 'den kestirimini, “*” ise konvolüsyon işlemini göstermektedir. Bu gösterimde (i, j) piksellerin uzamsal konumunu göstermektedir.

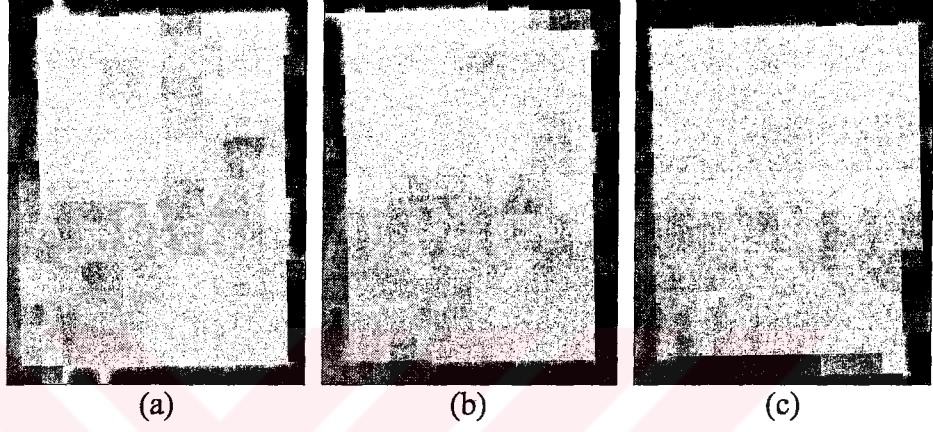
En iyi geriçatımı sağlamak için süzgeçleme çekirdeği olan \mathbf{g} , EKK yaklaşımı ile elde edilmektedir. Bu amaçla en iyi (optimal) çekirdek, (2.2) çözülerek elde edilmektedir. Bu aşamada özyineli olarak önkoşullanmış eşlenik gradyanlar (preconditioned conjugate gradients-PCG) kullanılmaktadır (Bindel 2006).

$$\min_{\mathbf{g}(p,q)} \|I(i, j, t+1) - I(i, j, t) * \mathbf{g}\|_2^2 \quad (2.2)$$

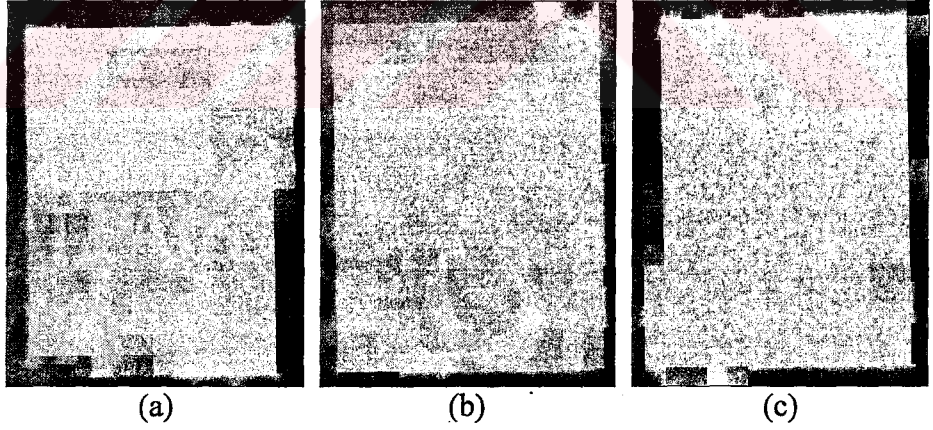
Çekirdek boyutunun büyümesi ile kestirim doğruluğunun artacağı açıktır. Ancak bu durumda işlem yükünün de artması kaçınılmazdır. Bu nedenle çekirdek boyutu ve işlem yükünü dengelemek için 9×9 boyutunda çekirdeklerin kullanılmasına deneysel sonuçlar doğrultusunda karar verilmiştir. Ayrıca en iyi geçişi sağlayan çekirdek hesabının alt-örneklenmiş imge çerçeveleri üzerinden yapılması ile işlem yükünün daha da düşürülmesi sağlanmıştır. Alt-örneklemenin gürültü ve hareket etkisini azaltması diğer bir önemli avantajdır. Alt-örnekleme için komşu piksellerin ortalama değerinin hesaplanması yaklaşımı yine işlem yükünün düşük olması açısından tercih edilmiştir. Alt-örnekleme oranı 4 olarak belirlenmiştir. Ayrıca ışıklılık farklılıklarının dengelenmesi için, çekirdeğin tespit edilmesi ve kestirim

aşamalarında imge çerçevelerinin ortalama değeri piksel değerlerinden çıkarılarak işlem yapılmaktadır.

Şekil 2.2 ve Şekil 2.3’de “Mount” (Mount Tamalpais Gravity Railroad -1917) adı verilen bir arşiv filminden aynı ve farklı sahnelere alt-örneklemiş ardışık imge çerçeveleri ve bu çerçevelerden kestirilen çerçeveler verilmektedir.



Şekil 2. 2. a) “Mount” #1028 b) “Mount” #1029 c) (a)’dan en iyi geçiş sağlayan çekirdek yardımı ile (b)’nin kestirimi



Şekil 2. 3. a) “Mount” #1029 b) “Mount” #1030 c) (a)’dan en iyi geçiş sağlayan çekirdek yardımı ile (b)’nin kestirimi

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi benzer sahneler için kullanılan çekirdek ile kestirilen çerçeve orijinal çerçeveye benzemektedir. Ancak Şekil 2.3’de görüldüğü gibi sahne geçişi anında kestirim sonucunda anlamsız imgeler elde edilmektedir. Şekil 2.2 ve Şekil 2.3’de gösterilen durumlar için elde edilen en iyi geçişi sağlayan çekirdekler aşağıda verilmiştir.

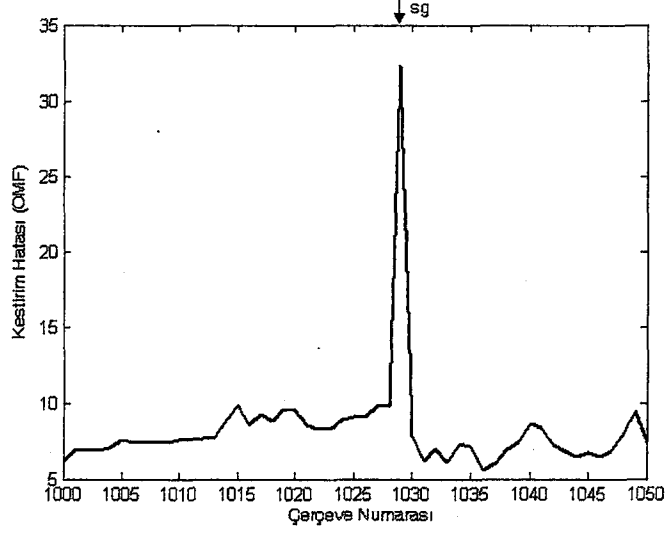
$$\begin{aligned}
\mathcal{G}_{1028,1029} &= \begin{bmatrix} 0.0349 & -0.0170 & 0.0408 & 0.0149 & -0.0370 & 0.0428 & 0.0066 & -0.0268 & 0.0072 \\ -0.0059 & 0.0021 & -0.0231 & 0.0049 & -0.0211 & 0.0108 & -0.0202 & 0.0097 & -0.0185 \\ 0.0110 & 0.0016 & 0.0564 & -0.0043 & -0.0112 & 0.0273 & -0.0325 & -0.0035 & 0.0123 \\ -0.0001 & -0.0201 & 0.0057 & -0.0010 & -0.0054 & 0.0249 & -0.0292 & 0.0091 & 0.0108 \\ -0.0047 & 0.0305 & -0.0085 & -0.0114 & 0.0613 & -0.0104 & -0.0061 & -0.0264 & 0.0193 \\ -0.0124 & -0.0154 & -0.0121 & -0.0348 & 0.0443 & 0.0060 & -0.0246 & 0.0132 & 0.0377 \\ 0.0126 & -0.0051 & 0.0204 & 0.0254 & 0.1235 & 0.2192 & -0.0163 & 0.0253 & -0.0560 \\ 0.0065 & -0.0175 & -0.0371 & -0.0371 & 0.0527 & 0.2046 & -0.0250 & -0.0199 & -0.0178 \\ 0.0660 & 0.0418 & 0.0935 & 0.0451 & 0.1466 & 0.0197 & -0.0002 & 0.0152 & 0.0048 \end{bmatrix} \\
\mathcal{G}_{1029,1030} &= \begin{bmatrix} 0.0208 & -0.0669 & 0.0515 & -0.0125 & 0.0161 & -0.0024 & -0.0139 & -0.0052 & -0.0550 \\ 0.0408 & -0.0193 & 0.0168 & -0.0198 & 0.0048 & 0.0097 & -0.0045 & 0.0191 & -0.0412 \\ 0.0236 & -0.0199 & 0.0199 & 0.0062 & 0.0123 & -0.0119 & 0.0073 & 0.0046 & -0.0417 \\ 0.0448 & -0.0149 & 0.0397 & 0.0003 & 0.0000 & -0.0222 & 0.0028 & 0.0008 & 0.0005 \\ 0.0170 & -0.0108 & 0.0090 & -0.0029 & 0.0180 & -0.0153 & -0.0018 & -0.0179 & -0.0029 \\ 0.0058 & -0.0038 & 0.0105 & 0.0065 & -0.0031 & 0.0011 & -0.0283 & 0.0050 & -0.0235 \\ 0.0443 & 0.0113 & 0.0028 & 0.0077 & -0.0056 & 0.0127 & -0.0198 & 0.0272 & -0.0301 \\ -0.0234 & 0.0001 & -0.0059 & -0.0105 & -0.0055 & 0.0099 & -0.0252 & -0.0070 & -0.0189 \\ 0.1228 & -0.0183 & 0.0226 & -0.0046 & 0.0200 & 0.0409 & -0.0600 & 0.0774 & -0.1027 \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

2.2.2. Karar ölçütü ve çift aşamalı eşikleme yaklaşımı

Önceki alt bölümde gösterildiği gibi aynı sahneye ait olmayan çerçevelerin kestirim sonucu orijinal çerçevelerden oldukça farklıdır. Bu noktada kestirimin başarımı, orijinal çerçeve ile kestirilen çerçeve arasındaki ortalama mutlak fark (OMF) ile (2.3)'de verilen şekilde hesaplanarak ölçülebilir. İşlem yükü göreceli olarak düşük olduğu için ortalama mutlak fark metriği kullanılmıştır.

$$KM(t) = \frac{1}{w \times h} \sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^h |\hat{I}(i, j, t+1) - I(i, j, t+1)| \quad (2.3)$$

Bu eşitlikte w ve h imge çerçevesinin yatay ve düşey piksel boyutunu göstermektedir. Karar metriğinin (KM) Mount filminden bir ani sahne geçişi için değişimi Şekil 2.4'de verilmektedir. Şekilde sahne geçişi anı (sg) ile gösterilmektedir. Bu şekilden de açıkça görüldüğü gibi karar metriği benzer sahneler için düşük bir genliğe sahipken, sahne geçişi anında yüksek bir genliğe sahip olmaktadır. Bu noktadan yola çıkarak ani sahne geçişi kararı, karar metriği genliğinin belirli bir eşikten büyük olması durumunda verilebilir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda özellikle aşırı bütünsel ve yerel hareket durumlarında kestirimin yüksek başarımla yapılamaması nedeni ile karar metriği genliğinin yüksek kaldığı ve bu nedenle sadece bütünsel bir eşikleme yaklaşımı ile yüksek başarımla sağlanmasının mümkün olmadığı görülmüştür.

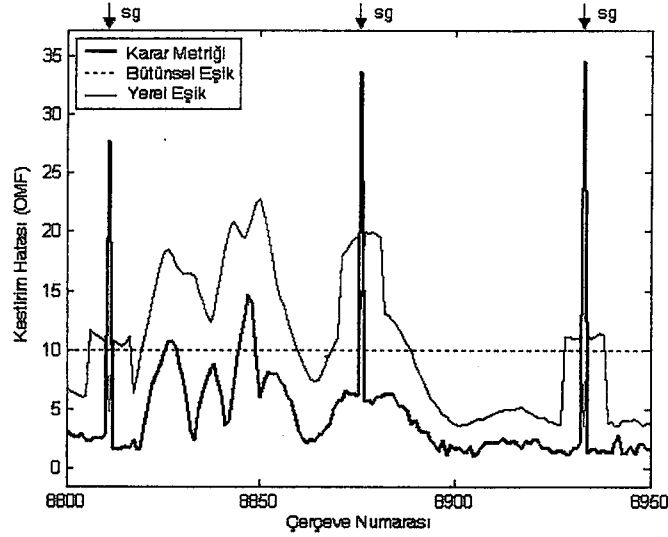


Şekil 2. 4. Şekil 2.3’de gösterilen ani sahne geçişi durumunda kestirim hatasının zamanla değişimi

Bu nedenle bütünsel ve yerel (uyarlamalı-adaptive) olmak üzere iki aşamalı bir eşikleme yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımda bütünsel eşikleme sadece aday sahne geçişlerinin tespiti için kullanılmakta, karar metriği genliğinin her iki eşiğin üstünde olması durumunda ise bu sahne geçişi adayı doğrulama aşamasında yeniden değerlendirilmektedir. Uyarlamalı eşiğin hesaplanması (2.4)’de gösterilmektedir.

$$\begin{aligned}
 KM(t) < E_B \quad \text{ise} \\
 E_{Ysol}(t) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N KM(t-i) \\
 E_{Ysag}(t) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N KM(t+i) \\
 E_Y(t) &= \alpha \frac{E_{Ysol}(t) + E_{Ysag}(t)}{2}
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

Bu eşitlikte E_B , bütünsel eşiği; E_{Ysol} , yerel eşiğin sol kısmını; E_{Ysag} , yerel eşiğin sağ kısmını; E_Y , sol ve sağ kısımların ortalamasının α katsayısı ile ölçeklenmesinden elde edilen yerel eşiği; N , eşiğin hesaplandığı kayan pencerenin uzunluğunu göstermektedir. Karar metriğinin genliği herhangi bir anda her iki eşiğin üstünyse bu aday, doğrulama aşamasına gönderilir. Aksi taktirde



Şekil 2. 5. “Birthoft” filminin bir kısmı için karar metriği ve ilgili eşikler

Şekil 2.5’de “Birthoft” filminin bir kısmı için önerilen yöntem ile hesaplanan karar metriği, bütünsel ve yerel eşikler ve sahne geçişi (sg) anları gösterilmektedir. Bu şekilden önerilen çift aşamalı eşikleme yaklaşımının avantajı açıkça görülmektedir. Örneğin 8850. çerçeve civarında bir anı sahne geçişi olmamasına rağmen aşırı yerel hareket nedeni ile kestirim hatası belirlenen bütünsel eşik üstünde kalmaktadır. Ancak bu durumda yerel eşik değeri karar metriğinin genliğinden yukarıda kaldığı için hatalı bir sahne geçişi kararı verilmemektedir. Gerçekten ani sahne geçişinin olduğu çerçeveler ise başarı ile yakalanmakta ve doğrulama aşamasına gönderilmektedirler.

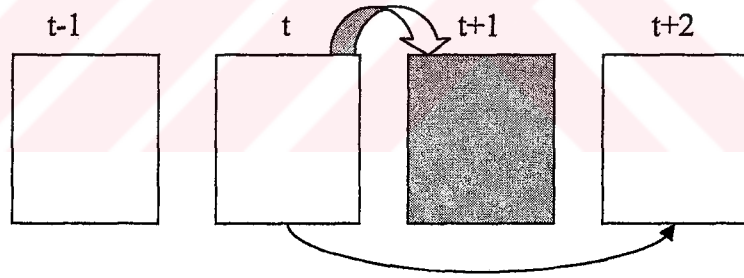
2.2.3. Doğrulama aşaması

Kir ve kırışma (veya flaş patlaması) gibi genellikle etkileri tek çerçeve olan görsel bozukluklar yöntemin kestirim doğruluğunu düşürmekte ve bu gibi durumlarda hatalı algılamaya neden olmaktadır. Bu nedenle bu tür hataların üstesinden gelebilmek için bir doğrulama aşaması kullanılması önerilmektedir.

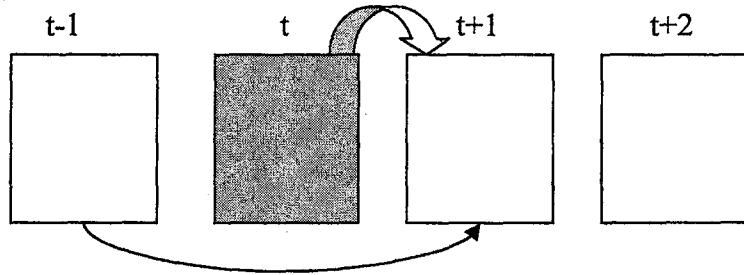
Şekil 2.6(a)’da gösterilen dört imge çerçevesinden (t+1). çerçevede bir görsel bozukluk olduğunu ve bu nedenle t. çerçeveden (t+1). çerçeveye bir anı sahne geçişi adayı belirlendiğini varsayalım. Doğrulama aşamasında bu yanlış algılamının

üstesinden gelebilmek için t . çerçeveden $(t+2)$. çerçeve kestirilir. Kestirim hatası yine bütünsel ve yerel eşikle karşılaştırılır. t . ve $(t+2)$. çerçeveler benzer sahnelere ait oldukları için bu kez sahne geçişi kararı verilmez ve böylelikle hatalı algılamının önüne geçilir. Bu adayın gerçek bir sahne geçişi olması durumunda ise t . çerçeve ile $(t+2)$. çerçeve arasındaki kestirim hatası yine hem bütünsel hem de yerel eşğin üstünde olacağından yakalanan bir ani sahne geçişinin bu aşamada kaçırılması mümkün değildir.

İkinci bir durumda t . çerçevedeki görsel bozukluk nedeni ile yine t . çerçeveden $(t+1)$. çerçeveye hatalı bir sahne geçişi adayı yakalandığını varsayalım. Bu durum Şekil 2.6(b)'de gösterilmektedir. Doğrulama aşamasında bu sorunun üstesinden gelebilmek için bu kez $(t-1)$. çerçeveden $(t+1)$. çerçeve kestirilir. Bu çerçeveler aynı sahneye ait oldukları için kestirim hatası eşiklerin altındadır. Dolayısıyla hatalı bir ani sahne geçişi kararı verilmez. Bu aday gerçek bir ani sahne geçişi ise bu kez $(t-1)$. çerçeveden $(t+1)$. çerçevenin kestirimi yine büyük bir kestirim hatasına neden olacağından ani sahne geçişinin algılanmasında bir sorun yaşanmaz.



(a)



(b)

Şekil 2. 6. Doğrulama aşaması için kullanılan imge çerçeveleri

Kısaca, doğrulama aşamasında t. çerçeveden (t+2). çerçevenin kestirimi veya (t-1). çerçeveden (t+1). çerçevenin kestirimi durumunda kestirim hatasının hem bütünsel hem de yerel eşikten küçük olması durumunda ani sahne geçişi kararı verilmez. Böylelikle tek çerçevelik görsel bozuklukların önerilen ani sahne geçişi algılama yönteminin başarımını düşürmesinin önüne geçilmektedir. Ancak bu doğrulama aşaması fazladan işlem yükü getirmektedir.

2.2.4. Deneysel sonuçlar

Tez kapsamında önerilen en iyi geçişi sağlayan çekirdeği kullanan yöntemin başarımı Sethi et al (1995) tarafından önerilen histogram bilgisini χ^2 testi ile değerlendiren yöntemle, Troung et al (2000) tarafından önerilen histogram farkı ölçütünü kullanan yöntemle, kenar bilgisini kullanan Zabih et al (1999) tarafından önerilen yöntemle, Vlachos (2000) tarafından önerilen faz korelasyonu temelli yöntemle ve son olarak Osian and Gool (2004) tarafından önerilen hareket temelli yöntemle karşılaştırılmıştır.

Bu yöntemlerden histogram temelli çalışanlar renkli filmler için yüksek başarımlar sağlayan histogram temelli yaklaşımların siyah beyaz arşiv filmlerinde nasıl bir başarımlar göstereceğini incelemek için seçilmiştir. Zabih et al (1999) ve Osian and Gool (2004) tarafından seçilen yöntemler ise önerilen yöntemin özellik ve hareket temelli yöntemler ile karşılaştırılabilmesi için seçilmiştir. Özellikle Osian and Gool (2004) tarafından önerilen yöntemin görsel bozukluklar içermeyen filmler için %98 civarı ani sahne geçişi algılama başarımını sağladığı göz önüne alındığında karşılaştırmada gerçekten yüksek performanslı yöntemler kullandığı görülecektir. Vlachos (2000) tarafından önerilen yöntem ise bu tez çalışmasında geliştirilen diğer bir yaklaşım olan faz korelasyonu temelli yöntemin başarımını değerlendirmek için özellikle seçilmiştir.

Karşılaştırma için her türlü görsel bozukluğu içeren ve aşırı yerel ve bütünsel hareket barındıran MPEG-2 formatındaki 10 adet arşiv filmi seçilmiştir. Bu filmler hakkındaki detaylı bilgi Tablo 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2. 1. Deneyleerde kullanılan arşiv filmlerinin detayları

Kısa Adı	Ani Sahne Geçiş Sayısı	Filmin Tam Adı ve Çekim Yılı	Kaynağı
Alaska	74	Alaska's Silver Millions (Part I) (1936)	Prelinger Archives
Allinone	36	All in One (1938)	The Open Video Project
Allusa	68	All-American Soap Box Derby (1934)	The Open Video Project
Arteries	91	Arteries of New York City (1941)	The Open Video Project
Askme	206	Ask Me, Don't Tell Me (1961)	Prelinger Archives
Birthoft	302	Birth of the B-29 (1945)	The Open Video Project
Here	28	Here's Looking (1939)	Prelinger Archives
Mount	11	Mount Tamalpais Gravity Railroad (1917)	The Open Video Project
Panama	86	Panama-Pacific International Exposition (1940)	The Open Video Project
Social	107	Social Class in America (1957)	Prelinger Archives

Ani sahne geçişi yöntemlerinin başarımını değerlendirmek için genellikle kullanılan iki metrik kesinlik ve hatırlamadır. Kesinlik (Ke) ve Hatırlama (Ha) oranları (2.5)'de verilen şekilde hesaplanmaktadır (Saez et al 2003).

$$Ha = \frac{D}{D + K} \text{ ve } Ke = \frac{D}{D + Y} \quad (2.5)$$

Bu eşitlikte D, toplam doğru yakalanan sahne geçişi sayısını; K, toplam kaçırılan (yakalanamayan) sahne geçişi sayısını; Y ise toplam yanlış yakalanan sahne geçişi sayısını göstermektedir. Kesinlik ve hatırlama oranları genellikle ters ilişkilidir. Yani algılama parametrelerinden birisinin değişimi ile bu metriklerden birinin değerini artıyorsa genel olarak diğerinin değeri azalır.

F1 adı verilen diğer bir metrik ise (2.6)'da verilen şekilde tanımlanmaktadır (Qi et al 2003).

$$F1 = \frac{2 \times Ke \times Ha}{Ke + Ha} \quad (2.6)$$

Önerilen yöntem için eşikleme kullanılacak parametreler en yüksek başarıyı sağlayacak şekilde deneysel olarak $E_B=10$, $N=11$, $\alpha=2.25$ şeklinde belirlenmiştir.

Truong et al (2000) tarafından önerilen yöntemde literatür özetinden bahsedilen histogram farkı (2.7)'de verilen şekilde hesaplanmaktadır.

$$HF(t) = \sum_i |H_t[i] - H_{t+1}[i]| \quad (2.7)$$

Burada H_t ve H_{t+1} sırasıyla t . ve $(t+1)$. imge çerçevelerinin histogramlarını gösterirken, i bit derinliği ile belirlenen ışıklılık seviyesi sayısıdır. Bu yöntemde yerel bir eşikleme yaklaşımı kullanılmıştır. Kullanılan eşik (2.8)'de verilen şekilde hesaplanmaktadır.

$$E_y(t) = \frac{HF(t) + c}{\sum_{n=t-w, t \neq n}^{t+w} HF(n) + c} \quad (2.8)$$

$$\alpha \times \frac{2 \times ws}{2 \times ws}$$

Deneyleerde c parametresi ve pencere boyutu (ws) çalışmada belirtildiği gibi sırasıyla 0.8 ve 5 alınmıştır. Ancak ölçekleme parametresinin (α) değeri çalışmada 1.2 olarak belirtilmesine en iyi sonucu elde etmek için (kesinlik ve hatırlamanın birbirine en yakın olduğu noktayı) bu parametrenin olası bütün değerleri deneyerek 4 değerinin en iyi sonucu verdiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla deneylerde bu değer kullanılmıştır.

Sethi et al (1995) tarafından önerilen yöntemde çeşitli metrikler kullanılmasına rağmen χ^2 metriğinin daha yüksek başarımlar sağlaması nedeniyle deneylerde bu metrik kullanılmıştır. χ^2 metriği (2.9)'da verilen şekilde hesaplanmaktadır.

$$\chi^2(t) = \sum_i \frac{(H_t[i] - H_{t+1}[i])^2}{(H_t[i] + H_{t+1}[i])^2} \quad (2.9)$$

Çalışmada herhangi bir eşikleme yaklaşımı belirtilmediğinden ve yöntem yapısal olarak Troung et al (2000) tarafından önerilen yöntemle benzediğinden, bu yöntem için de Troung et al (2000) tarafından önerilen yerel eşikleme tekniği kullanılmıştır. Ancak en iyi sonucu elde etmek için ölçekleme çarpanının (α) değeri bu kez 5 olarak seçilmiştir.

Zabih et al (1999) tarafından önerilen literatür özetinden değinildiği gibi temel ölçüt olarak kenar değişim oranı kullanılmıştır. Bu ölçüt giren ve çıkan kenar oranlarından değeri büyük olanı olarak seçilmiştir. Giren ve çıkan kenar oranları (2.10)'da verilen şekilde hesaplanmaktadır.

$$\rho_{\text{giren}}(t) = 1 - \frac{\sum_{i,j} \bar{K}_t(i+dx, j+dy) K_{t+1}(i, j)}{\sum_{i,j} K_t(i+dx, j+dy)} \quad (2.10)$$

$$\rho_{\text{çıkan}} = 1 - \frac{\sum_{i,j} K_t(i+dx, j+dy) \bar{K}_{t+1}(i, j)}{\sum_{i,j} K_t(i, j)}$$

Bu eşitlikte K_t ve K_{t+1} sırasıyla t . ve $(t+1)$. çerçevelerden Canny kenar algılayıcı ile elde edilen kenar imgelerini gösterirken, (dx, dy) Census dönüşümü ile kestirilen t . ve $(t+1)$. çerçeveler arasındaki yerel hareketi göstermektedir. \bar{K}_t ve \bar{K}_{t+1} ise K_t ve K_{t+1} kenar imgelerinin ikili yayma (binary dilation) işlemi sonrası elde edilmiş halidir.

Bu yöntemde bütünsel bir eşikleme yaklaşımı kullanılmıştır. Yöntemde bütünsel eşikğin yanı sıra ani sahne geçişi adayı çerçevenin belirlenen bir pencere aralığı boyunca en yüksek kenar değişim oranına sahip olması şartı bulunmaktadır. En iyi başarıyı sağlamak üzere bu değerler sırasıyla 0.16 ve 11 olarak belirlenmiştir.

Vlachos (2000) tarafından önerilen yöntemde daha önce bahsedildiği gibi örtüşen blokların faz korelasyonu değerlendirilmektedir. Uygulamada 256×256 piksellik bloklar 32 piksellik örtüşme ile kullanılmıştır. Bu yöntemde önerilen algılayıcı çıkışı ise (2.11)'de verilen şekilde hesaplanmaktadır.

$$R_{(t,t+1)} = 1 + \gamma \sum_{i=1}^n \log P_{(t,t+1)}^{(i)} \quad (2.11)$$

Bu eşitlikte n , toplam blok sayısını; $P_{(t,t+1)}^{(i)}$, i . blok için t . ve $(t+1)$. çerçeveler arasındaki faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerini; γ ise algılayıcı çıkışını $[0,1]$ aralığına ölçeklemek için kullanılan ölçekleme çarpanını göstermektedir.

Bu yöntem için bir eşikleme tekniği önerilmemiştir. Bu nedenle bu yöntem için Bölüm 2.3.5.1'de anlatılan çift aşamalı eşikleme yaklaşımı en iyi sonucu verecek şekilde uygulanmıştır. Bu durumda bu yöntem için ilgili parametreler; $E_B = 0.18$, $w_s = 3$, $\alpha = 0.5$ ve $\beta = 0.3$ olarak bulunmuştur.

Osian and Gool (2004) tarafından önerilen yöntem kendi yerel eşikleme yöntemine ve parametrelerine sahip olduğu için herhangi bir değişiklik yapılmadan aynen kullanılmıştır.

Tablo 2.2'de bahsedilen yöntemlerin ani sahne geçiş algılama başarımları gösterilmektedir. Sonuçlardan açıkça görüldüğü gibi önerilen en iyi geçişi sağlayan çekirdeğin bulunması yaklaşımını kullanan yöntem karşılaştırılan bütün yöntemlerden açıkça daha yüksek başarımlar sağlamaktadır. Osian and Gool (2004) tarafından önerilen yöntem bu çalışmada önerilen çekirdek temelli yöntemi hatırlama oranı bakımından geçiyor görünse de önerilen yöntemin ilgili eşiklerinin kesinlik ve hatırlama bakımından optimum performans vermek için ayarlandığı unutulmamalıdır. Yani ilgili eşikler çekirdek temelli yöntemin hatırlama oranının Osian and Gool (2004) tarafından önerilen yöntemle benzer olmasını sağlayacak şekilde ayarlanması durumunda, kesinlik oranı bakımından önerilen yöntem daha iyi sonuç verebilir.

Tablo 2. 2. Arşiv filmleri için en iyilenmiş eşiklerle karşılaştırılan yöntemlerin başarımları

Arşiv Filmleri	Yöntem	Sethi et al (1995)	Truong et al (2000)	Zabih et al (1999)	Vlachos (2000)	Osian and Gool (2004)	En iyi geçişi sağlayan çekirdek
	Eşik	Yerel	Yerel	Bütünsel	Çift	Yerel	Çift
Toplam (1009)	Doğru	804	868	855	768	974	939
	Kaçan	205	141	154	241	35	70
	Yanlış	369	235	161	229	200	67
	Kesinlik	68.54	78.69	84.15	77.03	82.96	93,34
	Hatırlama	79.68	86.03	84.74	76.12	96.53	93,06
	F1	73.69	82.20	84.44	76.57	89.23	93.20

Önerilen yöntem diğer yöntemlere nazaran daha iyi sonuç vermekle birlikte hala %7 civarında hatalı algılama yapmakta ve gerçek ani sahne geçişlerini kaçırmaktadır. Kaçırılan ani sahne geçişleri detaylı olarak incelendiğinde, esas nedenin ani sahne geçişi sırasındaki sahnelerin birbirine benzerliği olduğu gözlemlenmiştir. Önerilen yöntemde işlem yükünü azaltmak ve yerel/bütünsel hareketten daha az etkilenmek için 4 kat alt-örnekleme yapılmaktadır. Bu alt-örnekleme imge çerçeveleri arasındaki benzerliği artırarak sahne geçişlerinin kaçırılmasını kolaylaştırmaktadır. Diğer taraftan yanlış (fazladan) yakalanan çerçeveler incelendiğinde aşırı bütünsel ve yerel hareketin temel olarak sorun teşkil ettiği görülmüştür. Yani yapılan 4 kat alt-örnekleme bile bazı durumlarda iyi sonuç vermemektedir. Ayrıca imge çerçevelerindeki ışıklılık seviyelerinin ani değişmesi de yanlış algılamaya neden olan diğer bir etkidir.

Özetle önerilen en iyi geçişi sağlayan çekirdeğin bulunmasını temel alan ani sahne geçişi algılama yöntemi literatürdeki yöntemlerden daha iyi başarımlar sağlamakta ancak yapısı itibari ile başarımları %93 civarında sınırlı kalmaktadır.

2.3. Alt-Örneklenmiş İmgelerin Faz Korelasyonunu Kullanarak Ani Sahne Geçişini Tespiti

Bu tez çalışması kapsamında, arşiv filmlerindeki ani sahne geçişlerinin tespiti için geliştirilen diğer yöntemde temel olarak Vlachos (2000) tarafından önerilen faz

korelasyonu yaklaşımını kullanılmaktadır. Literatürdeki yöntemden farklı olarak faz korelasyonu hesabı öncesi imge çerçevelerinin alt-örneklenmesi, çift aşamalı bir eşikleme tekniği kullanılması ve çerçeve ortalama ve değışintilerinin takibi ile hatalı algılamaların önüne geçilmesi bu çalışmanın katkılarıdır. Ayrıca alt-örneklemenin faz korelasyonu üzerindeki etkisinin kuramsal alt yapısı oluşturularak, deneysel sonuçlar ile ortaya konulan kuram desteklenmiştir.

2.3.1. Faz korelasyonu ve özellikleri

Faz korelasyonu temel olarak iki imge çerçevesi arasındaki benzerliği bulmak için Fourier dönüşümünün özelliklerini kullanır. İki imge çerçevesinin faz korelasyonu aşağıdaki şekilde hesaplanır.

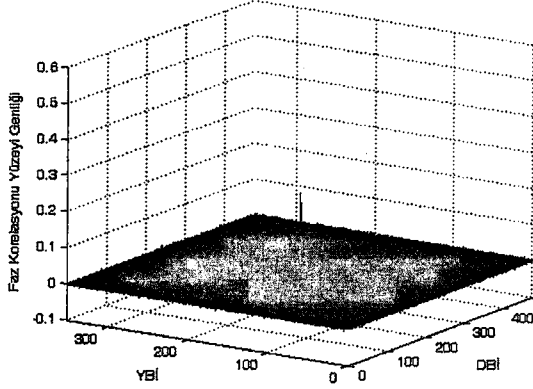
$$S_{(t,t+1)} = F^{-1} \left[\frac{F(I_t) \times F^*(I_{t+1})}{|F(I_t) \times F^*(I_{t+1})|} \right] \quad (2.12)$$

Bu eşitlikte I_t ve $I_{(t+1)}$ ardışık imge çerçevelerini gösterirken; F , iki boyutlu ayrık Fourier dönüşümünü (AFD) (discrete Fourier transform-DFT); F^{-1} , iki boyutlu ters ayrık Fourier dönüşümünü, * ise karmaşık eşleniği ifade etmektedir.

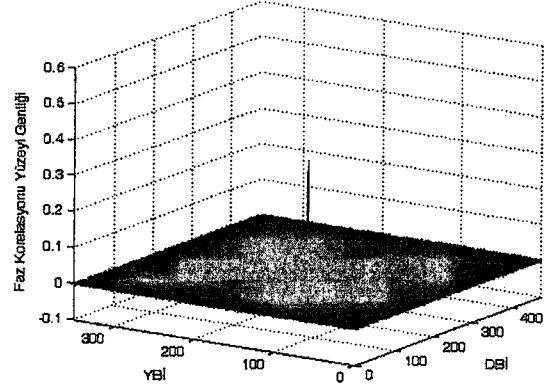
Şekil 2.7’de “Allusa” arşiv filminden altı ardışık imge çerçevesi ve bu imge çerçevelerinin faz korelasyonu yüzeyleri gösterilmektedir. Bu şekilde DBİ düşey blok indisini gösterirken, YBİ yatay blok indisini göstermektedir. Bu şekilden açıkça görüldüğü gibi farklı imgeler için faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri düşükken, benzer imge çerçeveleri için göreceli olarak daha yüksektir. Örnek verilen bu görüntü dizisi parçası için faz korelasyonu yüzeylerinin tepe değeri sırasıyla 0.22, 0.31, 0.01, 0.56 ve 0.50’dir. Bu değerlerden de görüldüğü gibi tam ani sahne geçişi anında faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri 0.01 gibi oldukça düşük bir seviyeye inmektedir. Vlachos (2000) tarafından önerilen yöntem korelasyon yüzeyinin tepe değerinin düşük olması durumunda çerçeveler arası bir ani sahne geçişi kararı verilebileceğini önermektedir.



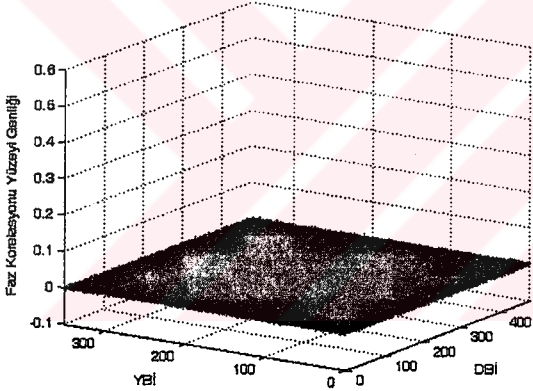
(a)



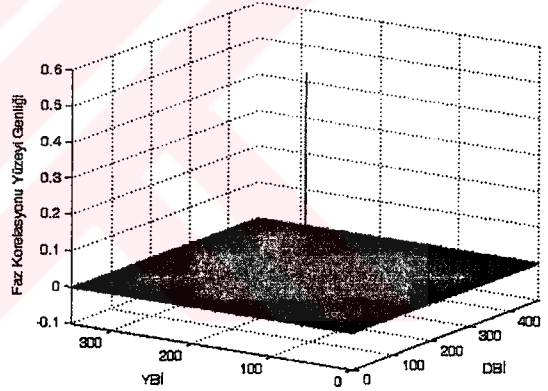
(b) "Allusa" #4846-4847



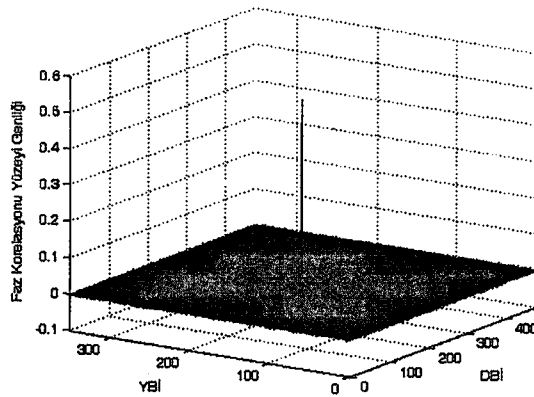
(c) "Allusa" #4847-4848



(d) "Allusa" #4848-4849



(e) "Allusa" #4849-4850



(f) "Allusa" #4850-4851

Şekil 2. 7. "Allusa" görüntü dizisinde 6 ardışık imge çerçevesi ve bu çerçevelere ilişkin faz korelasyonu yüzeyleri

I_{t+1} çerçevesi, temel olarak I_t çerçevesinin uzamsal olarak kaydırılmış hali olsun. Bu durumda I_{t+1} aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$I_{t+1}(x, y) = \alpha_k \times I_t(x - d_x, y - d_y) \quad (2.13)$$

Burada d_x ve d_y , yatay ve düşey yer değiştirmeleri gösterirken α_k karşılık farkını göstermektedir. $F_t(u, v)$, I_t 'nin iki boyutlu AFD'sini gösteriyorsa, I_{t+1} 'in AFD'si

$$F_{t+1}(u, v) = \alpha_k \times F_t(u, v) e^{-j(ud_x + vd_y)} \quad (2.14)$$

olmaktadır. Bu durumda faz korelasyonu yüzeyi aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$S_{(t,t+1)} = F^{-1} \left[\frac{F_t(u, v) \times F_{t+1}^*(u, v)}{F_t(u, v) \times F_{t+1}^*(u, v)} \right] = F^{-1} \left[e^{j(ud_x + vd_y)} \right] \quad (2.15)$$

$$S_{(t,t+1)} = \delta(x + d_x, y + d_y)$$

(2.15)'den açıkça görüldüğü gibi faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri iki imge çerçevesi arasındaki yer değişimine karşılık gelen konumda olacaktır. Faz korelasyonunun önemli bir özelliği ise ideal kamera öteleme hareketinden uzaklaşıldıkça performansın yavaş bir şekilde düşmesidir (Ertürk and Dennis 2000). Kamera öteleme (translation) hareketine yakın bütünsel hareket durumunda hala ayırt edilebilir tepe değerleri elde edilmektedir. Bu sayede, küçük miktardaki yakınlaştırma ve dönme etkileri ve hatta imge çerçevelerindeki nesne hareketleri karşılanabilmektedir. Bu gibi durumlarda tepe değerinin genliği genellikle düşmekte ve uzamsal olarak yayılmaktadır. Bununla birlikte çerçeveler arasında aşırı derecede yakınlaştırma, dönme ve yerel hareket durumunda faz korelasyonu yüzeyinde ayırt edilebilir tepe değerleri elde etmek mümkün olmayabilir. Bu nedenle doğrudan faz korelasyonu tepe değerine göre ani sahne geçişine karar vermek aşırı yakınlaştırma, dönme, gürültü ve yerel hareket durumlarında hatalı kararlara neden olabilir.

İdeal bir ani sahne geçişinde önceki ve sonraki sahne arasında bir benzerlik yoktur ve bunun doğal sonucu olarak aynı sahneye ait çerçeveler arası faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri yüksek, sahne geçişi anında biten sahneye ait çerçeve ile başlayan sahneye ait çerçeve arasında ise bu değer düşüktür (Bkz Şekil 2.7). Temel olarak bu noktadan yola çıkıp imge çerçeveleri arasındaki benzerliği faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerini kullanarak elde etmek ve ani sahne geçişini yakalamak mümkündür. Bununla birlikte gerçek video dizilerinde sahne geçişleri ideal değildir. Benzer arka plan, insanlar veya nesnelere gibi nedenlerden dolayı iki farklı sahne arasında benzerlikle olabilir. Dahası, sahne geçişini algılamayı zorlaştıracak şekilde iki farklı sahne benzer istatistiksel özellikler gösterebilir. Bununla beraber, aynı sahneye ait imge çerçeveleri arasındaki aşırı kamera/nesne hareketleri ve görsel bozukluklar, bu çerçeveler arasındaki benzerliği azaltarak hatalı sahne geçişi kararı verilmesine neden olabilir.

Faz korelasyonunun, basit uzamsal korelasyonun sadece daha az işlemsel karmaşıklıkla yapılmasını sağlayan bir eşi olmadığını gözden kaçırmamak gerekir. Foroosh et al (2002) tarafından yapılan çalışmada faz korelasyonunun, klasik uzamsal korelasyonla karşılaştırıldığında daha ayırt edici ve keskin tepe değerleri sağlayarak daha doğru sonuçlar verdiği gösterilmektedir. Dahası, faz korelasyonunun doğasında olan normalleştirme (normalization); onu, ışıklılık değişiklikleri, ortalama ışıklılık kayması, bulanıklık ve kalibrasyondan kaynaklanan sabit kazanç hataları gibi imgeyle ilişkili gürültü etkilerine karşı daha gürbüz bir hale getirmektedir. Dolayısıyla ani sahne geçişlerini algılama noktasında faz korelasyonu, uzamsal çapraz korelasyondan çok daha başarılıdır.

2.3.2. Alt-örneklelenmiş imgelerin faz korelasyonu

Bu çalışmada önerilen faz korelasyonu temelli yöntemin ilk aşaması alt-örneklelenmiş imge çerçevelerinin faz korelasyonudur. Deneysel sonuçlarla birlikte kuramsal analizlerle alt-örneklemenin gürültü, görsel bozukluklar ile kamera ve nesne hareketine karşı etkili olduğu gösterilmektedir. Yeo and Lui (1995) tarafından imge çerçevelerinin uzamsal alt-örneklemeinin bir yumuşatma etkisine sahip olduğu ve

dolayısıyla benzerliği algılamak için imge çerçevelerini daha uygun bir hale getirerek, nesne/kamera hareketleri ve görsel bozuklukların etkisini azaltmasının beklendiği ifade edilmektedir. Gerçekleştirilen uzamsal alt-örnekleme için komşu piksel değerlerinin ortalamasının kullanılması işlem yükünün düşük tutulabilmesi için tercih edilmiştir.

Alt-örneklemenin faz korelasyonu üzerindeki etkisi, faz korelasyonu yönteminin hareket kestiriminde alt-piksel doğruluk sağlayacak şekilde geliştirilmesi için önerilen bir yöntemde Foroosh et al (2002) tarafından formülize edilmiştir. Foroosh et al (2002) tarafından alt-örneklemiş imgelerin faz korelasyonunun 2-boyutlu (2-B) sinc fonksiyonuna çok yakın olarak alt-örneklemiş bir 2-B Dirichlet çekirdeğine benzediği gösterilmektedir. Bu nedenle alt-örneklemenin faz korelasyonunun tepe yüzeyinde bir yayılmaya yol açtığı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte önemli bir nokta, ana tepe değerinin alt-örnekleme miktarından bağımsız olup, değişmemesidir (Foroosh et al (2002)'deki eşitlik (18)'e bakınız). Bu nedenle imge çerçevelerinin uzamsal olarak alt-örnekleme miktarının en azından ideal koşullar altında yüzeyin ana tepe değerinde bir etkiye neden olmaması beklenmektedir.

İleriki alt bölümlerde uzamsal alt-örneklemenin, gürültü, görsel bozukluklar, kameranın yakınlaştırma/döndürme hareketi ve yerel nesne hareketlerine karşı dayanıklılık sağlayarak faz korelasyonu yüzeyinin ana tepe değeri üzerinde esasında pozitif bir etkiye neden olduğu gösterilmektedir. Alt-örneklemenin bir diğer faydası ise imge çerçevesinin boyutundaki önemli azalmadan dolayı Fourier dönüşümünün hesapsal yükündeki azalmadır.

Alt-örnekleme öncesi örtüşme-önler (anti-aliasing) süzgeç denenmiş, ancak faz korelasyonu sonuçlarının çok az etkilendiği ve bu küçük değişimlerin ani sahne geçişi kararına bir etkisi olmadığı gözlemlendiğinden işlem yükü getirmemesi açısından örtüşme-önler süzgeçleme kullanılmamıştır. Örtüşme-önler süzgecin kullanılmasının gereksizliği Foroosh et al (2002) tarafından da doğrulanmıştır.

Gürültü, kamera dönmesi/yakınlaştırması ve yerel nesne hareketinin (eşleşmeyen kısımların) Fourier dönüşümü üzerindeki etkileri literatürde bulunmaktadır. Dahası,

uzamsal alt-örneklemenin frekans uzayı karşılığı da iyi bilinmektedir. Faz korelasyonu için bu tür etkilerin, faz korelasyonu tepe değerinin konumunda yapacağı etki de bilinmektedir. Ancak, ani sahne geçişi algılama söz konusu olduğunda önemli olan faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerinin genliğidir ve bu nedenle tepe değerinin değişiminin incelenmesinde fayda bulunmaktadır.

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmada, yukarıda bahsedilen bozucu etkiler durumunda faz korelasyonunun tepe değerinde ne gibi bir değişimin meydana geldiği kuramsal olarak gösterilmekle birlikte, gerçekleştirilen birçok deney ile de ortaya konulan kuram doğrulanmaktadır.

2.3.2.1. Gürültü etkisi

Gürültünün faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri üzerindeki etkisini araştırmak için imge çerçevesinin toplamsal beyaz Gauss gürültüsünden (additive white Gaussian noise - AWGN) etkilendiği varsayalım. Bu durumda:

$$I_{t+1}(x, y) = I_t(x, y) + n(x, y) \quad (2.16)$$

olmaktadır. Bu eşitlikte $n(x, y)$, toplamsal beyaz Gauss gürültüsünü göstermektedir. Buradan yola çıkarak I_{t+1} 'in ayrık Fourier dönüşü:

$$\begin{aligned} F_{t+1}(u, v) &= F_t(u, v) + N(u, v) \\ F_{t+1}(u, v) &= G_t(u, v) + G_N(u, v) + j[H_t(u, v) + H_N(u, v)] \end{aligned} \quad (2.17)$$

olmaktadır. Burada $N(u, v)$, toplamsal beyaz Gauss gürültüsünün 2-B ayrık Fourier dönüşümünü gösterirken, $G(u, v)$ ve $H(u, v)$ sırasıyla Fourier dönüşümünün gerçek sanal kısımlarını göstermektedir. Saxton (1997)'ye benzer bir yaklaşımla imge piksellerinin bağımsız ve özdeş dağılımlı (independent and identically distributed - i.i.d) olduğu varsayıldığında, (M, N) boyutunda bir imge için gerçek ve sanal kısımların Fourier dönüşümleri:

$$G_t(u, v) = \operatorname{Re} \left\{ \sum_{x,y} I_t(x, y) e^{-j2\pi \left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N} \right)} \right\} \quad (2.18)$$

$$G_t(u, v) = \sum_{x,y} I_t(x, y) \cos \left[2\pi \left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N} \right) \right]$$

ve

$$H_t(u, v) = \operatorname{Im} \left\{ \sum_{x,y} I_t(x, y) e^{-j2\pi \left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N} \right)} \right\} \quad (2.19)$$

$$H_t(u, v) = -\sum_{x,y} I_t(x, y) \sin \left[2\pi \left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N} \right) \right]$$

şeklinde hesaplanır ($e^{-j\Omega n} = \cos \Omega n - j \sin \Omega n$). Merkezi limit teoreminin bir sonucu olarak $G_t(u, v)$ ve $H_t(u, v)$ Gauss (normal) dağılımlı olacaktır. $I_t(x, y)$ 'nin sıfır ortalamalı (dikkat edilirse ortalama değerinin imgeden çıkarılması faz korelasyonu işlemini etkilemeyecektir) ve $\operatorname{var} \{I_t(x, y)\} = E[I_t^2(x, y)] - E[I_t(x, y)]^2 = E[I_t^2(x, y)] = \sigma_I^2$ değişintili olması durumunda (burada $E[]$ beklendik değeri göstermektedir), (2.18) ve (2.19)'in doğrudan sonucu olarak $G_t(u, v)$ ve $H_t(u, v)$ sıfır ortalamalı olacaktır. Dahası,

$$\begin{aligned}
\text{var}\{G_t(u, v)\} &= \text{var}\left\{\sum_{x,y} I_t(x, y) \cos\left[2\pi\left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N}\right)\right]\right\} \\
&= E\left\{\sum_{x,y} I_t^2(x, y) \cos^2\left[2\pi\left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N}\right)\right]\right\} \\
&= E\left\{\sum_{x,y} I_t^2(x, y) \frac{1}{2}\left(1 + \cos\left[4\pi\left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N}\right)\right]\right)\right\} \\
&= \sum_{x,y} E\left\{I_t^2(x, y) \frac{1}{2}\left(1 + \cos\left[4\pi\left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N}\right)\right]\right)\right\} \\
&= \sum_{x,y} E\left\{\frac{1}{2} I_t^2(x, y)\right\} + \sum_{x,y} E\left\{\frac{1}{2} I_t^2(x, y) \cos\left[4\pi\left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N}\right)\right]\right\} \\
&= \frac{1}{2} \sum_{x,y} E\{I_t^2(x, y)\} + 0 = \frac{1}{2} MN\sigma_t^2
\end{aligned} \tag{2.20}$$

yazılabilir ve benzer bir türetme $H_t(u, v)$ için de gerçekleştirilebilir. Bu nedenle $G_t(u, v)$ ve $H_t(u, v)$, $\frac{1}{2} MN\sigma_t^2$ 'ye eşit olan bir değişintiye sahip olacaktır. Bu eşitlikteki ikinci terim kosinüsün zamansal ortalaması sıfır olduğu için sıfır değerini almaktadır.

Eğer $n(x, y)$, sıfır ortalama ve $\text{var}\{n(x, y)\} = \sigma_n^2$ 'ye eşit bir değişintiye sahipse merkezi limit teoreminin bir sonucu olarak $G_N(u, v)$ ve $H_N(u, v)$ de sıfır ortalama ve $\frac{1}{2} MN\sigma_n^2$ değişinti ile Gauss dağılımlı olacaktır. Çünkü gürültü tanım itibariyle bağımsız ve özdeş dağılımlıdır (i.i.d.).

Faz korelasyonu yüzeyi:

$$\begin{aligned}
S_{(t,t+1)}(x, y) &= F^{-1}\left[\frac{F_t(u, v) \times F_{t+1}^*(u, v)}{|F_t(u, v) \times F_{t+1}^*(u, v)|}\right] \\
S_{(t,t+1)}(x, y) &= \frac{1}{MN} \sum_{u,v} \left[\frac{F_t(u, v) \times F_{t+1}^*(u, v)}{|F_t(u, v) \times F_{t+1}^*(u, v)|}\right] e^{j2\pi\left(\frac{xu}{M} + \frac{yv}{N}\right)}
\end{aligned} \tag{2.21}$$

şeklinde ifade edilebilir. İmge çerçeveleri arası bütünsel yer değiştirme olmaması durumunda yüzeyin tepe değeri $(x, y) = (0, 0)$ noktasında olup, bu noktadaki faz korelasyonu değeri:

$$\begin{aligned}
S_{(t,t+1)}(0,0) &= \frac{1}{MN} \sum_{u,v} \left[\frac{F_t(u,v)F_{t+1}^*(u,v)}{|F_t(u,v)F_{t+1}^*(u,v)|} \right] \\
&= \frac{1}{MN} \sum_{u,v} \left[\frac{|F_t(u,v)|^2 + F_t(u,v)N^*(u,v)}{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)|} \right] \\
&= \frac{1}{MN} \sum_{u,v} \left[\frac{|F_t(u,v)|}{|F_{t+1}(u,v)|} + \frac{F_t(u,v)N^*(u,v)}{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)|} \right] \\
&= E \left[\frac{|F_t(u,v)|}{|F_{t+1}(u,v)|} \right] + E \left[\frac{F_t(u,v)N^*(u,v)}{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)|} \right]
\end{aligned} \tag{2.22}$$

şeklinde bulunur.

Kısmi Taylor serisi yaklaşımı kullanılarak, X ve Y rasgele değişkenlerinin oranının beklendik değeri yaklaşık olarak aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Bearzoti and Vencovsky 1998 ve Mood et al 1975):

$$E \left[\frac{X}{Y} \right] \approx \frac{\mu_X}{\mu_Y} \left[1 + \left(\frac{\sigma_Y}{\mu_Y} \right)^2 - \frac{\sigma_{XY}}{\mu_X \mu_Y} \right] \tag{2.23}$$

Burada μ ortalamayı, σ standart sapmayı ve σ_{XY} , X ve Y arasındaki kovaryansı (ortak değişintiyi) göstermektedir.

$F_t(u,v)$ ve $N(u,v)$ bağımsız ve $N(u,v)$ 'nin gerçek ve sanal kısımları sıfır ortalamalı olduğu için (2.22)'deki ikinci terim sıfır olacaktır. Bundan dolayı faz korelasyonunun tepe değeri aşağıdaki gibi bulunur.

$$S_{(t,t+1)}(0,0) = E \left[\frac{|F_t(u,v)|}{|F_{t+1}(u,v)|} \right] \tag{2.24}$$

$F_{t+1}(u, v)$ 'nin gerçek kısmı $G_{t+1}(u, v) = G_t(u, v) + G_N(u, v)$ olarak elde edilir. Eğer $G_t(u, v)$ ve $G_N(u, v)$ Gauss dağılımlı ise, $G_{t+1}(u, v)$ de sıfır ortama ve $\frac{1}{2}MN\sigma_t^2$ değişinti ile Gauss dağılımlı olacaktır. Bu, aynı zamanda $F_{t+1}(u, v)$ 'nin sanal kısmı için de geçerlidir.

Gerçek ve sanal kısımları Gauss dağılımlı ve aynı ortalama ve değişintiye sahip olduğu için $|F_t(u, v)|$ ve $|F_{t+1}(u, v)|$ Rayleigh dağılımlı olacaktır. Bu nedenle;

$$\begin{aligned} E[|F_t(u, v)|] &= \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2}} = \sigma_t \sqrt{\frac{1}{2}MN} \sqrt{\frac{\pi}{2}} = \frac{\sigma_t}{2} \sqrt{\pi MN} \\ \text{var}[|F_t(u, v)|] &= \frac{4-\pi}{2} \sigma^2 = 0.429 \frac{1}{2} MN \sigma_t^2 = 0.2145 MN \sigma_t^2 \end{aligned} \quad (2.25)$$

ve benzer şekilde,

$$\begin{aligned} E[|F_{t+1}(u, v)|] &= \frac{\sqrt{(\sigma_t^2 + \sigma_n^2)}}{2} \sqrt{\pi MN} \\ \text{var}[|F_{t+1}(u, v)|] &= 0.2145 MN (\sigma_t^2 + \sigma_n^2) \end{aligned} \quad (2.26)$$

elde edilmektedir. Bu noktada (2.23) kullanılarak faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$\begin{aligned} S_{(t,t+1)}(0, 0) &\approx \frac{\mu_{|F_t(u,v)|}}{\mu_{|F_{t+1}(u,v)|}} \left[1 + \left(\frac{\sigma_{|F_{t+1}(u,v)|}}{\mu_{|F_{t+1}(u,v)|}} \right)^2 - \frac{\sigma_{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)|}}{\mu_{|F_t(u,v)|} \mu_{|F_{t+1}(u,v)|}} \right] \\ &= \frac{\sigma_t}{\sqrt{(\sigma_t^2 + \sigma_n^2)}} \left\{ 1 + \frac{0.2145 MN (\sigma_t^2 + \sigma_n^2)}{\frac{\pi}{4} MN (\sigma_t^2 + \sigma_n^2)} - \frac{\sigma_{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)|}}{\frac{\pi}{4} MN \sigma_t \sqrt{(\sigma_t^2 + \sigma_n^2)}} \right\} \\ &= \frac{\sigma_t}{\sqrt{(\sigma_t^2 + \sigma_n^2)}} \left\{ 1.273 - \frac{4\sigma_{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)|}}{\pi MN \sigma_t \sqrt{(\sigma_t^2 + \sigma_n^2)}} \right\} \end{aligned} \quad (2.27)$$

Kovaryans $\sigma_{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)}$

$$\begin{aligned}\sigma_{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)} &= E\left[|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)\right] - \mu_{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)} \\ &= E\left[|F_t(u,v)||F_t(u,v) + N(u,v)\right] - \mu_{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)}\end{aligned}\quad (2.28)$$

olduğundan,

$$E\left[|F_t(u,v)||F_t(u,v) + N(u,v)\right] \leq E\left[|F_t(u,v)|(|F_t(u,v)| + |N(u,v)|)\right] \quad (2.29)$$

ve

$$\begin{aligned}& E\left[|F_t(u,v)|(|F_t(u,v)| + |N(u,v)|)\right] \\ &= E\left[|F_t(u,v)|^2 + |F_t(u,v)||N(u,v)|\right] \\ &= E\left[|F_t(u,v)|^2\right] + E\left[|F_t(u,v)||N(u,v)|\right] \\ &= \left(E^2\left[|F_t(u,v)|\right] + \text{var}\left[|F_t(u,v)|\right]\right) + E\left[|F_t(u,v)|\right] E\left[|N(u,v)|\right] \\ &= \frac{\sigma_l^2}{4} \pi MN + 0.2145 MN \sigma_l^2 + \frac{\sigma_l}{2} \sqrt{\pi MN} \frac{\sigma_n}{2} \sqrt{\pi MN} \\ &= \frac{\sigma_l^2}{4} \pi MN + 0.2145 MN \sigma_l^2 + \frac{\sigma_l \sigma_n}{4} \pi MN\end{aligned}\quad (2.30)$$

olduğu için en kötü koşulda kovaryans aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$$\begin{aligned}\sigma_{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)|, \max} &= \frac{\sigma_l(\sigma_l + \sigma_n)}{4} \pi MN + 0.2145 MN \sigma_l^2 - \mu_{|F_t(u,v)||F_{t+1}(u,v)} \\ &= \frac{\sigma_l(\sigma_l + \sigma_n)}{4} \pi MN + 0.2145 MN \sigma_l^2 - \frac{\sigma_l \sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}}{4} \pi MN\end{aligned}\quad (2.31)$$

ve bu durumda faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\begin{aligned}
S_{(k,k+1)}(0,0) &\approx \frac{\sigma_l}{\sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}} \left\{ 1.273 - \frac{4}{\pi MN \sigma_l \sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}} \left(\begin{array}{l} \frac{\sigma_l (\sigma_l + \sigma_n)}{4} \pi MN \\ + 0.2145 MN \sigma_l^2 \\ - \frac{\sigma_l \sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}}{4} \pi MN \end{array} \right) \right\} \\
&= \frac{\sigma_l}{\sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}} \left\{ 1.273 - \frac{1}{\pi MN \sigma_l \sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}} \left(\begin{array}{l} \sigma_l (\sigma_l + \sigma_n) \pi MN \\ + 0.858 MN \sigma_l^2 \\ - \sigma_l \sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)} \pi MN \end{array} \right) \right\} \\
&= \frac{\sigma_l}{\sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}} \left\{ 2.273 - \frac{1}{\sigma_l \sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}} (\sigma_l (\sigma_l + \sigma_n) + 0.273 \sigma_l^2) \right\} \\
&= \frac{\sigma_l}{\sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}} \left\{ 2.273 - \frac{((\sigma_l + \sigma_n) + 0.273 \sigma_l)}{\sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}} \right\} \\
&= \frac{\sigma_l}{\sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}} \left\{ 2.273 - \frac{(1.273 \sigma_l + \sigma_n)}{\sqrt{(\sigma_l^2 + \sigma_n^2)}} \right\}
\end{aligned} \tag{2.32}$$

Bu ifade aşağıdaki şekilde de yazılabilir:

$$\begin{aligned}
S_{(l,l+1)}(0,0) &\approx \frac{\sigma_l}{\sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_n^2}} \left\{ 2.273 - \left[\frac{0.273 \sigma_l}{\sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_n^2}} + \frac{\sigma_l + \sigma_n}{\sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_n^2}} \right] \right\} \\
&= \frac{\sigma_l}{\sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_n^2}} \left\{ 2.273 - \frac{0.273 \sigma_l}{\sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_n^2}} - \sqrt{\frac{(\sigma_l + \sigma_n)^2}{\sigma_l^2 + \sigma_n^2}} \right\} \\
&= \frac{\sigma_l}{\sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_n^2}} \left\{ 2.273 - \frac{0.273 \sigma_l}{\sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_n^2}} - \sqrt{\frac{\sigma_l^2 + \sigma_n^2 + 2 \sigma_l \sigma_n}{\sigma_l^2 + \sigma_n^2}} \right\}
\end{aligned} \tag{2.33}$$

Bu eşikten görüldüğü gibi gürültünün değışintisi azaldıkça faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri azalacaktır. Sonuç olarak gürültünün standart sapmasındaki artma, faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeriinde bir düşüşe neden olurken, gürültünün standart sapmasındaki düşüş faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeriinde bir artışa neden olacaktır. $\sigma_n = 0$ için $S_{(k,k+1)}(0,0) = 1$ elde edilmesi de bu yaklaşımın doğru olduğunu göstermektedir.

Pratikte pikseller bağımsız ve özdeş dağılımlı (i.i.d.) değildir, hatta güçlü bir korelasyon gösterirler. Bu nedenle bir imgenin Fourier dönüşümünün gerçel ve sanal kısımlarını, genellikle ayrık kosinüs dönüşümü (Discrete Cosine Transform-DCT) ve ayrık dalgacık dönüşümünün (Discrete Wavelet Transform-DWT) katsayılarında yapıldığı gibi genelleştirilmiş Gauss yoğunluk fonksiyonları kullanarak modellemek daha uygundur. Fourier dönüşümünün genliği ise Rayleigh durumuna bir genelleştirme getiren Weibull dağılımı ile modellenebilir (Zhang and Boston 2005). Bununla birlikte bu modeller kullanıldığında, ölçekleme ve biçim parametreleri imge ve gürültü karakteristiklerine göre değişeceğinden genel bir çözüm elde edilemez. Bu nedenle gürültünün gücü ve faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri arasındaki ilişki ile ilgili genel bir fikir elde etmek için basit Gauss modeli tercih edilmiştir.

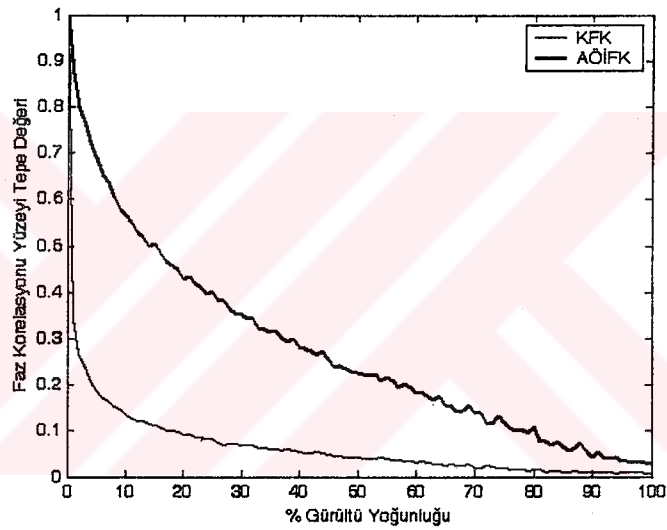
Gürültü gücünü (gürültü standart sapmasını) azaltmanın basit bir yolu işaretin ortalamasını almaktır. İki toplamsal beyaz Gauss gürültü bileşeni toplandığında, elde edilen gürültünün standart sapması $\sqrt{2}$ kat artarken, işaretin gücü iki katına çıkar. Bu nedenle işaret-gürültü oranının $2/\sqrt{2} = \sqrt{2}$ kat artması beklenir. Tek bir imge çerçevesi için gürültü gücünü azaltmak amacıyla uzamsal ortalama almak mümkündür. Çünkü, piksellerin bir miktar korelasyonu olduğu halde gürültü korelasyonsuzdur (ilişkisizdir). Komşu piksellerin ortalamasını almak, işaret gürültü oranını artırır ve dolayısıyla (2.32) ile ilişkili olarak faz korelasyonunun tepe değeri de artar.

Gürültü altında uzamsal alt-örneklemenin faz korelasyonu tepe değerinin genliğinde yaptığı etkiyi deneysel olarak incelemek için test imgesine yapay olarak Gauss ve tuz & biber gürültüleri eklenmiştir. Arşiv filmleri gibi düşük kaliteli video dizilerinde çoğunlukla gürültü etkisi bulunduğu ve gürültünün sahne geçişi yakalama performansına etkisi olduğundan bu konu araştırılmaktadır. Bu iki tür gürültü, arşiv filmlerinde karşılaşılan gürültü ve kir etkilerine karşılık gelmektedir.

Orijinal “Lena” imgesi ile çeşitli gürültü yoğunluklarında tuz&biber gürültüsü eklenmiş “Lena” imgesi arasında elde edilen faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri Şekil 2.8’de verilmektedir. Uzamsal alt-örneklemenin etkisini incelemek için orijinal

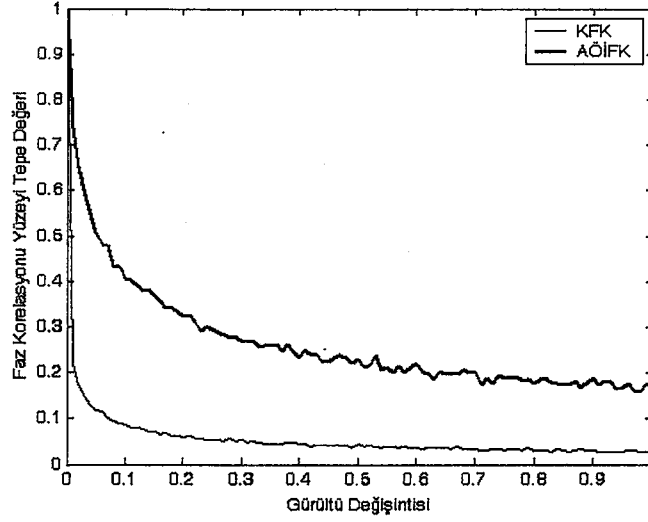
ve gürültülü imgeler dört kat alt-örneklemiş ve bundan sonra faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri elde edilmiştir.

Şekil 2.8’de yatay eksen, gürültü yoğunluğunu gösterirken, dikey eksen faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerini göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi tuz&biber gürültüsü eklenmesi durumunda alt-örneklemiş imgelerin faz korelasyonu (AÖİFK) yüzeyinin tepe değerleri yaklaşık olarak üç kaç yükselmiştir. Dikkat edilirse alt-örneklemenin kullanılmadığı klasik faz korelasyonu (KFK) durumunda, faz korelasyonu tepe değeri küçük gürültü yoğunlukları için aniden düşerken, uzamsal alt-örnekleme kullanıldığında bu düşüş daha yavaş gerçekleşmektedir.



Şekil 2. 8. Tuz&biber gürültüsü altında faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri

Orijinal “Lena” ve Gauss gürültüsü eklenmiş “Lena” imgeleri arasında elde edilen faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri ile alt-örneklenmiş “Lena” ve alt-örneklemiş gürültülü imgelerin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri Şekil 2.9’da verilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi Gauss gürültüsü durumunda uzamsal alt-örnekleme kullanılırsa faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri yaklaşık olarak beş kat artmaktadır. Yine alt-örnekleme kullanılmaması durumunda korelasyon yüzeyinin tepe değeri hızla düşerken, alt-örnekleme kullanılırsa düşüş daha yavaş gerçekleşmektedir.



Şekil 2. 9. Gauss gürültüsü altında faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri

Bu sonuçlar açıkça göstermektedir ki uzamsal alt-örnekleme, gürültülü imge dizileri için faz korelasyonu temelli ani sahne geçişini yakalama sürecine, gürültü etkisini önemli miktarda azalttığından önemli bir gürbüzlük katmaktadır. Bu özellik, gürültü ve görsel bozukluklarla sıkça karşılaşılan arşiv filmleri için önemli bir avantajdır.

2.3.2.2. Kırpışma etkisi

Kameranın bir ışık kaynağını çekmesi, bir flaş patlaması gibi uç ışıklandırma durumları veya arşiv filmlerinde sıklıkla karşılaşılan kırpışma etkisi yanlış ani sahne geçişi kararı verilmesine neden olabilir. İmge çerçeveleri arasında bir karşıtlık ve parlaklık değişimi olması durumunda:

$$I_{t+1}(x, y) = \alpha_k \times I_t(x, y) + \beta_k \quad (2.34)$$

olacaktır. Bu ifadenin Fourier dönüşümü ise

$$F_{t+1}(u, v) = \alpha_k \times F_t(u, v) + \beta_k \delta(0, 0) \quad (2.35)$$

olur. Bu durumda faz korelasyonu yüzeyi aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\begin{aligned}
S_{(t,t+1)} &= F^{-1} \left[\frac{F_t(u,v) \times F_{t+1}^*(u,v)}{|F_t(u,v) \times F_{t+1}^*(u,v)|} \right] \\
&= F^{-1} \left[\frac{F_t(u,v) \times (\alpha_k \times F_t^*(u,v) + \beta_k \delta(0,0))}{|F_t(u,v) \times (\alpha_k \times F_t^*(u,v) + \beta_k \delta(0,0))|} \right]
\end{aligned} \tag{2.36}$$

Bu nedenle;

$$\begin{aligned}
S_{(t,t+1)} &= F^{-1} \left[\frac{\alpha_k \times |F_t(u,v)|^2 + \beta_k F_t(u,v) \delta(0,0)}{|\alpha_k \times |F_t(u,v)|^2 + \beta_k F_t(u,v) \delta(0,0)|} \right] \\
&= F^{-1} \left[\frac{\alpha_k \times |F_t(u,v)|^2 + \beta_k F_t(0,0) \delta(0,0)}{|\alpha_k \times |F_t(u,v)|^2 + \beta_k F_t(0,0) \delta(0,0)|} \right] \\
&= F^{-1} \left[\frac{\alpha_k \times |F_t(u,v)|^2 + \beta_k' \delta(0,0)}{|\alpha_k \times |F_t(u,v)|^2 + \beta_k' \delta(0,0)|} \right] \\
&= F^{-1} [1] = \delta(0,0)
\end{aligned} \tag{2.37}$$

elde edilmektedir. Burada $\beta_k' = \beta_k F_t(0,0)$ kullanılarak sabit değişikliği yapılmıştır

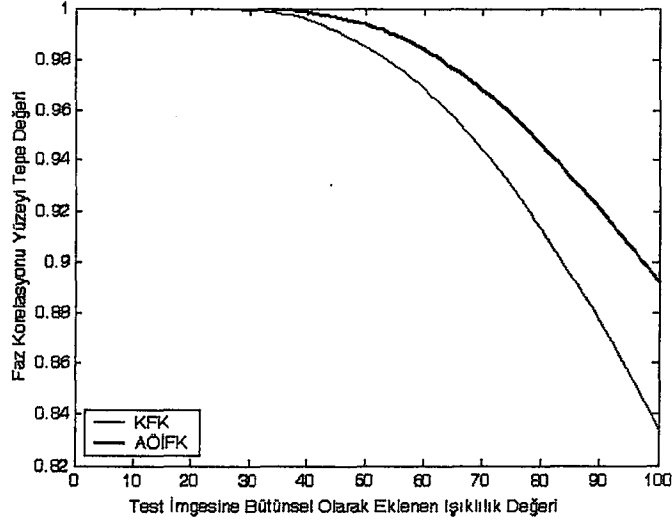
ve $|F_t(u,v)|^2$ zaten gerçek olduğundan

$$|\alpha_k \times |F_t(u,v)|^2 + \beta_k' \delta(0,0)| = \alpha_k \times |F_t(u,v)|^2 + \beta_k' \delta(0,0) \text{ 'dır.}$$

Karşıtlık ve parlaklık değişiklikleri ideal durumlarda faz korelasyonu süreci tarafından otomatik olarak ortadan kaldırılrsa bile pratikte bir kırpma (clipping) etkisi oluşmaktadır. Bu etki, ışıklılık değerlerinin bit-derinliği ile belirlenen en büyük değeri aşması durumunda ışıklılık değerlerinin bu en büyük değere eşitlenmesi sonucu oluşur.

Işıklılık değişimleri durumunda uzamsal alt-örneklemenin etkisini araştırmak üzere yapay bütünsel bir kırpma etkisi test imgesine uygulanmıştır. Orijinal ve bütünsel olarak kırpma eklenmiş (ışıklılık değerlerine ekleme yoluyla yaratılan) "Lena"

imgeleri ve alt-örnekleme sonrası faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri Şekil 2.10'da gösterilmektedir.



Şekil 2. 10. Işıklılık değişimi altında faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri

Bu şekilde, yatay eksen "Lena" imgesine bütünsel olarak eklenen ışıklılık değerini göstermektedir. Şekilden gözlendiği gibi alt-örnekleme, faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerini özellikle aşırı kırpışma durumunda bir miktar yükseltmiştir. Bu küçük kazanç, piksel seviyelerinin ortalama alma işleminden dolayı orta seviyede bir gri ton almasıyla açıklanabilir.

2.3.2.3. Kamera dönmesinin ve yakınlaştırmanın etkisi

İmge çerçeveleri arasında bir dönme olması durumunda;

$$I_{t+1}(x, y) = I_t(x \cos \phi + y \sin \phi, -x \sin \phi + y \cos \phi) \quad (2.38)$$

olacaktır. Bu ifadenin Fourier dönüşümü ise

$$F_{t+1}(u, v) = F_t(u \cos \phi + v \sin \phi, -u \sin \phi + v \cos \phi) \quad (2.39)$$

şeklinde aynı dönmeyi göstermektedir (Reddy and Chatterji 1996). Bu durumda faz korelasyonu yüzeyi aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$S_{(t,t+1)} = F^{-1} \left[\frac{F_t(u,v) \times F_{t+1}^*(u,v)}{F_t(u,v) \times F_{t+1}^*(u,v)} \right] = F^{-1} \left[e^{j\theta_t(u,v)} e^{-j\theta_t(u \cos \phi + v \sin \phi, -u \sin \phi + v \cos \phi)} \right] \quad (2.40)$$

burada $\theta_t(u,v)$ faz spektrumunu göstermektedir.

Bu durumda iki imge çerçevesi arasında bir yer değiştirme olmadığından yüzeyin tepe değeri $(x,y)=(0,0)$ 'da olacak ve faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri aşağıdaki şekilde elde edilecektir.

$$\begin{aligned} S_{(t,t+1)}(0,0) &= \frac{1}{MN} \sum_{u,v} \left[\frac{F_t(u,v) \times F_{t+1}^*(u,v)}{F_t(u,v) \times F_{t+1}^*(u,v)} \right] \\ &= E \left[e^{j\{\theta_t(u,v) - \theta_t(u \cos \phi + v \sin \phi, -u \sin \phi + v \cos \phi)\}} \right] \\ &= E \left[\cos \{ \theta_t(u,v) - \theta_t(u \cos \phi + v \sin \phi, -u \sin \phi + v \cos \phi) \} \right] \end{aligned} \quad (2.41)$$

Faz korelasyonu sonucu gerçek olduğundan, sanal kısmın göz ardı edilebileceğine dikkat edilmelidir. Küçük dönme açıları için, piksel değerleri orta değerlere yuvarlandığından rotasyonun etkisinin alt-örnekleme ile azalması beklenmektedir.

Benzer bir analiz ölçek değişiklikleri için de yapılabilir. I_{t+1} çerçevesi I_t 'nin (a,b) ölçek çarpanı ile yatay ve dikey olarak ölçeklenmiş hali olsun. Bu durumda I_{t+1} 'in Fourier dönüşümü:

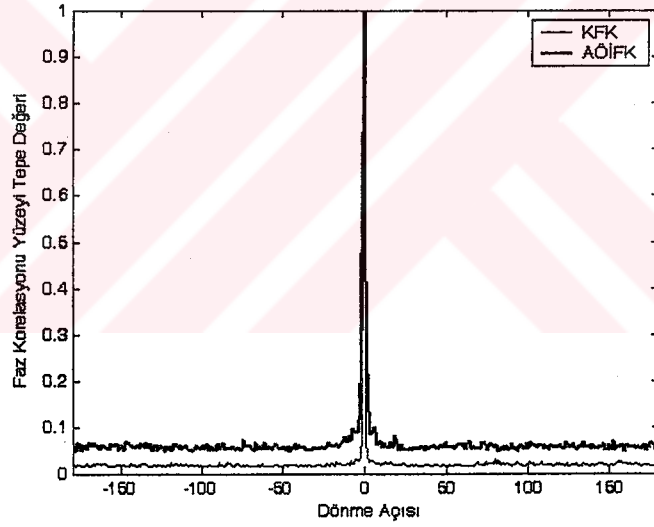
$$F_{t+1}(u,v) = \frac{1}{|ab|} F_t(u/a, v/b) \quad (2.42)$$

olarak elde edilir. Bu durumda faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri aşağıdaki gibidir.

$$S_{(t,t+1)}(0,0) = E \left[\cos \{ \theta_t(u,v) - \theta_t(u/a, v/b) \} \right] \quad (2.43)$$

Özellikle küçük miktardaki ölçek değişiklikleri için ölçek değişikliğinin etkisi piksel değerlerinin ortalaması alınarak orta değerlere çekilmesinden dolayı alt-örnekleme ile azaltılmaktadır.

Dönmenin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri üzerindeki etkisini araştırmak için test imgesi saat yönünde 1°'lik açılarla döndürülmüş, sonrasında 512x512 piksel boyutlu imgelerin 256x256'lık merkez kısmı dönme sonrası oluşan boş alanların etkisini gözardı edebilmek için kesilmiştir. “Lena” imgesi için dönme açısına göre faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri alt-örnekleme ve alt-örnekleme olarak Şekil 2.11’de verilmektedir.

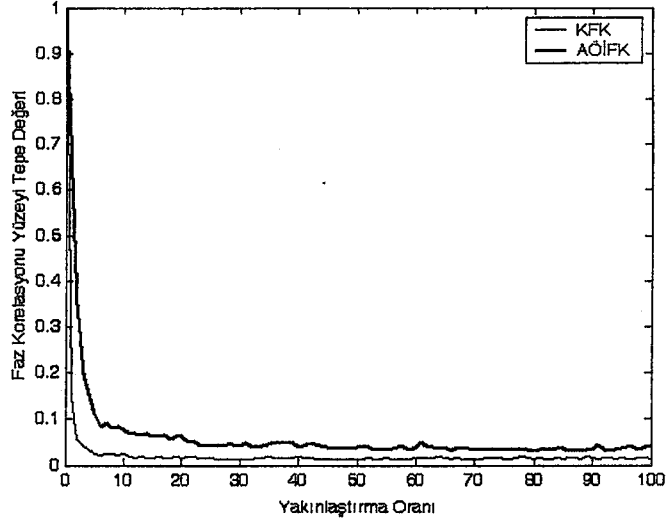


Şekil 2. 11. Kamera dönmesi durumunda faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri

Şekil 2.11 dikkatle incelenecek olursa, alt-örneklemiş imge çerçevelerinin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerinin üç kat daha yüksek olduğu ve alt-örnekleme özellikle küçük dönme açıları için faydalı olduğu görülecektir.

Yakınlaştırmanın faz korelasyonu işlemi üzerindeki etkisini incelemek üzere “Lena” imgesi %1’lik adımlarla %1’den %100’e çift-kübik (bicubic) aradeğerleme

kullanılarak yakınlştırılmıştır. Yakınlştırma oranına göre faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerinin değişimi şekil 2.12'de verilmektedir.



şekil 2. 12. Kamera yakınlştırma etkisi durumunda faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri

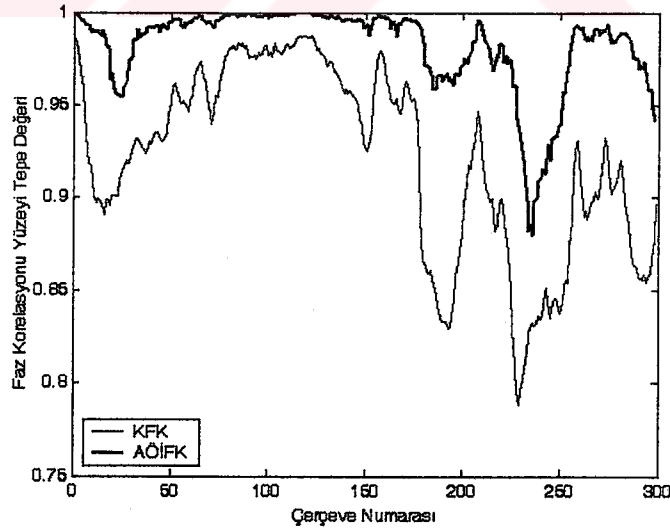
şekilden görüldüğü yzere alt-örneklenmiş imge çerçevelerinin tepe değerleri dört kat daha yüksektir. Özellikle düşük ölçek değişiklikleri için alt-örnekleme oldukça yararlıdır.

Bu sonuçlar alt-örneklemenin kamera dönmesi ve yakınlştırma durumunda faz korelasyonu temelli ani sahne geçişi algılama sürecinin dayanıklılığını arttırdığını açıkça göstermektedir. Bu noktada bütünsel hareket karşılamanın ani sahne değişimi sistemi ile birlikte kullanılabileceği düşünülebilir, ancak hareket kestirimi özellikle görsel bozukluklar içeren sahnelerde hatalı sonuçlar verebilmektedir. Bu nedenle hareket karşılamaya bağlı olmayan bir yöntem kullanılması daha avantajlıdır. Faz korelasyonu yapısı itibari ile kayma hareketlerini karşılarken, dönme/yakınlştırmada daha az etkilidir. Bu açıdan faz korelasyonu temelli ani sahne geçişi algılama yöntemi, yardımcı bir hareket karşılama yöntemine gerek kalmadan kabul edilebilir bir yaklaşım sağlamaktadır. Dahası uzamsal alt-örneklemenin avantajı ile video dizilerinde sık karşılaşılan global kamera hareketlerine, küçük miktardaki dönme ve ölçek değişirme durumlarına karşı gürbüzlüğü geliştirilmektedir.

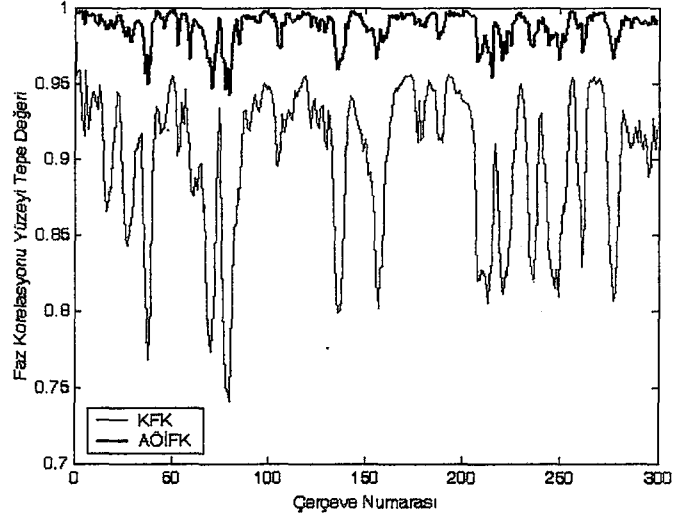
2.3.2.4. Yerel hareketin etkisi

Yerel hareket durumunda örtüşmeyen veya farklı yer değiştirme gösteren imge parçaları olacaktır. Bunun sonucu olarak faz korelasyonu yüzeyinde oluşan ikincil tepe değerleri, ana tepe değerinin genliğini düşürecektir. Foroosh et al (2002)'ye benzer olarak toplam işaret gücü, ana tepe değerine karşılık gelen örtüşen parçaların alanının karesel oranı, gürültü değışintisi ise örtüşmeyen imge parçalarının alanının karesel oranı olarak tanımlanabilir. Bu durumda, alt-örnekleme piksel değerlerinin ortalamasının alınmasına neden olduğundan örtüşmeyen bölgelerdeki etkinin azaltılması beklenmektedir.

Uzamsal alt-örneklemenin yerel hareket durumunda faz korelasyonu yüzeyindeki etkisini incelemek için "Weather" ve "Akiyo" test dizileri kullanılmıştır. Her iki görüntü dizisinde de kamera sabittir ve kamera gürültüsü gibi herhangi bir görsel bozukluk bulunmamaktadır. Bu nedenle bu iki video dizisi yerel hareketin faz korelasyonu işlemi üzerindeki etkisini incelemek için oldukça uygundur. Şekil 2.13 ve 2.14'de sırasıyla "Akiyo" ve "Weather" video dizileri için elde edilen faz korelasyonu yüzeyi tepe değerleri verilmektedir.



Şekil 2. 13. "Weather" video dizisindeki yerel hareke durumunda faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri

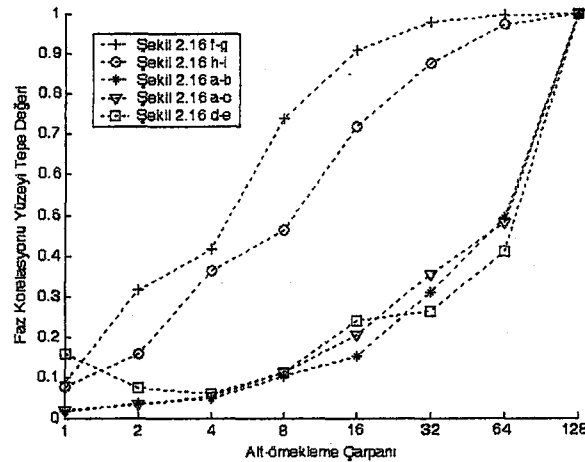


Şekil 2.14. “Akiyo” video dizisindeki yerel hareket durumunda faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri

Bu şekillerden görüldüğü gibi alt-örneklemiş imge çerçevelerinin faz korelasyonu (AÖİFK) yüzeyinin tepe değerleri daha yüksektir. Bu da uzamsal alt örneklemenin yerel harekete karşı gürbüzlük kazandırdığını açıkça göstermektedir.

2.3.2.5. Alt-örneklemenin birbirine benzemeyen imgeler üzerindeki etkisi

Alt-örnekleme, imge çerçevelerindeki yüksek frekans bileşenlerinin atılmasına neden olduğundan imgelerin birbirine daha fazla benzemesi ve bunun sonucu olarak faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerinin birbirine benzemeyen imgeler için de artması beklenmektedir.



Şekil 2.15. Benzer ve farklı imgeler için faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri

Bu nedenle faz korelasyonu işleminde bir kazanç sağlandığından emin olmak üzere birbirine benzemeyen imge çerçeveleri (farklı sahnelere ait çerçeveler) için de alt-örneklemenin etkisinin incelenmesi gerekmektedir. Bu etkiyi incelemek üzere Şekil 2.15’de benzer ve farklı imge çerçeveleri için faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri, alt-örnekleme miktarına bağlı olarak verilmektedir. Burada kullanılan imgeler Şekil 2.16’da gösterilmektedir.



(a) Cameraman



(b) Lena



(c) Barbara



(d) Futbol 1



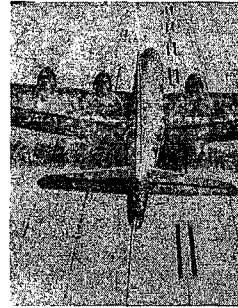
(e) Futbol 2



(f) Alaska #05130



(g) Alaska #05131



(h) Birthoft #25255



(i) Birthoft #25256

Şekil 2. 16. Şekil 2.15’de verilen sonuçları elde etmek için kullanılan imgeler

Şekil 2.15’de görüldüğü gibi benzer imgeler (aynı sahneye ait çerçeveler) için yapılacak iki veya dört katlık bir alt-örnekleme faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerinde önemli bir artışa neden olmaktadır. Bununla beraber farklı imge

çerçeveleri için faz korelasyonu tepe değerindeki artış daha sınırlıdır. Bu nedenle iki veya dört kat alt-örnekleme altında benzer ve farklı imge çerçevelerini birbirinden ayırt etmenin kolay olduğu söylenebilir. Dahası, futbol dizisinin sonuçlarına bakıldığında, küçük miktardaki alt-örneklemenin farklı sahnelere ait fakat içeriği benzer çerçeveler için faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerinde bir miktar düşüşe neden olduğu görülmektedir. Bu, ani sahne geçişlerinin algılanması açısından oldukça önemli bir avantajdır. İmge boyutlarının aşırı derecede düşürülmesi durumunda (limit durumda imgenin boyutu 1x1 piksel olmaktadır) faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri farklı imgeler için bile aşırı derecede yükselerek limit durumunda birim genliğe ulaşır.

Özetle, düşük miktardaki alt-örnekleme (iki veya dört kat) faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerini kullanarak benzer ve farklı imge çevrelerini birbirinden ayırmayı kolaylaştırmaktadır. Burada gözden kaçırılmaması gereken nokta bu alt örnekleme miktarının testlerde kullanılan 368x480 piksel boyutundaki MPEG-2 formatındaki arşiv görüntüleri ve 320x240 piksel boyutundaki MPEG-1 formatındaki MPEG-7 test kümesi görüntüleri için geçerli olduğudur. 1280x720 ve 1920x1080 piksel boyutundaki yüksek çözünürlük videolar (high definition video HDV) için bu test gerçekleştirilmiş ve sekiz veya on altı katlık bir alt örneklemenin bu tip videolar için uygun olduğu gözlemlenmiştir.

2.3.3. Ani sahne geçişlerini algılamak için çift aşamalı eşikleme

Literatürde sahne geçişi algılama için önerilen eşikleme yöntemleri bütünsel (global) eşikleme ve yerel (local) eşikleme olarak iki gruba ayrılabilir. Önerilen yöntemler genellikle bu eşikleme yöntemlerinden sadece birisini kullanmaktadır. Bölüm 2.3.5'de deneysel sonuçlarda gösterileceği gibi tek başına bütünsel eşikleme genellikle iyi sonuç vermemekte ancak aday ani sahne geçişlerinin tespitinde iyi bir ölçüt olabilmektedir. Diğer yandan yerel eşikleme ise karar metriğindeki yerel değişimleri dikkate alacağından etkin karar vermede önemli bir rol oynayacaktır. Bu nedenle, bu tez kapsamında önerilen ani sahne değişimi algılama yönteminde

bütünsel eşik ile bu eşiğe yardımcı olan bir yerel (ve doğal olarak uyarlamalı) eşikten oluşan çift aşamalı bir eşikleme kullanılmıştır.

Bir ani-sahne geçişine karar verebilmek için öncelikle faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerinin bütünsel eşiğin altına düşmesi gerekmektedir. Sonrasında $2w_s + 1$ boyutunda kayan bir pencere kullanılarak (aday çerçevenin değeri merkezde olacak şekilde) yerel bir eşik hesaplanmakta ve faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri bu eşiğin de altında ise ani sahne geçişi adayına karar verilmektedir. Kayan pencere, aday çerçevenin w_s çerçeve sağındaki ve w_s çerçeve solundaki faz korelasyonu yüzeylerinin tepe değerleri kullanılarak oluşturulmaktadır. Geliştirilen yöntemde ayrıca pencere boyutu (w_s) da uyarlamalı olarak belirlenmektedir. Faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri, bütünsel eşiğin β katı kadar altına düşerse pencere o noktada kesilmektedir. Kayan pencerenin sağ ve sol tarafındaki faz korelasyonu yüzeylerinin tepe değerlerinin ortalaması alınmakta ve bir ölçekleme çarpanı (α) kullanılarak yerel eşik elde edilmektedir. Aday çerçevenin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri, yerel eşiğin altında değilse ani sahne geçişi kararı verilmemektedir. Aksi durumda ani sahne geçişi adayı korunmakta ve hatalı algılamayı önleme aşamasına (düz tonlu sahneler için ortalama ve değişinti testi ile) gönderilmektedir. Komşu çerçevelerde faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri bütünsel eşiğin β katı kadar altında kaldığı takdirde kayan pencere boyutunun kesilmesi, faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerinin aşırı hareket gibi durumlarda çok düşük değerlerde kalması halinde hatalı ani sahne geçişi algılamamanın önüne geçilmesini sağlamaktadır. Bazı durumlarda aday çerçevenin her iki yanındaki tepe değerler kesim eşliğinden ($\beta \times TH_G$) küçük kalmakta ve sonuç olarak bir kayan pencere oluşturulamamakta ve yerel eşik hesaplanamamaktadır. Bu durumda hatalı algılamaların önüne geçilebilmesi için yerel eşik, 0.01 gibi düşük bir değere çekilmektedir.

Uyarlamalı yerel eşiğin hesaplanması (2.44)'de verilmektedir. Bu eşitlikte E_B , bütünsel eşiği; E_{Ysol} , yerel eşiğin sol kısmını; E_{Ysag} , yerel eşiğin sağ kısmını; E_Y , sonuç olarak hesaplanan uyarlamalı yerel eşiği; $p_{(t,t+1)}$, t ve $(t+1)$. çerçeveler için faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerini; β , kayan pencerenin ne zaman kesileceğini

belirleyen ölçekleme çarpanını ($0 < \beta < 1$); α , bir ani sahne geçişi kararı verilebilmesi için faz korelasyonu yüzeyindeki yerel düşme miktarını belirleyen ölçekleme çarpanını ($0 < \alpha < 1$) göstermektedir.

Eğer $p_{(t,t+1)} < E_B$ ise

$$\begin{aligned}
 E_{Y_{Sol}}(t) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_{t-i,t-i+1} \{j\} = (j \mid p_{t-j,t-j+1} < \beta E_B, j=1, \dots, ws), N = \begin{cases} ws & , \{j\} = \emptyset \text{ ise} \\ \min(j-1), \text{ diğ er} & \end{cases} \\
 E_{Y_{Sag}}(t) &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_{k+i,k+i+1} \{j\} = (j \mid p_{t+j,t+j+1} < \beta E_B, j=1, \dots, ws), N = \begin{cases} ws & , \{j\} = \emptyset \text{ ise} \\ \min(j-1), \text{ diğ er} & \end{cases} \quad (2.44) \\
 E_Y(t) &= \begin{cases} \alpha (E_{Y_{Sol}}(t) + E_{Y_{Sag}}(t)) / 2 & E_{Y_{Sol}} \neq 0 \text{ ve } E_{Y_{Sag}} \neq 0 \text{ ise} \\ \alpha E_{Y_{Sol}}(t) & E_{Y_{Sol}} \neq 0 \text{ ve } E_{Y_{Sag}} = 0 \text{ ise} \\ \alpha E_{Y_{Sag}}(t) & E_{Y_{Sol}} = 0 \text{ ve } E_{Y_{Sag}} \neq 0 \text{ ise} \\ 0.01 & E_{Y_{Sol}} = 0 \text{ ve } E_{Y_{Sag}} = 0 \text{ ise} \end{cases}
 \end{aligned}$$

Ek bir yerel eşik kullanıldığından, ani sahne geçişlerinin kaçırılmaması için bütünsel eşik, tek başına bütünsel eşik kullanıldığı durumdan biraz daha yüksek bir değ ere çekilebilir. Bütünsel eşik bir miktar yüksek kalsa bile, uyarlamalı yerel eşik hatalı algılamaların artmasına izin vermeyecektir. Yerel eşik hesaplanmasında kullanılacak en iyi parametreler deneysel olarak elde edilebilir. En iyi parametrelerin elde edilmesine Bölüm 2.3.5’de verilen deneysel sonuçlarda değ inilecektir.

2.3.4. Çerçeve ortalama ve değ işintisini izleyerek hatalı algılamaları engelleme

Bu çalışmada, faz korelasyonu temelli ani sahne geçişi algılamaya getirilen diğ er bir gelişme ise çerçeve ortalama ve değ işinti değ erlerini izleyerek dü z tonlu sahnelerde gürültü ve görsel bozuklukların yol açabileceğ i hatalı algılamaların önüne geçilmesidir.

Tez kapsamında yapılan deneylerde, faz korelasyonu temelli ani sahne geçişi algılama yönteminin, dü z tonlu sahnelerdeki gürültü ve görsel bozukluklardan çok fazla etkilendiğ i görülmüştür. Bahsedilen dü z tonlu sahneler özellikle kararmalı açılma (fade-in) ve kararmalı kapanma (fade-out) sahne geçişi efektlerinde görülmektedir. Bu durumlarda imge çerçevelerinde uzamsal detay olmadığı için faz

korelasyonu yöntemi gürültü ve görsel bozukluklara karşı oldukça duyarlıdır. (2.32)'yi kullanarak bu durumu açıklamak mümkündür. Eğer imgenin standart sapması çok düşükse (yani $\sigma_I \sim 0$) ve çerçeve gürültüden etkilenmişse (yani $\sigma_n \gg \sigma_I$) bu durumda $\sigma_I + \sigma_n \approx \sigma_n$ ve $\sigma_I^2 + \sigma_n^2 \approx \sigma_n^2$ olacaktır. Bu durumda faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri

$$S_{(k,k+1)}(0,0) \approx \frac{\sigma_I}{\sqrt{(\sigma_I^2 + \sigma_n^2)}} \left\{ 2.273 - \frac{(1.273\sigma_I + \sigma_n)}{\sqrt{(\sigma_I^2 + \sigma_n^2)}} \right\} \approx 0 \quad (2.45)$$

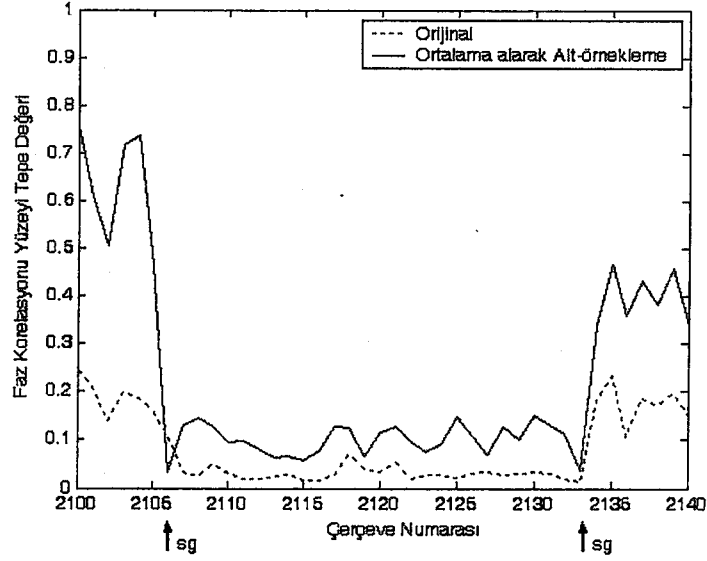
olacaktır. Bu nedenle faz korelasyonu temelli ani sahne geçişi algılama yaklaşımı çerçeve değişiminin çok düşük olması durumunda gürültü ile karşılaşırsa ani sahne geçişi kararı verecektir.

Bu tez kapsamında çerçeve ortalama ve değişimlerinin gözlenerek imge değişiminin oldukça düşük olduğu ve çerçeve ortalamasının çok az değişim gösterdiği durumlarda aday ani sahne geçişleri göz ardı edilmektedir. Diğer bir ifade ile oldukça düşük olan değişim, imge çerçevesinin tek tonlu olduğunu (çok az uzamsal detaya sahip olduğunu) doğrularken, çerçeve ortalama değerlerindeki küçük değişimler ise aynı düz tonlu sahnenin devam ettiğini göstermektedir. Bu adım sadece önerilen faz korelasyonu temelli ani sahne geçişi algılama yönteminin bir aday ani sahne geçişi belirlemesi durumunda çalıştırılmaktadır. Böylelikle, faz korelasyonu temelli ani sahne geçişi algılama yöntemine buluşsal (heuristic) bir hatalı algılamayı önleme işlemi eklenmiştir.

2.3.5. Deneysel sonuçlar

Ani sahne geçişlerini algılamak için bu tez kapsamında geliştirilen faz korelasyonu temelli yöntem, temel olarak imge çerçevelerinin alt-örneklemesine güvenmektedir. Şekil 2.10'da orijinal ve komşu piksel değerlerinin ortalaması alınarak elde edilen alt-örnekleme "Birthoft" dizisine ait imge çerçevelerinin faz korelasyonu yüzeylerinin tepe değerleri verilmektedir (dört kat alt-örnekleme yapılmıştır). Bu

Şekilde ayrıca ani sahne geçişlerinin olduğu çerçeve numaraları “sg” (sahne geçişi) ifadesi ile işaretlenmiştir.



Şekil 2. 17. Orijinal ve ortalama ile alt-örneklenmiş “Birthoff” dizisinin #2100-2150 arası çerçevelerinin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri

Şekilden görüldüğü gibi alt-örnekleme için kullanılan yöntem algılama sonucunu değiştirmemekte, fakat alt-örnekleme kullanılması durumunda benzer sahnelere ait imge çerçevelerinin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerleri açıkça yükselmektedir. Bu nedenle işlem yükü daha az olan komşu piksel değerlerinin ortalaması alınarak elde edilen alt-örneklenmiş imgelerin kullanılması uygun bulunmuştur.

2.3.5.1. Deneysel kurgu

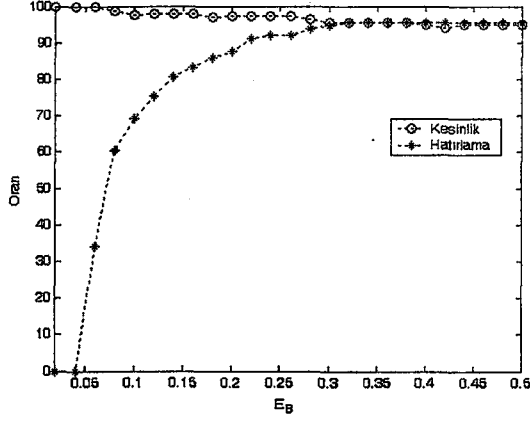
Bu tez kapsamında önerilen faz korelasyonu temelli yöntemin başarımı, en iyi geçişi sağlayan çekirdek yönteminde karşılaştırma amaçlı kullanılan bütün yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Bu kez parametre en iyilemesinin etkisini göstermek üzere Tablo 2.1’de verilen siyah beyaz arşiv filmlerinin yanı sıra MPEG-7 test dizilerinden lgerca_lisa_1.mpg (54 ani sahne geçişi) ve lgerca_lisa_2.mpg’den (60 ani sahne geçişi) oluşan ikinci bir test kümesi oluşturulmuştur. Bu test kümesindeki diziler bir el kamerası ile çekilmiş olup, herhangi bir görsel bozukluk içermemekte ancak

birbirine oldukça benzeyen birçok sahneler barındırmaktadır. Bu da ani sahne geçişini algılamayı zorlaştırmaktadır.

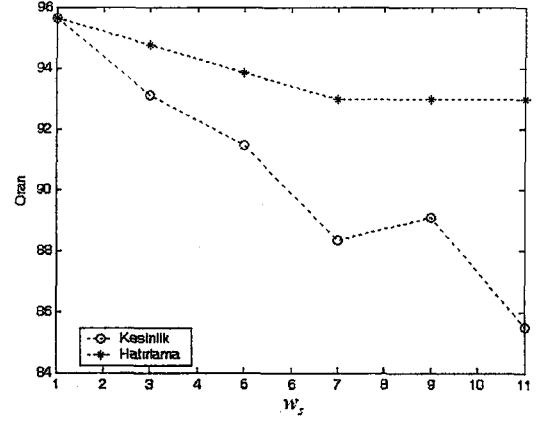
Önerilen AÖİFK yönteminde çift aşamalı eşiklemede kullanılacak optimum eşik parametrelerini tespit etmek için iki eşığın de bütün parametreleri (yani E_B , w_s , α , β) kabul edilebilir ortalama bir değere çekilmekte ve sonrasında diğer parametreler sabit tutulurken sırayla sadece bir parametre özyineli olarak ayarlanmaktadır. Hatırlama ve kesinlik oranları ters ilişkili olduğundan en iyi nokta, bu iki oranın birbirine en yakın olduğu yer olarak seçilmiştir. Bu şekilde arşiv filmlerinden oluşan test kümesi için en iyi parametreler $E_B = 0.15$, $w_s = 1$, $\alpha = 0.25$ ve $\beta = 0.5$ olarak elde edilmektedir. Bu parametreler, MPEG-7 test dizilerinden oluşan test kümesi için kesinlik oranında yüksek başarımlı sağlamasına rağmen, hatırlama oranı göreceli olarak düşüktür. Bunun nedeni ise benzer sahne içeriklerinden dolayı bu veri setindeki bazı ani sahne değişimlerinin kaçırılmasıdır.

Bu nedenle MPEG-7 test kümesi için en iyi parametreler yukarıda anlatılan şekilde tekrar elde edilmiştir. Bu durumda $E_B = 0.32$, $w_s = 1$, $\alpha = 0.45$ ve $\beta = 0.45$ olmaktadır. Bu kez MPEG-7 test kümesi için kaçırılan ani sahne geçişi sayısı azalırken, hatalı (fazladan) algılamalar artmaktadır. Şekil 2.18'de ikinci test kümesi için üç parametre daima bir önceki en iyi değerde tutulup, dördüncü parametre değiştirilerek hatırlama ve kesinlik oranlarına göre parametrelerin hassasiyeti değerlendirilmektedir. Bu şekilde görüldüğü gibi, parametrelerdeki küçük değişiklikler başarıma az miktarda etki etmektedir.

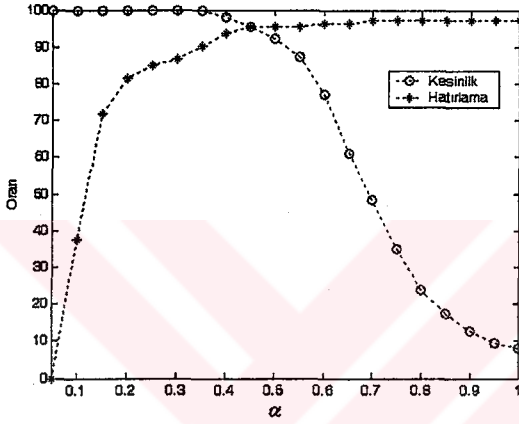
Deneysel sonuçları elde ederken kullanılan yöntemlerden biri doğrudan imge çerçevelerinin faz korelasyonu yüzeylerinin tepe değerlerinin değerlendirildiği klasik faz korelasyonu (KFK) yöntemidir. KFK yönteminde de önerilen çift aşamalı eşikleme kullanılmış ve arşiv filmlerinde en iyi sonucu verecek şekilde parametreler elde edilmiştir. Bu durumda $E_B = 0.02$, $w_s = 3$, $\alpha = 0.15$ ve $\beta = 0.7$ olmaktadır.



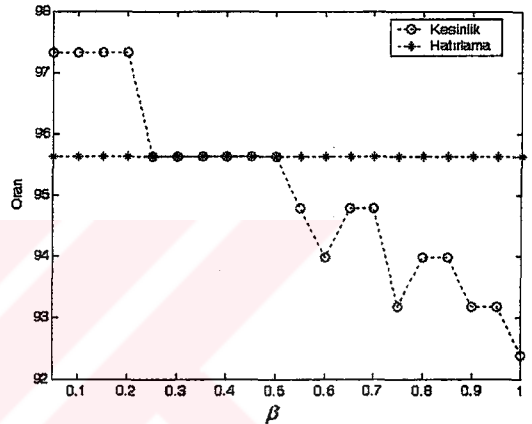
(a) Değişken bütünsel eşik (E_B)



(b) Değişken pencere boyutu



(c) Değişken α parametresi



(d) Değişken β parametresi

Şekil 2. 18. Önerilen yöntemin eşik parametrelerine duyarlılığı

Vlachos (2000) tarafından önerilen yöntemde de Bölüm 2.2.4'de bahsedildiği gibi çift aşamalı eşikleme kullanılmış ve parametreler en iyi başarıyı sağlayacak şekilde özyineli olarak belirlenmiştir. Bu durumda bu yöntem için ilgili parametreler; $E_B = 0.18$, $w_s = 3$, $\alpha = 0.5$ ve $\beta = 0.3$ olarak bulunmuştur.

Karşılaştırma amacı ile kullanılan diğer yöntemlere ilişkin detaylara Bölüm 2.2.4'de yer verildiği için burada yeniden ele alınmayacaktır.

2.3.5.2. Karşılaştırmalı başarımlı değerlendirilmesi

Test kümesi 1 ve 2 için elde edilen kesinlik, hatırlama ve F1 oranları Tablo 2.3 ve Tablo 2.4'de verilmektedir. Önerilen faz korelasyonu temelli yöntem için kullanılan

düz tonlu sahneler için hatalı algılamayı engelleme işlemi olası en adil karşılaştırmayı gerçekleştirebilmek için karşılaştırmada kullanılan Zabih et al (1999) ve Osian and Gool (2004) tarafından önerilen yöntemlerin dışındaki diğer yöntemler için de kullanılmıştır.

Tablo 2.3 arşiv filmleri için en iyilenmiş parametrelerle elde edilen başarıımı göstermektedir. Bu tablodan açıkça görüldüğü gibi önerilen alt-örneklemiş imgelerin faz korelasyonu (AÖİFK) temelli ani sahne geçişi algılama yöntemi diğer yöntemlerden daha iyi bir başarıım sağlamaktadır. Önerilen faz korelasyonu temelli yöntem arşiv filmleri için %99 civarı başarıım sağlarken, bu yönteme en yakın sonucu yine bu tez kapsamında önerilen en iyi geçişi sağlayan çekirdek temelli yöntem vermektedir. Diğer yöntemlerin başarıım sonuçları ise göreceli olarak düşüktür. Bu tablodan çıkan diğer bir sonuç ise Truong et al (2000), Zabih et al (1999) ve Osian and Gool (2004) tarafından önerilen yöntemlerin Vlachos (2000) tarafından önerilen faz korelasyonu temelli yöntemden daha yüksek bir başarıım sağladığıdır.

Arşiv filmleri için en iyilenmiş parametreler ile MPEG-7 test dizileri için sonuçlar değerlendirildiğinde ise önerilen faz korelasyonu temelli yöntemin herhangi bir hatalı algılama yapmadığı fakat bazı sahne geçişlerini kaçırdığı görülmektedir. Bunun temel nedeni ise arşiv filmleri için düşük bir değer alan bütünsel eşik, aşırı dereceden benzer sahneler içeren ikinci test kümesi için aday tespitinde yetersiz kalmasıdır.

Arşiv filmleri için en iyilenmiş parametreler altında genel toplamda önerilen faz korelasyonu temelli yöntemin yine en yüksek başarıımı sağladığı görülmektedir.

Tablo 2.4'de karşılaştırma için kullanılan yöntemlerin MPEG-7 test dizileri için en iyilenmiş eşiklerle sağladığı başarıım verilmektedir. Bu test dizileri için en yüksek başarıımı ise yine bu tez kapsamında önerilen en iyi geçişi sağlayan çekirdek temelli yöntem vermektedir. Önerilen faz korelasyonu temelli yöntem ise arşiv filmleri için sadece 2 adet ani sahne geçişini kaçırmaktadır. Bunun temel nedeni ise göreceli olarak yüksek olan bütünsel eşiktir. Ancak bununla birlikte hatalı algılamalar nedeni ile kesinlik oranı düşmektedir. MPEG-7 test dizileri için ise önerilen faz korelasyonu

temelli yöntem Osian and Gool (2004) tarafından önerilen yöntemden sadece 1 tane fazla ani sahne geçişi kaçırmakta fakat hatalı yakalanan sahne geçişi sayısı az olduğu için daha yüksek bir kesinlik oranı vermektedir. Genel olarak önerilen faz korelasyonu temelli yöntem bu kez de en yüksek başarıyı sağlamıştır.

Tablo 2. 3. Arşiv filmleri için en iyilenmiş edilmiş parametrelere göre yöntemlerin başarımları

Arşiv Filmleri	Yöntem	Sethi et al (1995)	Truong et al (2000)	Zabih et al (1999)	Vlachos (2000)	Osian and Gool (2004)	En iyi geçişi sağlayan çekirdek	AÖİFK
	Eşik	Yerel	Yerel	Bütünsel	Çift	Yerel	Çift	Çift
Arşiv Filmleri (1009)	Doğru	804	868	855	768	974	939	1002
	Kaçan	205	141	154	241	35	70	7
	Yanlış	369	235	161	229	200	67	13
	Kesinlik	68.54	78.69	84.15	77.03	82.96	93,34	98.72
	Hatırlama	79.68	86.03	84.74	76.12	96.53	93,06	99.31
	F1	73.69	82.20	84.44	76.57	89.23	93.20	99.01
MPEG-7 Filmleri (114)	Doğru	88	85	99	91	110	109	95
	Kaçan	26	29	15	23	4	5	19
	Yanlış	37	24	84	22	21	2	0
	Kesinlik	70.40	77.98	54.10	80.53	89.97	98.20	100
	Hatırlama	77.19	74.98	86.84	79.82	96.49	95.61	83.33
	F1	73.64	76.45	66.67	80.17	93.12	96.89	90.91
Genel (1123)	Doğru	892	953	954	859	1084	1048	1097
	Kaçan	231	170	169	264	39	75	26
	Yanlış	406	259	245	251	221	69	13
	Kesinlik	68.72	78.63	79.57	77.39	83.07	94.58	98.83
	Hatırlama	79.43	84.86	84.95	76.49	96.53	93.32	97.68
	F1	73.69	81.63	82.17	76.94	89.30	93.95	98.25

Bu deneysel sonuçlardan çıkarılabilecek diğer bir önemli sonuç, önerilen faz korelasyonu temelli yöntemin başarımlarının tamamen eşik değerlerinin en iyilemesine bağlı olmadığıdır. Önerilen yöntem arşiv filmleri için en iyilenmiş eşiklerle MPEG-7 test dizileri için ve tamamen farklı özelliklere sahip olan MPEG-7 test dizileri için en iyilenmiş eşiklerle de arşiv filmleri için kabul edilebilir başarımlar sağlamaktadır.

Tablo 2. 4. MPEG-7 veri kümesi için en iyilenmiş edilmiş parametrelere göre yöntemlerin başarımları

Arşiv Filmleri	Yöntem	Sethi et al (1995)	Truong et al (2000)	Zabih et al (1999)	Vlachos (2000)	Osian and Gool (2004)	En iyi geçişi sağlayan çekirdek	AÖİFK
	Eşik	Yerel	Yerel	Bütünsel	Çift	Yerel	Çift	Çift
Arşiv Filmleri (1009)	Doğru	804	888	770	778	974	939	1007
	Kaçan	205	141	239	231	35	70	2
	Yanlış	369	235	100	245	200	67	124
	Kesinlik	68.54	78.69	88.51	76.05	82.96	93,34	89.04
	Hatırlama	79.68	86.03	76.31	77.11	96.53	93,06	99.80
	F1	73.69	82.20	81.96	76.58	89.23	93.20	94.11
MPEG-7 Filmleri (124)	Doğru	88	85	90	98	110	109	109
	Kaçan	26	29	24	16	4	5	5
	Yanlış	37	24	24	17	21	2	5
	Kesinlik	70.40	77.98	78.95	85.22	89.97	98.20	95.61
	Hatırlama	77.19	74.98	78.95	85.96	96.49	95.61	95.61
	F1	73.64	76.45	78.95	85.54	93.12	96.89	95.61
Genel (1123)	Doğru	892	953	860	876	1084	1048	1116
	Kaçan	231	170	263	247	39	75	7
	Yanlış	406	259	124	262	221	69	129
	Kesinlik	68.72	78.63	87.40	76.98	83.07	94.58	89.64
	Hatırlama	79.43	84.86	76.58	78.01	96.53	93.32	99.39
	F1	73.69	81.63	81.63	77.49	89.30	93.95	94.26

Önerilen faz korelasyonu temelli yöntemin her bir parçasının performansa etkisini değerlendirmek üzere, yöntemin başarımları sadece bütünsel eşikle, sadece yerel eşikle ve hatalı algılamaları engelleme birimi kullanılmadan sadece arşiv filmleri için en iyilenmiş parametrelerle Tablo 2.5’de verilmektedir. Bu tablodan açıkça görüldüğü gibi klasik faz korelasyonu (KFK) optimize edilmiş eşikler altında bile arşiv filmleri için en fazla %60 civarında bir başarımlar sağlayabilirken, alt-örnekleme işlemi sonrasında bu başarımlar %95’lerin üstüne çıkmaktadır. Buradan alt-örneklemenin aslında yöntemin temel dayanağı olduğu açıkça görülmektedir. Başarımlar eşikleme yöntemleri açısından değerlendirilecek olursa, Hagiwara et al (2004) tarafından önerilen yaklaşım iyi bir başarımlar sağlamaktan çok uzaktır. AÖİFK için optimize edilmiş bütünsel bir eşik kullanılması durumunda bile başarımlar literatürdeki

yöntemlerden hayli yüksek görünmektedir. AÖİFK için sadece yerel eşik kullanılarak elde edilen sonuçlar ile çift eşik kullanılarak elde edilen sonuçlar birbirine çok yakın görünmektedir. Ancak bütünsel eşik kullanılması durumunda, sadece bütünsel eşğin altına düşen adaylar için yerel eşik hesaplanacağından işlem yükü açısından bir kazanç sağlanmaktadır. Hatalı algılamaları engelleme biriminin performansı sadece AÖİFK için verilmiştir. Tablodan açıkça görüldüğü gibi bu birim düz tonlu sahnelerde gürültü nedeniyle oluşan hatalı algılamaların önüne geçerek yöntemin başarımını arttırmaktadır.

Tablo 2. 5. Arşiv filmleri için en iyilenmiş parametrelerle AÖİFK'nın detaylı değerlendirilmesi

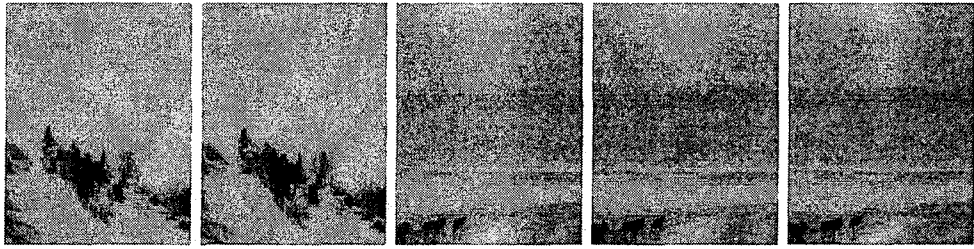
Arşiv Filmleri	Yöntem	KFK Optimum	KFK Hagiwara et al (2004)	KFK	AÖİFK	AÖİFK	AÖİFK Hatalı algılama birimi olmadan	AÖİFK
	Eşik	Bütünsel	Bütünsel	Çift	Bütünsel	Yerel	Çift	Çift
Arşiv Filmleri (1009)	Doğru	449	806	602	973	1002	1002	1002
	Kaçan	560	203	407	36	7	7	7
	Yanlış	618	10407	407	33	15	84	13
	Kesinlik	42.08	7.19	59.66	96.72	98.53	92.27	98.72
	Hatırlama	44.50	79.88	59.66	96.43	99.31	99.31	99.31
	F1	43.26	13.18	59.66	96.57	98.92	95.66	99.01

Dereceli sahne geçişi etkilerinin (zincirleme (dissolve), süpürmeli (wipe), dereceli açılmalı (fade-in), dereceli kapanmalı (fade-out)sahne geçişlerinin) yöntemin genel başarımını etkilemediği deneysel sonuçlarla gözlemlenmiştir. Hatalı algılamaların hiç biri dereceli sahne geçişlerinden kaynaklanmamaktadır. Faz korelasyonu işlemi zincirleme ve süpürmeli sahne geçişlerine karşı gürbüz bir yöntemdir. Dereceli açılmalı ve dereceli kapanmalı sahne geçişlerinde ise (2.45)'de ispat edildiği gibi faz korelasyonu ile hatalı ani sahne geçişi kararı verilebilir, ancak önerilen koruma yöntemi ile bunun da üstesinden gelinmiştir.

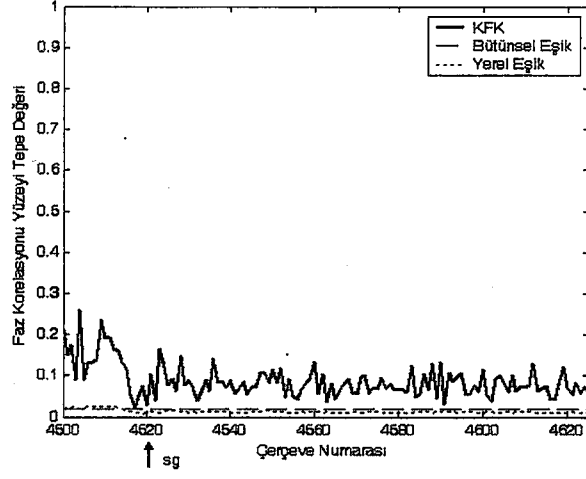
Şimdiye kadar kuramsal analizler ve nesnel başarımların metrikleri ile (kesinlik, hatırlama, F1) önerilen AÖİFK yönteminin yüksek başarımların kanıtlanarak birlikte Şekil 2.19'dan Şekil 2.22'ye kadar örnek imge çerçeveleri için önerilen yöntemin faz

korelasyonu temelli diğer yaklaşımlardan (Vlachos (2000) tarafından önerilen örtüşen blokların faz korelasyonu (ÖBFK) ve klasik faz korelasyonu (KFK)) daha iyi sonuç verdiği faz korelasyonu yüzeylerinin tepe değerlerinin zamansal değişimi ile grafiksel olarak da gösterilecektir.

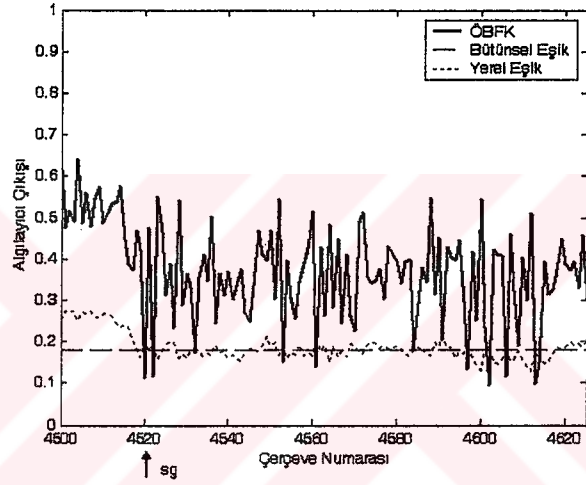
Şekil 2.19'da "Alaska" dizisinin aşırı gürültü ve kısmen kırışma içeren bir parçasından ardışık imge çerçeveleri ve dizinin bu kısmı için KFK, ÖBFK ve AÖİFK yöntemlerinin değerlendirme metrikleri ve eşik değerleri gösterilmektedir. Şekil 2.19(b)'de görüldüğü gibi KFK yöntemi herhangi bir hatalı algılama yapmamakla birlikte ani sahne geçişini de yakalayamamaktadır. Özellikle sahne geçişi sonrasındaki genlikler incelendiğinde sadece gürültü nedeni ile faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerlerinin ne derece düşük kaldığı açıkça görülmektedir. Bu, yapılan kuramsal analizi doğru çıkarmaktadır. Vlachos (2000) tarafından önerilen ÖBFK yöntemi ise ani sahne geçişini yakalamakla birlikte sekiz tane hatalı sahne geçişi yakalamaktadır. Bu durum, yöntemin Vlachos (2000) tarafından ileri sürüldüğü gibi gürültü ve kırışmaya karşı dayanıklılığının yüksek olmadığını göstermektedir. Bu çalışma kapsamında önerilen AÖİFK yöntemi ise ani sahne geçişini başarı ile yakalamakta ve bununla birlikte herhangi bir hatalı algılamaya neden olmamaktadır. Böylelikle önerilen yöntemin gürültü durumundaki başarımı bir kez daha ispatlanmıştır.



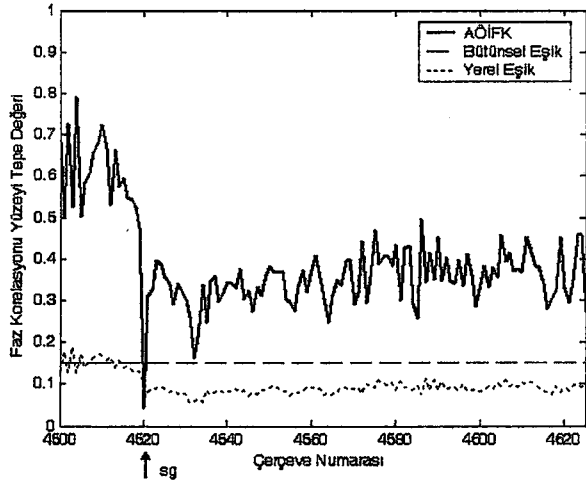
Şekil 2.19. (a) "Alaska" dizisi #4519-4523



(b) KFK sonuçları



(c) ÖBFK sonuçları



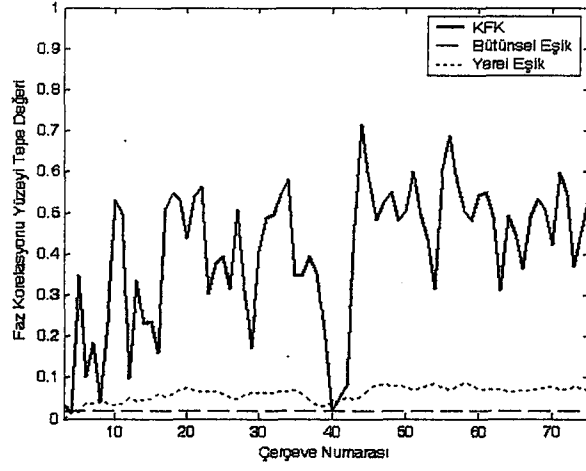
(d) AÖİFK sonuçları

Şekil 2. 19. (devamı) “Alaska” #4500-4625 için KFK, ÖBFK ve AÖİFK sonuçları

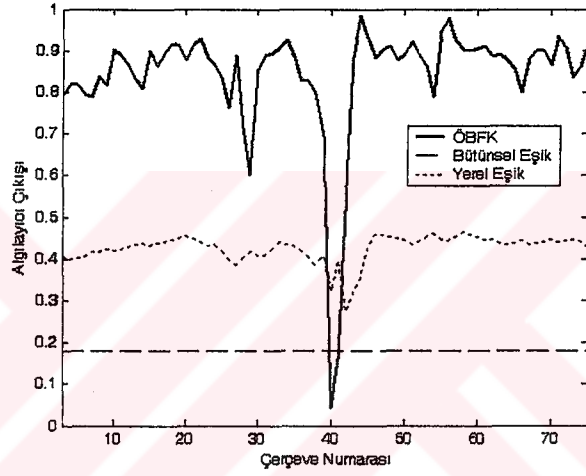
Şekil 2.20’de “Panama” dizisinin aşırı derecede kir içeren bir parçasından ardışık imge çerçeveleri ve dizinin bu kısmı için KFK, ÖBFK ve AÖİFK yöntemlerinin değerlendirme metrikleri ve eşik değerleri gösterilmektedir. Şekil 2.20(a)’da görüldüğü gibi KFK yöntemi bütünsel eşiğin aşırı derecede düşük olması sayesinde hatalı bir algılamadan çok küçük bir farkla kurtulmuş, ancak ÖBFK yöntemindeki önerilen metriğin genliği aşırı derecede düşerek hem bütünsel hem de yerel eşiğin altında kaldığı için hatalı bir sahne geçişi kararı verilmiştir. Önerilen AÖİFK yönteminde ise neredeyse çerçevenin tamamını kaplayan kir etkisi için karar metriğinin genliğindeki düşüş diğer yöntemlere göre daha sınırlıdır. Bu noktada metriğin genliği az bir farkla bütünsel eşiğin altına düşmekle birlikte yerel eşik hatalı algılamamanın önüne geçmektedir.



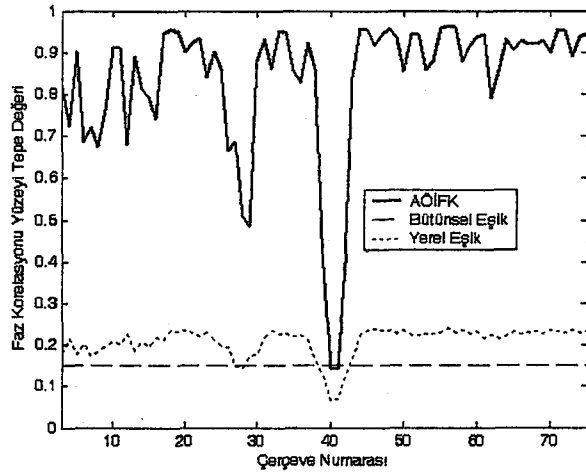
Şekil 2.20. (a) Panama” dizisi #27-44



(b) KFK sonuçları



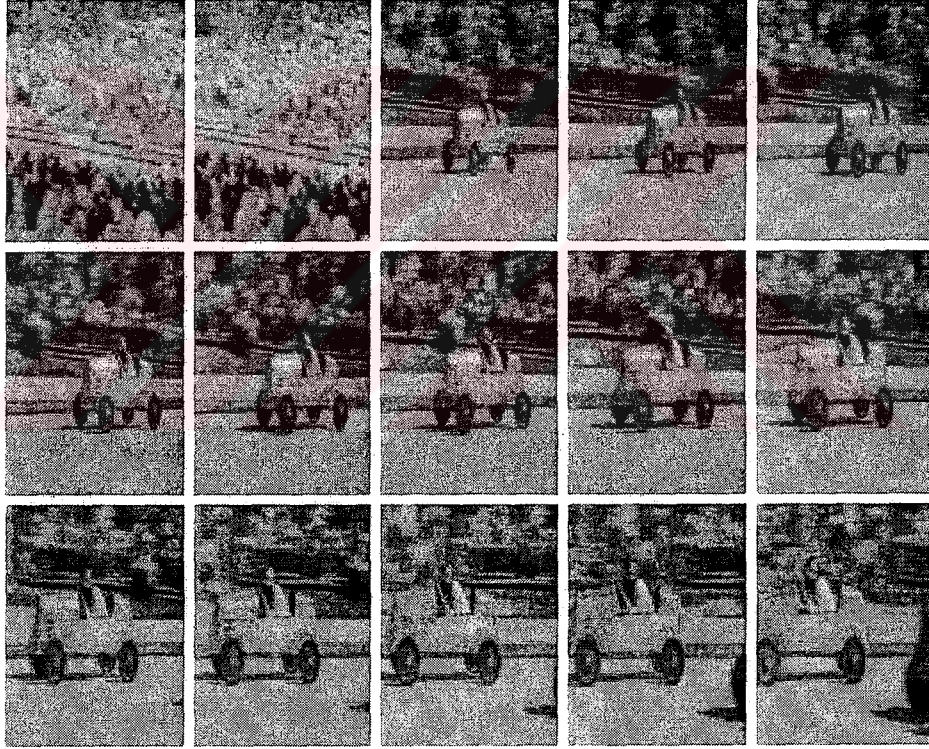
(c) ÖBFK sonuçları



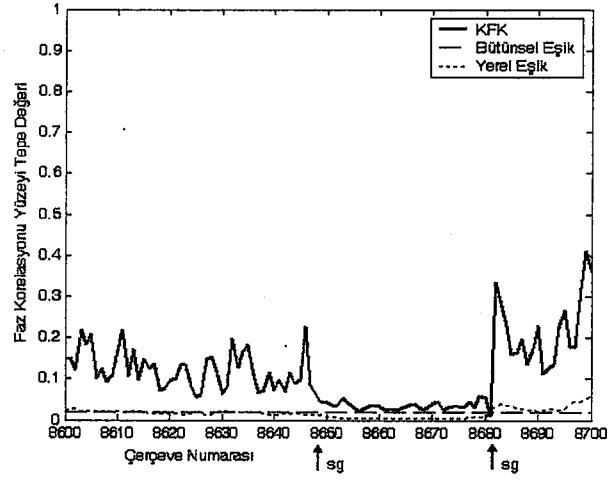
(d) AÖİFK sonuçları

Şekil 2. 20. (devamı) "Panama" #1-75 için KFK, ÖBFK ve AÖİFK sonuçları

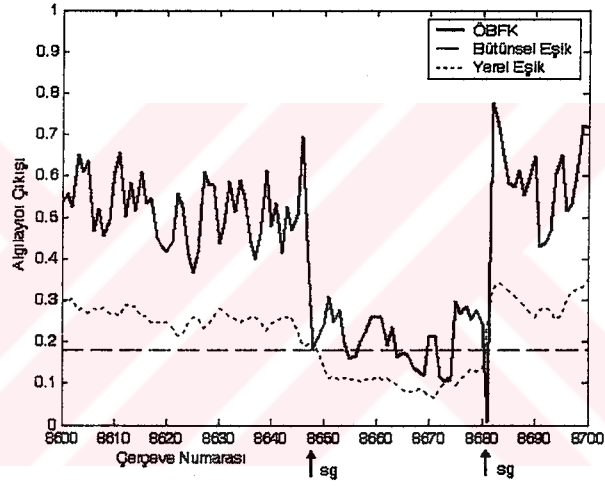
Şekil 2.21’de “Allusa” dizisinin aşırı kamera ve yerel hareket içeren bir parçasından ardışık imge çerçeveleri ve dizinin bu kısmı için KFK, ÖBFK ve AÖİFK yöntemlerinin değerlendirme metrikleri ve eşik değerleri gösterilmektedir. Şekil 2.21(b)’de açıkça görüldüğü gibi KFK yöntemi iki ani sahne geçişinden ilkinin kaçırırken ikincisini başarıyla yakalamaktadır. Ancak bu iki ani sahne geçişi arasındaki aşırı hareket nedeni ile KFK genliklerinin oldukça düşük olduğuna dikkat edilmelidir. Bu da aşırı yerel ve kamera hareketinin KFK tarafından karşılanmadığını açıkça göstermektedir. Vlachos (2000) tarafından önerilen ÖBFK yöntemi ise ilk ani sahne geçişini kaçırıp ikincisi yakalarken, hatalı algılamalara da neden olmaktadır. Önerilen AÖİFK yöntemi ise iki sahne geçişini de başarı ile yakalayıp herhangi bir hatalı sahne geçişi kararı vermemektedir.



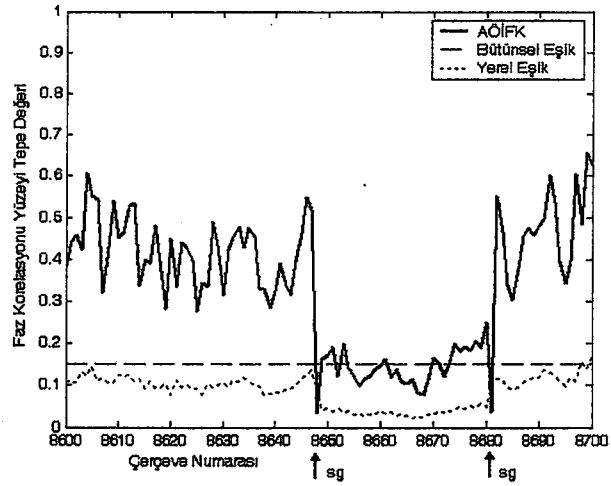
Şekil 2.21. (a) “Allusa” dizisi #8647-8661



(b) KFK sonuçları



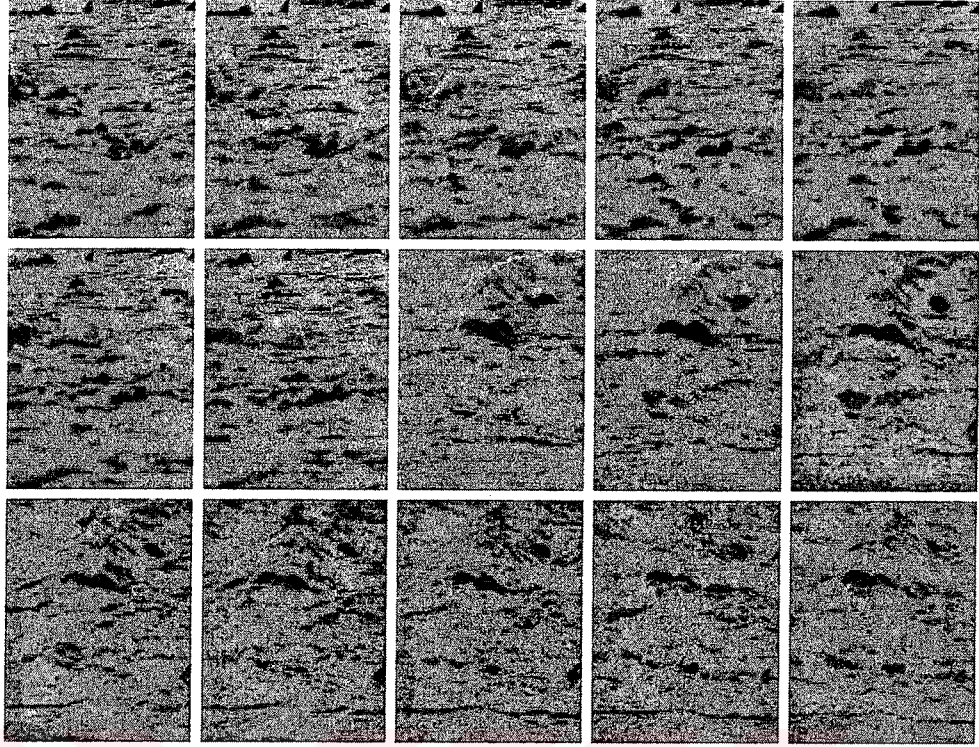
(c) ÖBFK sonuçları



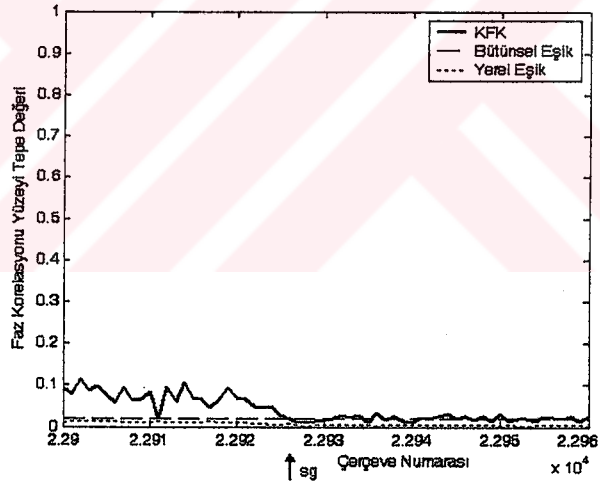
(d) AÖİFK sonuçları

Şekil 2. 21. (devamı) “Allusa” #8600-8700 için KFK, ÖBFK ve AÖİFK sonuçları

Şekil 2.22’de “Alaska” dizisinin aşırı karmaşık yerel hareket içeren bir parçasından ardışık imge çerçeveleri ve dizinin bu kısmı için KFK, ÖBFK ve AÖİFK yöntemlerinin değerlendirme metrikleri ve eşik değerleri gösterilmektedir. Şekil 2.21(b)’de görüldüğü gibi KFK yönteminin metriğinin genlik seviyeleri karmaşık hareket nedeni ile aşırı derecede düşüktür. Hatta bu yöntem ani sahne geçişi anında tepki bile vermemekte ve sonuç olarak ani sahne geçişini yakalayamamaktadır. Vlachos (2000) tarafından önerilen yöntemin genel genlik seviyesinde ani sahne geçişi anından sonra bir değişim olmakla birlikte (sahne geçişi yakalanmaktadır), yeni gelen sahnedeki aşırı karmaşık hareketler nedeni ile hatalı sahne geçişleri algılanmaktadır. Bu çalışmada önerilen AÖİFK yönteminin metrik genliği incelendiğinde tam ani sahne geçişi anında bir düşüş olmakta bunun dışında aynı sahneye ait imge çerçeveleri için metrik genliğinde karmaşık yerel hareketten kaynaklanan herhangi bir düşük görülmemektedir. Sonuç olarak önerilen AÖİFK yöntemi aşırı karmaşık yerel hareket bulunan ani sahne geçişini başarı ile yakalamaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta giren ve çıkan sahnelerin birbirine aşırı derecede benzemesidir. Bu durumda bile AÖİFK metriğinin genlik seviyelerinde bariz bir değişim görülmektedir. Bu düşüş, Bölüm 2.3.2.5’de ifade edilen alt-örneklemenin imge çerçeveleri arasındaki benzerliği artırırken ayırt ediciliği kaybettirmediği sonucunu bir kez daha doğrulamaktadır.

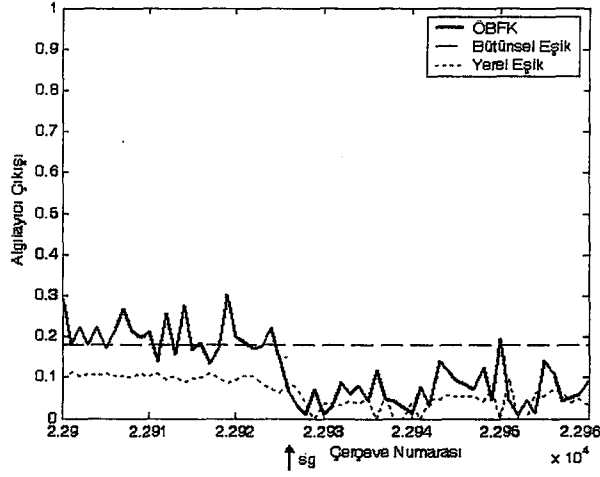


(a) "Alaska" dizisi #22920-22934

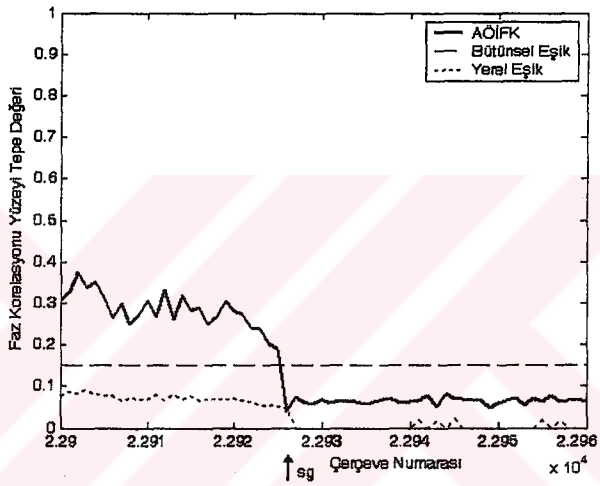


(b) KFK sonuçları

Şekil 2.22. "Alaska" #22900-22960 için KFK, ÖBFK ve AÖİFK sonuçları



(c) ÖBFK sonuçları



(d) AÖİFK sonuçları

Şekil 2. 22. (devamı) “Alaska” #22900-22960 için KFK, ÖBFK ve AÖİFK sonuçları

Özet olarak Vlachos (2000) tarafından önerilen ÖBFK yöntemi, standart KFK yönteminden daha iyi sonuç vermekle birlikte performansı hala yetersiz ve birçok örtüşen bloğun HFD’si (Hızlı Fourier Dönüşümü) hesaplandığından işlem yükü oldukça fazladır. Bu tez çalışması kapsamında önerilen geliştirilmiş faz korelasyonu temelli ani sahne geçişi algılama yöntemi oldukça yüksek bir algılama başarımı sağlayarak bölütlenmesi oldukça zor olan arşiv filmlerinde bile %99 hatırlama ve kesinlik oranları yakalamıştır.

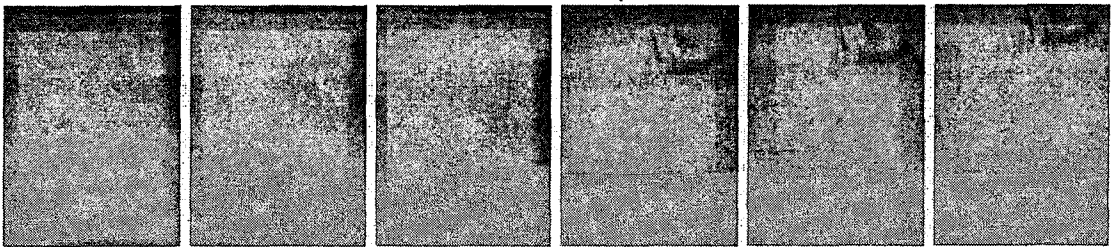
Dahası, uzamsal alt-örnekleme HFD’nin işlem yükünü de oldukça azaltmaktadır. Örneğin 352×480 piksel boyutundaki tipik bir arşiv filmi için KFK yöntemi 512×512’lik bir HFD hesabı yaparken, ÖBFK için örtüşme nedeniyle 32 adet

256×256'lık HFD hesabı gerekmektedir. Önerilen AÖİFK yöntemi için ise alt-örnekleme sonrası imgelerin piksel boyutları 88×120 olduğundan 128×128'lik tek bir HFD hesabı yeterli olmaktadır. Aynı işlem yükü faz korelasyonu işlemindeki THFD (Ters Hızlı Fourier Dönüşümü) işlemi için de geçerlidir.

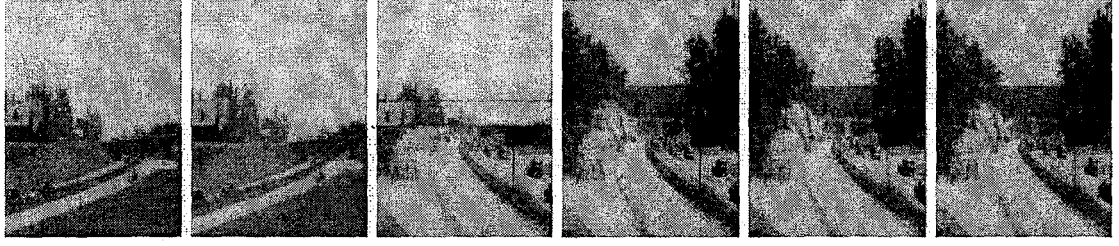
2.4. Önerilen Ani Sahne Geçiş Yöntemleri Üzerine Vargılar

Bu bölümde biri imge çerçeveleri arasında en iyi geçişi yapan çekirdeğin, diğeri alt örneklenmiş imgelerin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerinin kullanımına dayalı iki özgün yöntem önerilmiştir. Yöntemlerden ilkinin başarımı kullanılan test dizileri için %93 seviyelerde iken faz korelasyonu temelli yöntemin başarımı %99 seviyelerindedir. Ayrıca yüksek başarımlı sağlayan faz korelasyonu temelli yöntemin işlem yükü oldukça düşük olduğundan bu yöntem gerçek zamanlı olarak çalıştırılabilir. Bu sonuçlar, önerilen yöntemlerin literatürdeki yöntemlerden daha yüksek başarımlı sağladığını açıkça göstermektedir. Böylelikle arşiv filmlerinin otomatik olarak onarımında önemli bir aşama olan ani sahne geçişlerinin tespiti yüksek başarımla gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerin kullanılması ile otomatik video onarım tekniklerinin başarımının artacağı açıktır.

Yöntemin yaptığı hatalı algılamalar incelendiğinde bunların neredeyse sahnenin tamamının değişmesine neden olan ani çerçeve hareketleri ve yerel hareketlerden kaynaklandığı görülmüştür (Bkz. Şekil 2.23). Yakalanamayan sahne geçişleri aslında çoğunlukla Şekil 2.24'de görülen yarım geçişlerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 2. 23. Aşırı yerel hareket nedeni ile hatalı sahne geçişi algılamasına örnek



Şekil 2. 24. Yarım geçiş nedeni ile yakalanamayan sahne geçişine örnek



BÖLÜM 3. KIRPIŞMA ETKİSİNİN GİDERİLMESİ

Kırpışma etkisi, uzman olmayan izleyiciler tarafından bile kolayca algılanabilecek ve arşiv filmlerindeki görsel bozukluklar arasında seyir zevkini en fazla etkileyen bozukluklardan biridir. Arşiv videolarında sıklıkla rastlanan bozulmalardan biri olmasının yanında, görsel kalitenin büyük ölçüde bozulmasına neden olduğu ve diğer onarım işlemlerinin performansını düşürdüğü için bu etkinin arşiv videolarından öncelikle giderilmesi gerekir. Kırpışma etkisinin giderilmesi ile izleyicinin seyir zevki artırılırken aynı zamanda sıkıştırma sonrasında videonun dosya boyutu da azalmaktadır.

Arşiv videolarındaki kırpışma etkisi, sahnenin kendisinde olmayan fakat filmin yaşlanması, pozlama zamanındaki farklılıklar, ortamın ışıklılık miktarındaki değişim, pislik ve kimyasal bozulmalar gibi etkenlerden dolayı videoda gözlenen ani ve düzensiz ışıklılık değişimleridir. Önceleri bütünsel bir bozukluk olarak ele alınan kırpışma etkisi yakın zamanda yerel olarak değişen bir bozukluk şeklinde ele alınıp düzeltilmeye çalışılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında kırpışma etkisi yerel bir etki olarak ele alınarak önce bütünsel sonrasında yerel olmak üzere iki aşamalı onarım yapısı geliştirilmiştir. Önerilen yöntem literatürdeki çalışmalardan farklı olarak kırpışma giderimi için temiz bir referans imge çerçevesine gereksinim duymamaktadır. Ayrıca bu çalışmada geliştirilen özgün bir bulanık kırpışma miktarı algılayıcısı ile kırpışma miktarı tespit edilip, kırpışma giderimi buna göre yapılmaktadır. Temel olarak çerçeve ortalama ve değişimlerinin zamansal süzgeçlenmesi mantığına dayanan yöntem yüksek bir kırpışma giderimi performansı sergilemektedir.

İleriki alt bölümlerde öncelikle kırpışma giderimi üzerine literatürde yapılan çalışmalara değinilecek sonrasında geliştirilen yöntem detaylı olarak anlatılacaktır.

Hem görsel hem de nesnel deneysel sonuçlarla yöntemin literatürdeki yöntemlere göre üstün başarımı gösterilecektir.

3.1. Literatürdeki Kırpışma Giderim Yöntemleri

Literatürde kırpışma giderimi için önerilen yöntemler, temel olarak kırpışma etkisini bütünsel bir bozukluk veya yerel bir bozukluk şeklinde ele almaları açısından sınıflanabilir. Önceleri bütünsel bir etki olarak değerlendirilen kırpışma, daha sonra yerel bir bozukluk olarak ele alınmıştır. Bu nedenle öncelikle bütünsel kırpışma giderimi yöntemlerine kronolojik olarak değinilecek sonrasında yerel kırpışma etkisini göz önüne alan yöntemlerden bahsedilecektir.

Richardson and Suter (1995) tarafından arşiv filmlerinin MPEG kodlayıcıları kullanılarak sıkıştırılması durumunda karşılan görsel bozuklukların üstesinden gelmek için blok temelli bir ön işlem önerilmiştir. Bu ön işlemin kırpışma etkisinin görsel bozukluğa neden olmasını engellemek için geliştirilen kısmında imge çerçevelerinin ışıklılık değerlerinin dinamik aralığının (dynamic range) tamamını kullanabilmek için her bir imge çerçevesinin histogramı kendi başına yayılmıştır.

Decenciere (1997) tarafından önerilen yöntem, kırpışma etkisini bütünsel bir etki olarak modellemekte ve kırpışmanın temiz çerçeveyi etkileyen, biri çarpımsal diğeri toplamsal iki parametre ile modellenebileceğini ifade etmektedir. Bu parametreler, düzeltilecek ve sağlam imge çerçevelerinin en büyük, en küçük ve ortalama piksel değerleri göz önüne alınarak elde edilmektedir. Kırpışma etkisi bulunmayan bir çerçeve referans çerçeve olarak ele alınıp sonraki çerçeveler özyineli olarak düzeltilmektedir. Ancak özyineli yaklaşımlar hata birikmesine açık ve ilklendirmeye (initialization) aşırı derecede bağımlıdır. Ayrıca arşiv filmlerinde karşılaşılan kırpışma etkisinin bütünsel bir etki şeklinde modellenmesi de doğru bir yaklaşım değildir. Sonuç olarak bu yöntemin etkin bir kırpışma giderimi gerçekleştirilmesi beklenemez.

Naranjo and Albiol (2000) tarafından önerilen yöntem kırpışma etkisini bütünsel bir bozukluk olarak ele almakta ve düzeltim için histogram bilgisinin kullanılmasını

önermektedir. Bu yöntem, kırpışma etkisi bulunan imge çerçevesinin histogramını komşu imge çerçevelerinin histogramlarının ortalaması ile elde edilen hedef histogramın biçimine getirerek kırpışma etkisini düzeltmeye çalışmaktadır. D_1 , bozuk imge çerçevesinin histogramını düzgün dağılımlı yapacak dönüşüm; D_2 ise hedef histogramı düzgün dağılımlı yapacak dönüşüm olsun. Bu durumda bozuk imge çerçevesinin histogramını hedef histograma götürecek işlem $H[i] = D_2^{-1} [D_1[i]]$ şeklinde gerçekleştirilir. Bu yöntem de kırpışmanın yerel etkisini dikkate almadığından etkin bir kırpışma giderimi gerçekleştirilemez.

Schallauer et al (1999) tarafından önerilen yöntem aslında Naranjo and Albiol (2000) tarafından önerilen yöntemle oldukça benzer noktalar içermektedir. Bu yöntemde öncelikle imge çerçevelerinin histogramları eşitlenmektedir. Sonrasında kırpışma etkisi giderilecek çerçeveden önceki ve sonraki iki temiz referans çerçevenin histogram eşitleme dönüşüm fonksiyonları (örneğin D_1 ve D_2 olsun), kırpışma etkisi giderilecek çerçeveye olan uzaklıklarına göre ağırlıklandırılarak hedef histogram oluşturulmaktadır. Bu histogram Naranjo and Albiol (2000) tarafından önerilen yöntemdeki gibi kullanılarak kırpışma etkisi giderilmeye çalışılmaktadır. Ancak bu yöntemde biri kırpışma etkisi görünen çerçeveden önce diğeri sonra olmak üzere iki temiz çerçeveye gereksinim duyulmaktadır. Bunun da pratikte operatör desteği olmaksızın sağlanması mümkün görülmemektedir. Bu yöntem ayrıca yerel düzeltme için aynı yaklaşımın örtüşen bloklara uygulanmasını önermektedir.

Vlachos (2004) tarafından önerilen yöntem de kırpışmayı bütünsel bir etki olarak değerlendirmektedir. Bu yöntemde, Hurter–Driffield yoğunluğuna karşı logaritmik pozlandırma karakteristiği (Hurter–Driffield Density versus log Exposure characteristic) hesaba katılarak pozlandırma düzensizliğinden kaynaklanan kırpışma etkisini kestiren doğrusal olmayan bir kırpışma düzeltme modeli önerilmektedir. Çalışmada, kırpışmanın her bir piksel seviyesi için aynı değerde değişmeye neden olduğu varsayılmakta ve kırpışmanın uzamsal değişkenliği hesaba katılmamaktadır. Her bir ışıklılık seviyesi için imge çerçeveleri arasındaki fark histogramının en büyük değerleri bulunmakta ve bu değerlere üçüncü dereceden polinom uydurularak her bir ışıklılık seviyesi için kırpışmadan kaynaklanan farklılık bulunmaktadır. Her bir

ışıklılık seviyesi için bulunan hatanın, düzeltilecek imgenin ilgili ışıklılık seviyelerinden çıkartılması ile kırpışma giderme işlemi yapılmaya çalışılmaktadır. Bu yöntemin yerel hareket ve uzamsal değişen kırpışma etkisi durumlarına karşı dayanıksız olduğu yapılan deneylerle gözlemlenmiştir. Yöntem ayrıca düzeltim için kırpışma etkisi gözlenmeyen bir referans çerçeveye gereksinim duymaktadır. Yöntemin diğer bir eksikliği ise imge çerçevelerinde tanımlanmamış bir ışıklılık seviyesi olduğunda (rneğin sıkıştırmadan kaynaklanan) polinom uydurma işleminin kötü sonuçlar vermesi ve bu durumda sistemin kırpışma etkisini gideremeyip kararsız çalışmasıdır (Vlachos 2005).

Delon (2006) tarafından çok yakın bir zamanda önerilen yöntem, yine imge çerçevelerinin histogramları üzerinde çalışmakta ve kırpışmayı bütünsel bir etki olarak ele almaktadır. Naranjo and Albiol (2000) tarafından önerilen yöntemi temel alan bu yöntem hedef histogram tespitinde komşu çerçevelerin yanı sıra kırpışma etkisi giderilecek ereyi de kullanmaktadır. Ancak Naranjo and Albiol (2000) tarafından önerilen yöntemden farklı olarak komşu çerçevelerin histogramlarının ortalamasını değil bu histogramların ortasına gelecek şekilde bir hedef histogram belirlemektedir. Yöntem bütünsel olarak çalıştığı için yerel kırpışma etkisini gidermesi mümkün değildir. Benzer bir yorum çalışmanın sonuçlar kısmında yapılmış ve bu gibi durumlarda yöntemin yerel kırpışma gideriminden önce bir ön işlem olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Kırpışmanın yerel etkisini hesaba katan ilk yöntem Roosmalen et al (1999) tarafından önerilmiştir. Yöntemde imge çerçeveleri örtüşen bloklara ayrılmakta, her bir blok için en küçük kareler yöntemi kullanılarak doğrusal bir model için çarpımsal ve toplamsal kırpışma parametreleri kestirilip kırpışma etkisi giderilmeye çalışılmaktadır. Yöntem kırpışma etkisini düzeltebilmek için, kırpışma etkisi bulunmayan temiz bir referans çerçeveye ihtiyaç duymaktadır. Yöntemin alışması sırasında kırpışmasız çerçeveye sürekli gereksinim olduğundan, uygulamada bir önceki düzletilmiş ereve referans ereve olarak kullanılmaktadır. Bu durumda, başlangıçtaki çerçeveye bağlı olarak hata birikebileceğinden bir unutma faktörü kullanılmaktadır. Yani kırpışma bulunan çerçevenin etkisi belirli bir oranda dzletilen çerçeveye dahil edilerek dzletilen ereve ile orijinal ereve arasındaki

ilişki korunmaya çalışılmaktadır. Bu durumda kırpışma etkisi, doğrudan düzeltilmiş çerçeveye eklendiğinden tam anlamıyla başarılı bir kırpışma giderimi gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Bu yöntemde yerel hareket durumunda oluşacak görsel bozuklukların önüne geçmek için bir yerel hareket algılayıcı kullanılmaktadır. Algılayıcı, örtüşen bloklar için yapılan düzeltme sonucunda örtüşen kısımlarda aşırı farklılık gösteren blokları algılamaktadır. Bu bloklara ait parametreler komşu blok değerlerinden successive over-relaxion (SOR) yöntemi ile ara değerlendirilerek elde edilmektedir. Düzeltme aşamasında bloklama etkisinden kaçınmak için kırpışma parametreleri düzeltme işlemi öncesi imge piksel boyutuna çift doğrusal (bilinear) aradeğerleme ile üst-örneklenmektedir. Yöntemde, aşırı yerel hareket, kamera yakınlaştırma-uzaklaştırma etkisi ve dönme gibi durumlar için hareket algılayıcısı imge çerçevesinin büyük kısmı için hareket algılamakta, bu durumda görsel bozukluklara neden olmamak için kırpışma parametreleri birim değerlerine çekilerek kırpışma giderim performansı düşürülmektedir. Aynı durum kir ve örtme (occlusion) gibi etkilerden dolayı bazı blokların eşleştirilememesi nedeni ile de ortaya çıkmaktadır.

Yang and Chong (2000) tarafından önerilen yöntemde ise Roosmalen et al (1999) tarafından önerilen yöntemdeki yerel hareket algılayıcısının hareketli bölgeleri doğru algılayamaması nedeni ile yapılan hatalı düzeltmenin üstesinden gelmek üzere yerel hareket algılayıcısına bir iyileştirme getirilmiştir. Buna göre Roosmalen et al (1999) tarafından önerilen yöntemden farklı olarak yerel hareket tespiti için kırpışma parametrelerinin eşiklenmesi kullanılmıştır. Bunun altında yatan neden ise aşırı hareket durumunda kırpışma parametrelerinin kabul edilebilir sınırların dışında değerler alabiliyor olmasıdır. Sonrasında, bu yaklaşımla durağan olarak algılanan bloklar ortalama karesel hata ölçütüne göre ikinci bir değerlendirmeye alınmaktadır. Çerçeveler arası blok temelli ortalama karesel hatanın belirli bir eşikten büyük olması durumunda ilgili blok hareketli olarak işaretlenip bu blok için kırpışma parametresi kestirilmemektedir. Böylelikle hatalı bir parametre hesabının önüne geçilerek yöntemin başarımının artırılması hedeflenmektedir. Ancak bu durumda kestirilen parametre sayısı düşeceğinden kırpışma giderim başarımında düşüş gözlemlenebilmektedir.

Wong et al (2004a) tarafından önerilen yöntemde ise yerel kırpışma parametrelerinin doğrudan aynı uzamsal konumdaki bloğa göre değil, blok temelli hareket karşılama sonrası bulunan bloğa göre hesaplanması önerilmektedir. Böylelikle yerel hareket etkisinin karşılanması hedeflenmektedir. Hareket kestiriminin, ortalama karesel hata ölçütüne göre blok elemanlarından blok ortalamasının çıkarılmış hali üzerinden yapılarak blok temelli hareket kestiriminin kırpışmadan etkilenmesinin önüne geçilmeye çalışılmıştır. Bu noktada hareket kestiriminin başarımı kilit rol oynamaktadır. Bu çalışmanın deneysel sonuçları incelendiğinde yöntemin çerçeve ortalama ve değışinti değerlerinde bir sabitlenmeye neden olduğu görülmektedir. Bu kırpışma giderimi açısından istenen bir durum değildir. Kırpışma gideriminde esas amaç genel olarak çerçeve ortalama ve değışintilerini takip etmek ve bu değerlerdeki ani değışimlerin önüne geçmektir. Hatta bu çalışmada çerçeve ortalama ve değışinti değerlerinin zamansal değışintisi kırpışma giderimi açısından bir ölçüt olarak kullanılmıştır. Bu yaklaşım ancak ve ancak durağan ve yerel hareket içermeyen sahneler için geçerli olabilir. Bu nedenle yöntemin başarımı tartışmalıdır.

Wong et al (2004b) tarafından önerilen diğer bir yöntemde ise Yang and Chong (2000) tarafından önerilen yerel hareket algılayıcısı geliştirilmiştir ve hareketli bloklar için kırpışma parametrelerinin farklı bir yaklaşımla aradeğerlenmesi önerilmiştir. Buna göre önceki yaklaşımda olduğu gibi öncelikle kırpışma parametreleri eşiklenerek yerel hareket tespiti yapılmıştır. Sonrasında durağan olarak işaretlenen bloklar için önceki çerçevede en iyi uyum sağlayan blok, ortalama karesel hata metriğine göre aranmaktadır. Bulunan en uyumlu blok ile ilgili bloğun farkı belirli bir eşiği aşıyorsa bu kez blok hareketli olarak değerlendirilmektedir. Aksi takdirde bloğun durumu durağan olarak kalmaktadır. Bu yöntemin Yang and Chong (2000) tarafından önerilen yöntemden farkı uyumlamayı aramadan sonra yapmasıdır. Ancak kırpışmanın hareket kestirim sonucunu etkileyeceği açıktır. Ayrıca eşiklerin belirlenmesi de bu yaklaşımın performansını önemli ölçüde etkileyecektir. Bu çalışmanın deneysel sonuçlarında da kırpışma etkisi giderilmiş çerçevelerin ortalama ve değışinti değerlerinin orijinal seviyeleri takipte genel olarak yetersiz kaldığı açıkça görülmektedir.

Ohuchi et al (2000) tarafından Roosmalen et al (1999) tarafından önerilen yöntemin yerel hareket ve kir gibi bozucular durumunda da etkin şekilde çalışmasını sağlamak üzere kırpışma parametrelerinin gürbüz kestirim (robust estimation) ile elde edilmesi önerilmektedir. Bu yöntemde öncelikle Roosmalen et al (1999) tarafından önerilen yöntem kullanılarak imge çerçeveleri için bütünsel bir düzeltme yapılmakta sonrasında bütünsel düzeltilmiş imge çerçeveleri üzerinden yerel düzeltme yapılmaktadır. Yerel düzeltme için kırpışma parametreleri iki boyutlu ve ikinci dereceden polinomlar olarak ele alınıp M-kestiricisi (M-estimator) ile özyineli olarak yeniden ağırlıklandırılmış en küçük kareler (Iteratively Reweighted Least Squares-IRLS) algoritması kullanılarak elde edilmektedir. Yöntem temiz bir referans çerçeveye ihtiyaç duymaktadır. Dahası, özyineli olarak çalıştığı için hata birikmesine açıktır. Tez çalışması kapsamında yapılan deneylerde bu yöntemin özellikle bütünsel ve aşırı yerel harekete karşı dayanıksız olduğu ve kırpışma etkisini gidermekte başarısız olduğu gözlemlenmiştir.

Pitie (2002) tarafından önerilen yöntem ise Ohuchi et al (2000) tarafından önerilen yöntemden farklı olarak parametre kestiriminde polinom temelli fonksiyonlar yerine kosinüs temelli fonksiyonların kullanımını önermektedir. Bu çalışmada önerilen yöntemin Ohuchi et al (2000) tarafından önerilen yöntemden daha iyi sonuç vermesine rağmen özellikle aşırı bozuk arşiv filmlerinde etkin bir düzeltim yapamadığı vurgulanmıştır. Yine Naranjo and Albiol (2000) tarafından önerilen yöntemin de bu gibi durumlarda etkisiz kaldığı bu çalışmada da belirtilmiştir. Bu nedenle bütünsel kırpışmanın Naranjo and Albiol (2000) tarafından önerilen histogram temelli yöntemle giderilmesi, yerel etkinin ise çarpımsal bir kırpışma parametresi ile modellenip giderilmesi önerilmiştir. Bu yöntemin diğer yöntemlerden daha iyi başarımlar sağladığı ifade edilmektedir.

Kokaram et al (2003) tarafından önerilen yöntemde aşırı kamera hareketinin kırpışma giderim yöntemlerinin başarımlarını düşüreceği ifade edilerek bütünsel hareket kestirimi ve kırpışma gideriminin birlikte yapılması önerilmektedir. Ayrıca kırpışmanın hareket kestirim başarımlarını, hareket kestirim başarımlarının da kırpışma giderimini etkileyeceği açıktır. Bu nedenle özyineli bir düzeltim yaklaşımı benimsenmiştir. Buna göre öncelikle bütünsel hareket göz önüne alınmadan kırpışma

kestirimi yapılmaktadır. Sonrasında yapılan bütünsel hareket kestirimi ile bir ön düzeltme gerçekleştirilmektedir. Bu aşamadan sonra Pitie (2002) tarafından önerilen gürbüz kestirim (robust estimation) yapısı ile elde edilen kırpışma ve bütünsel hareket kestirim parametreleri özyineli olarak hesaplanmaktadır. Ancak bu durumda hala aşırı hareket ve kırpışma nedeni ile hareket ve kırpışma parametrelerinin alçak geçiren bir süzgeçten geçirilerek kullanılması ile etkin bir kırpışma giderimi yapıldığı ileri sürülmektedir.

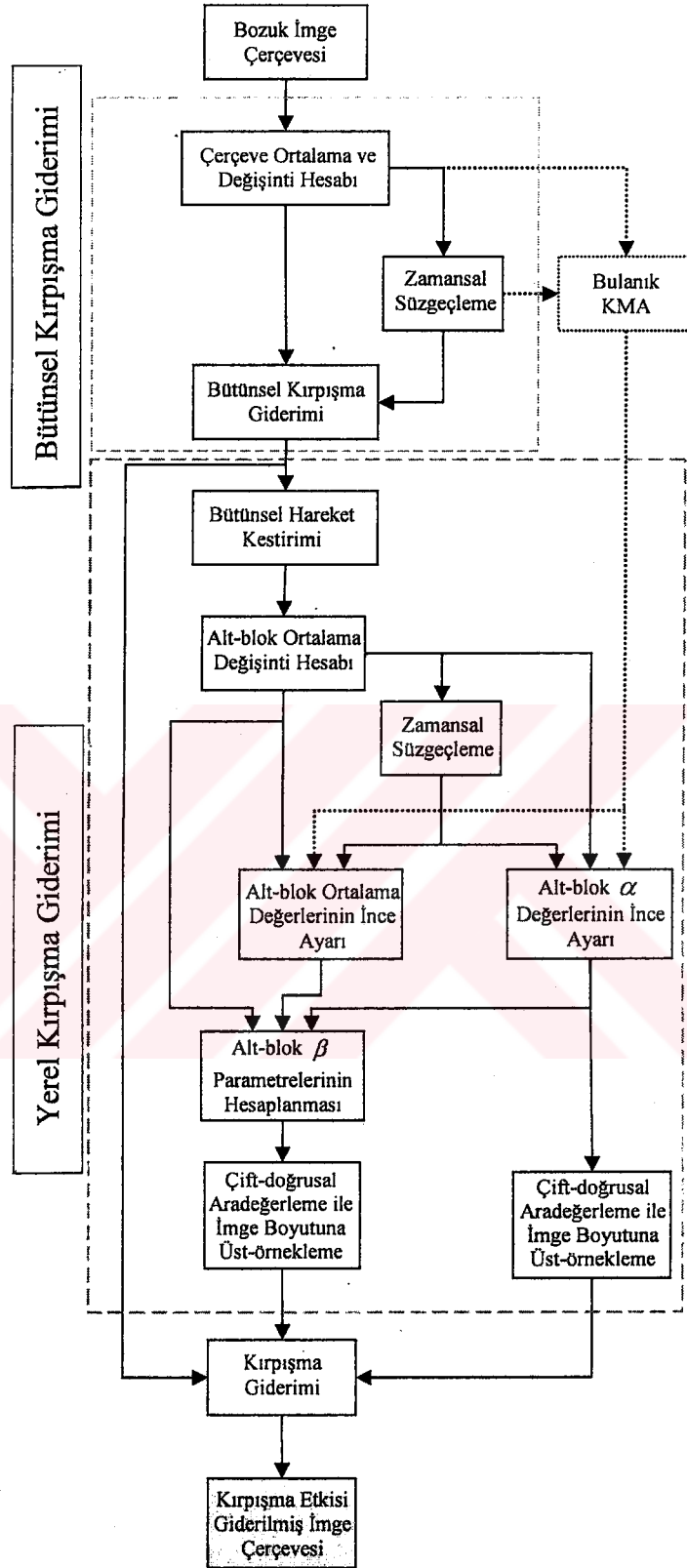
Pitie et al (2004) tarafından önerilen yöntemde Naranjo and Albiol (2000) tarafından önerilen yöntem temel alınarak bu yöntemde uzamsal etki dahil edilmiştir. Ancak her bir piksel için tek tek kestirim yapmak yerine imge bloklara ayrılarak bu bloklar için ışıklılık bozunum fonksiyonlarının kestirimi yapılmaktadır. Sonrasında eğri uydurma aradeğerlemesi (spline interpolation) ile bozunum fonksiyonları imge piksel boyutuna üst-örneklenmektedir. Bu aşamada önemli olan her bir blok için ışıklılık bozunum fonksiyonlarının başarılı şekilde tespit edilmesidir. Bu amaçla Naranjo and Albiol (2000) tarafından önerilen yöntemden farklı olarak sadece iki komşu çerçevenin kullanılması yerine sağdan ve soldan 7'şer (toplam 15) çerçevenin kullanılması düşünülmüştür. Her bir blok için elde edilen bu 15 ışıklılık bozunum fonksiyonu yeniden ağırlıklandırılmış en küçük kareler (Rewrighted Least Squares) yaklaşımı ile zamansal olarak değerlendirilip her bir blok için bir sonuç ışıklılık bozunumu elde edilmektedir. Bu noktada Naranjo and Albiol (2000) tarafından önerilen yöntemle kestirilen ışıklılık bozunum fonksiyonları örtme (occlusion) ve kir durumlarında hatalı kestirime neden olduğu için imge ışıklılık seviyelerinin birleşik olasılık dağılım fonksiyonunu (joint pdf) kullanılarak kestirilmesi öngörülmektedir. İmge çerçevelerinin birleşik olasılık dağılım fonksiyonunda köşegenden uzakta bulunan bozucu etkiler ise özyineli bir çerçeve içi etkileri (bozucu olmayan etkiler) iyileştirme yaklaşımı ile bastırılmaktadır. Sonrasında birinci dereceden Markov zincirleri ile en yüksek olasılığı sağlayan yolun Viterbi algoritması (Stark and Woods 2002) kullanılarak elde edilmesi önerilmektedir. Yöntemin Naranjo and Albiol (2000) tarafından önerilen yöntemden iyi sonuç verdiği deneysel sonuçlarla gösterilmiştir. Bu yöntemi diğerlerinden ayıran önemli bir fark temiz bir referans çerçeveye gereksinim duyulmamasıdır. Bu yöntemin başarımını değerlendirmek için tez kapsamında yapılan deneylerde imge çerçevelerinde bazı ışıklılık seviyelerinin

bulunmaması nedeniyle imge çerçevelerinin birleşik olasılık dağılım fonksiyonlarında boşluklar oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu durum, çalışmada verilen örnek birleşik olasılık dağılım fonksiyonlarında da açıkça görülmektedir. Ancak bu gibi durumlara ilgili herhangi bir uyarı veya öneri bulunmamaktadır. Genel olarak bu gibi durumlarda Viterbi yolunun köşegen üzerinde devam ettirilmeye çalışıldığı gözlemlenmektedir. Benzer yaklaşım, bu tez kapsamında yapılan deneylerde kullanılmış fakat başarılı bir kırpışma giderimi gerçekleştirilememiştir. Pitie (2006) tarafından ifade edildiğine göre bu yöntemde elde edilen sonuçlar birleşik olasılık dağılım fonksiyonları üzerinde çalışmada ifade edilmeyen bir “ön işlem” yapılarak elde edilmiştir. Nasıl bir ön işlem yapıldığı ise açık değildir.

3.2. Zamansal Süzgeçleme ile Kırpışma Giderimi

Literatür özetinde de belirtildiği gibi kırpışma etkisini giderme için önerilen yöntemlerin hemen hepsi referans bir çerçeveye ihtiyaç duymakta veya önceden düzeltilmiş geçmiş çerçeveleri referans almaktadır. Bu tez kapsamında gerçekleştirilen yöntemde ise düzeltme için kırpışmasız bir referans çerçevesi kullanmak yerine, orijinal imge çerçevelerinin ortalama ve değişinti değerlerinin zamansal alçak geçiren süzgeçten geçirilmesi ile elde edilen değerlerin kullanılması ve bu sayede kırpışma etkilerini zamansal ortalama içerisinde eriten bir yaklaşım önerilmektedir. Önerilen yöntemin akış çizelgesi Şekil 3.1’de verilmektedir.

Önerilen yöntemde Ohuchi et al (2000) tarafından önerilen yöntemle benzer bir şekilde iki aşamalı bir kırpışma giderimi yaklaşımı kullanılmaktadır. Öncelikle bütünsel bir ön-düzeltilme kullanılarak güçlü bütünsel kırpışma etkisinin azaltılması amaçlanmaktadır. Bütünsel olarak düzeltilen imge çerçeveleri daha sonra ışıklılık değişimlerine karşı oldukça gürbüz faz korelasyonu (Ertürk and Dennis 2000) ile bütünsel hareket vektörlerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Sonrasında imge çerçeveleri kırpışma düzeltme sisteminin en temel birimi olan örtüşmeyen alt-bloklara (sub-block) bölünerek yerel ortalama ve değişinti değerleri hesaplanmaktadır.



Şekil 3. 1. Önerilen yöntemin akış çizelgesi

Aslında bu alt-bloklara atanan ortalama ve değişinti değerleri alt-bloğu da kapsayan ve makro blok adı verilen bloklar için hesaplanmaktadır. Kullanılan bu makro blok yapısının doğasında bulunan örtüşme, bloklama etkilerinden kurtulmaya yardımcı olmaktadır. Yukarda bahsedilen şekilde hesaplanan alt-blokların ortalama ve değişinti değerleri kırpışma etkisini karşılamak için zamansal olarak alçak geçiren süzgeçten geçirilmektedir. Alçak geçiren süzgeçten geçirilmiş ortalama ve değişinti değerleri kırpışma etkisini gidermede kullanılacak parametrelerin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bu çalışmada özgün olarak önerilen kırpışma miktarı algılayıcısı (KMA) ise kırpışma parametrelerinin yumuşatılma miktarını kontrol ederek kırpışma giderme miktarını belirlemektedir. Son olarak blok temelli olarak hesaplanan kırpışma giderme parametreleri çift-doğrusal (bilinear) aradeğerleme ile üst örneklenerek piksel boyutuna getirilmekte ve kırpışma giderim işlemini gerçekleştirilmektedir.

İleriki alt bölümlerde öncelikle kullanılan kırpışma modeli anlatılıp sonrasında bütünsel ve yerel kırpışma gideriminin nasıl gerçekleştirildiğinden detaylı olarak bahsedilecektir. Kırpışma miktarını tespit için geliştirilen bulanık kırpışma miktarı algılayıcısı (BKMA) hakkında bilgi verilecektir. Görsel ve nesnel ölçütlere dayalı olarak verilen deneysel sonuçlar ile yöntemin başarısını gösterilecektir.

3.2.1. Kırpışma modeli

Bu çalışmada, Roosmalen et al (1999) tarafından önerilen doğrusal yapı temel alınarak kullanılan kırpışma modeli (3.1)'de verilmektedir.

$$I_b(x, y, t) = \alpha(x, y, t) \times I_s(x, y, t) + \beta(x, y, t) \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte I_b , kırpışma etkisi bulunan bozuk imge çerçevesini (gözlemlenen çerçeveyi); I_s , kırpışma etkisi bulunmayan sağlam çerçeveyi (pratikte var olmayan); α , çarpımsal kırpışma parametresini; β , toplamsal kırpışma parametresini; (x, y) ,

uzamsal konumu ve t ise zaman indisini göstermektedir. Modelden açıkça görüldüğü gibi kırpışma parametreleri uzamsal olarak değişkendir.

Bu durumda kırpışma giderim işlemi (3.2)'deki gibi ifade edilebilir.

$$I_d(x, y, t) = (I_b(x, y, t) - \beta(x, y, t)) / \alpha(x, y, t) \quad (3.2)$$

Burada I_d kırpışma etkisi giderilen düzeltilmiş çerçeveyi göstermektedir. Buradan kırpışma etkisini giderebilmek için kırpışma parametreleri olan α ve β 'nin kestirilmesi gerektiği açıktır. Literatür özetinde de değinildiği gibi bir çok yöntem düzeltme parametrelerini kırpışma etkisi bulunmayan temiz bir çerçeveden elde etmeye çalışmaktadır. Ancak her çerçeve için aynı referans çerçeve kullanılamayacağından ve her bir çerçeve için temiz bir çerçeve seçmek zor olduğundan genel olarak önceden düzeltilmiş çerçevenin bu amaçla kullanılması pratikte uygulanmaktadır (Roosmalen et al 1999). Ancak bu durumda oluşacak hata birikiminin önüne geçmek için genellikle bir unutma faktörü kullanılarak kırpışma etkisi doğrudan düzeltilmiş çerçeveye etkiletilmektedir. Bozuk çerçeve etkisinin doğrudan düzeltilmiş çerçeve dahil edilmesi nedeniyle bu tip yöntemlerin etkin bir kırpışma giderimi gerçekleştirilmesi beklenemez.

Bu çalışmada önerilen yöntemin getirdiği önemli bir yenilik kırpışma parametrelerinin hesaplanmasında çerçeve/blok ortalama ve değışinti değerlerinin zamansal olarak yumuşatılmasının (süzgeçlenmesinin) kullanılmasıdır. Böylelikle tamamen kırpışma etkisi giderilmiş çerçevelerin elde edilmeye çalışılması yerine görsel olarak kırpışma etkisinin gözlenmesini engelleyecek şekilde ardışık çerçevelerdeki değışimlerin yumuşatılması hedeflenmiştir. Benzer bir yaklaşım (doğrudan temiz çerçeveyi kurtarmak yerine görsel olarak kırpışma etkisinin giderilmesi) Petie et al (2004) tarafından önerilen yöntemde de görülmektedir.

3.2.1. Bütünsel kırpışma giderimi

Önerilen yöntemin ilk aşaması uzamsal olarak değışmeyen kırpışma etkisinin

giderilmesi için kullanılan bütünsel kırpışma giderimidir. Böylelikle yerel kırpışma etkisinin giderilmesi daha kolaylaşacaktır. Aynı bütünsel ön-düzeltilme yaklaşımı Ohuchi et al (2000) tarafından da kullanılmaktadır.

Bütünsel kırpışma giderimini gerçekleştirmek için Şekil 3.1’de gösterildiği gibi ilk olarak aynı sahneye ait imge çerçevelerinin ortalama ve değışinti değeri zamansal olarak süzgeçlenmektedir. Bu işlem aşağıdaki şekilde formülize edilebilir.

$$\mu_b(t) = \frac{1}{wh} \sum_{x=1}^w \sum_{y=1}^h I_b(x, y, t) \quad (3.3)$$

$$\sigma_b^2(t) = \frac{1}{wh} \sum_{x=1}^w \sum_{y=1}^h [I_b(x, y, t) - \mu_b(t)]^2 \quad (3.4)$$

Burada $\mu_b(t)$, t . çerçeve için bütünsel ortalamayı (çerçeve ortalamasını) ve $\sigma_b^2(t)$ bütünsel değışintiyi göstermektedir. w ve h ise sırasıyla imge çerçevesinin yatay ve düşey piksel boyutudur.

α_b ve β_b olarak gösterilen bütünsel kırpışma parametreleri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\alpha_b(t) = \sqrt{\frac{\sigma_b^2(t)}{\sigma_{b,h}^2(t)}} \quad (3.5)$$

$$\beta_b(t) = \mu_b(t) - \alpha_b(t) \mu_{b,h}(t) \quad (3.6)$$

Burada $\sigma_{b,h}^2(t)$ ve $\mu_{b,h}(t)$ sırasıyla t . çerçeve için hedeflenen bütünsel değışinti ve ortalama değeri göstermektedir. Yöntemde, bu değeri zamansal olarak alçak geçiren süzgeçten geçirilip böylelikle kırpışmanın görsel etkisinin giderilmesi önerilmektedir. Alçak geçiren süzgeçleme ile çerçeve ortalama ve değışintilerinin sahne boyunca yumuşak şekilde değışmesi sağlanarak ani ışıklılık değışimlerinin

önüne geçilmektedir. Bu amaçla kayan pencere ve ağırlıklandırılmış ortalama kullanan bir süzgecin özyineli olarak kullanılması önerilmiştir. Alçak geçiren süzgeç işlevi gören uygun başka bir süzgeç de bu amaçla kullanılabilir. Hedef çerçeve ortalama ve değışintilerini elde etmek için sahnedeki bütün çerçevelerin ortalama ve değışintileri süzgeçlenmektedir. Önerilen kayan pencere ve ağırlıklandırılmış ortalama kullanan zamansal süzgeç aşağıdaki gibi formülize edilebilir.

$$\sigma_{b,h}^2(t) = \frac{1}{4} [\sigma_b^2(t-1) + 2\sigma_b^2(t) + \sigma_b^2(t+1)] \quad (3.7)$$

$$\mu_{b,h}(t) = \frac{1}{4} [\mu_b(t-1) + 2\mu_b(t) + \mu_b(t+1)] \quad (3.8)$$

Bu işlem yumuşatmayı sağlamak üzere özyineli şekilde tekrarlanmıştır. Yani bir sahneye ait bütün değerler süzgeçlendikten sonra bu değerler (3.7) ve (3.8) kullanılarak tekrar süzgeçlenmiştir. Bu işlem toplamda 20 kez tekrarlanmıştır. Bu sayıda özyinelemenin yeterli olduğuna deneysel olarak karar verilmiştir. Ayrıca incelenen arşiv filmlerinde sahne başlangıcı ve sahne bitimlerinde de kırışma etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Bu etkinin de giderilebilmesi için süzgeçleme işlemi öncesi ortalama ve değışinti değerlerine simetrik dolgulama (symmetrical padding) yapılmıştır. Dolgulama için baştan ve sondan 15 çerçeveye ilişkin veriler kullanılmıştır. Hesaplanan bu hedef değerler (3.5) ve (3.6)'da kullanılarak bütünsel kırışma parametreleri elde edilmiştir. Sonrasında (3.9)'da formülize edilen biçimde bütünsel kırışma giderimi gerçekleştirilmiştir.

$$I_{d,b}(x, y, t) = (I_b(x, y, t) - \beta_b(t)) / \alpha_b(t) \quad , \forall (x, y) \quad (3.9)$$

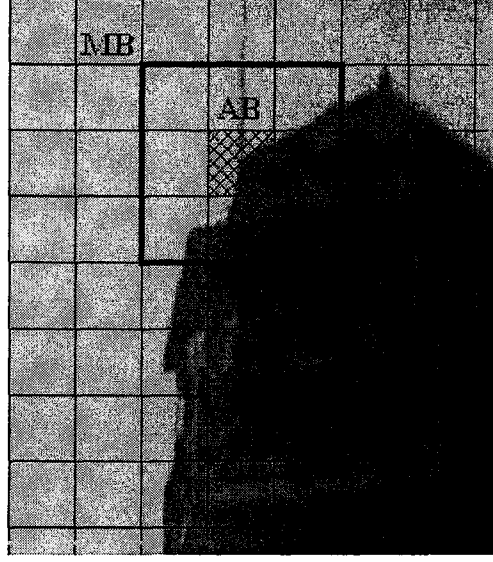
Bu eşitlikte $I_{d,b}$ bütünsel olarak kırışma etkisi giderilmiş (düzeltilmiş) imge çerçevesini göstermektedir. Böylelikle uzamsal olarak değışmeyen kırışma etkisi bu aşamada giderilmiştir. Düzeltilmiş piksel değerlerinin bit derinliği ile belirlenen ışıklılık seviyesi sınırlarını geçmesi durumunda bu piksellerin değerleri sınır değerlere (8-bitlik gri-tonlu imgeler için 0 ve 255'e) çekilmektedir.

3.2.2. Yerel kırpışma giderimi

Kırpışma etkisinin uzamsal olarak değışkenlik gösterebildiği artık genel olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle kırpışma giderme sisteminin ikinci aşamasında yerel kırpışma etkisinin karşılanması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada önerilen yöntemde yerel kırpışma düzeltme işlemi blok temelli olarak yerine getirilmektedir. Ardışık imge çerçevelerindeki karşılıklı blokları başarılı bir şekilde takip edebilmek için bütünsel hareket karşılama kullanılmıştır. Bütünsel kırpışma etkisi giderilmiş imge çerçeveleri ($I_{d,b}$) üzerinden bütünsel hareket vektörlerini bulmak için faz korelasyonu kullanılmıştır. Faz korelasyonu temelli hareket kestirimi göreceli olarak ışıklılık değışimlerine karşı gürbüz olduğu için (Ertürk and Dennis 2000) tercih edilmiştir. Faz korelasyonu ile hesaplanan bütünsel hareket vektörleri (d_x, d_y) ile gösterilirse bu durumda hareket karşılanmış imge çerçevesi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$I_{d,b}^{hk}(x, y, t) = I_{d,b}(x - dx, y - dy, t) \quad (3.10)$$

Yerel işlemeyi kolaylaştırmak için $L \times L$ piksel boyutunda dikdörtgensel bloklardan oluşan alt-bloklar (AB) kullanılmaktadır. Bu alt-bloklar yerel kırpışma giderim aşamasının en küçük parçalarıdır. Yerel kırpışma giderimi için kullanılacak hedef ortalama ve değışinti değerleri, alt-blok ortalama ve değışinti değerlerinin zamansal olarak alçak geçiren süzgeçten geçirilmesiyle elde edilmesi hedeflenmektedir. Bununla birlikte bloklama etkisinden kaçınmak için yerel ortalama ve değışinti değerleri alt-bloğu kapsayan daha büyük bir blok için hesaplanmaktadır. Her bir alt-bloğu içine alan $3L \times 3L$ piksel boyutundaki bloklara makro-blok (MB) adı verilmektedir. Makro-blokların örtüşmesi nedeni ile ortalama ve değışinti değerlerinin yumuşak geçişlere sahip olacağı açıktır (Ertürk and Ertürk 2005). Bu hesaplama yaklaşımı Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3. 2. Örnek bir alt-blok (AB) ve bloğa karşılık gelen makro blok (MB)

Dikkat edilirse örtüşen makro bloklar için hesaplanan ortalama ve değışinti değeri alt-blokların ortalama ve değışinti değeri olarak saklanmaktadır. Yani, alt-blok ortalama ve değışinti değeri

$$\mu_y(m, n, t) = \frac{1}{9L^2} \sum_{x=mL-L}^{mL+L} \sum_{y=nL-L}^{nL+L} I_{d,b}^{hk}(x, y, t), \quad m = 1 \dots \left\lfloor \frac{w}{L} \right\rfloor, n = 1 \dots \left\lfloor \frac{h}{L} \right\rfloor, \quad \forall (m, n) \quad (3.11)$$

$$\sigma_y^2(m, n, t) = \frac{1}{9L^2} \sum_{x=mL-L}^{mL+L} \sum_{y=nL-L}^{nL+L} \left[I_{d,b}^{hk}(x, y, t) - \mu_y(m, n, t) \right]^2, \quad (3.12)$$

$$m = 1 \dots \left\lfloor \frac{w}{L} \right\rfloor, n = 1 \dots \left\lfloor \frac{h}{L} \right\rfloor, \quad \forall (m, n)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada (m, n) alt-blok indisini göstermekte, $\lfloor z \rfloor$ ise z 'den büyük en küçük tamsayıya veya z 'ye eşittir. Hesaplama, imge çerçevesinin kenarlarında makro blok boyutu değıştirilerek örtüşmeyi sağlayacak şekilde yapılmaktadır.

Bütünsel hareket karşılama sayesinde ardışık imge çerçevelerinde alt-blok ortalama ve değışinti değeri sorunsuz şekilde hesaplanmaktadır. Sonrasında bu değeri yerel hedef ortalama ve değışinti değeri için zamansal olarak

süzgeçlenmektedir. Bu amaçla yine kayan pencere ve ağırlıklandırılmalı ortalama kullanan zamansal süzgeç kullanılmaktadır. Bütünsel düzeltmedeki yaklaşıma benzer şekilde uygun bir alçak geçiren süzgeç ile de bu iş yapılabilir. Sahne başı ve sonundaki kırpışma etkisinin de üstesinden gelmek için bütünsel düzeltmede yapıldığı gibi simetrik dolgulama kullanılmaktadır.

Böylelikle hedeflenen yerel değışinti ve ortalama değeri

$$\sigma_{y,h}^2(m,n,t) = \frac{1}{4} [\sigma_y^2(m,n,t-1) + 2\sigma_y^2(m,n,t) + \sigma_y^2(m,n,t+1)], \forall(m,n) \quad (3.13)$$

$$\mu_{y,h}(m,n,t) = \frac{1}{4} [\mu_y(m,n,t-1) + 2\mu_y(m,n,t) + \mu_y(m,n,t+1)], \forall(m,n) \quad (3.14)$$

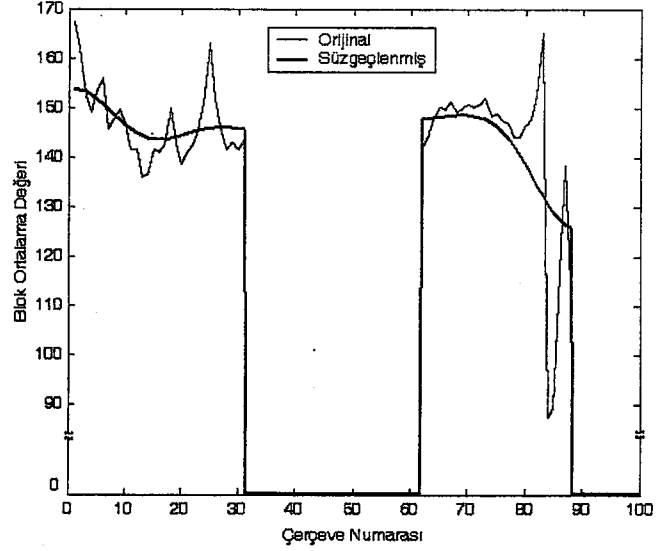
şeklinde hesaplanabilir. Burada da süzgeçleme işlem özyineli olarak 20 kez tekrarlanmaktadır.

Şekil 3.3'de örnek bir blok için orijinal ve zamansal olarak süzgeçlenmiş blok ortalama değeri görülmektedir. Bu şekilden de görüldüğü gibi ışıklılık seviyesindeki dalgalanmalar sahnenin başı ve sonu dahil olmak üzere başarılı şekilde bastırılmaktadır. İlgilenilen blok bir süre için sahne dışına çıkmakta (ortalama değeri sıfır olduğu bölge), daha sonra tekrar sahneye girdiğinde ise sistem ortalama değeri süzgeçlemeye başarılı şekilde devam etmektedir.

İlk yerel düzeltme parametreleri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

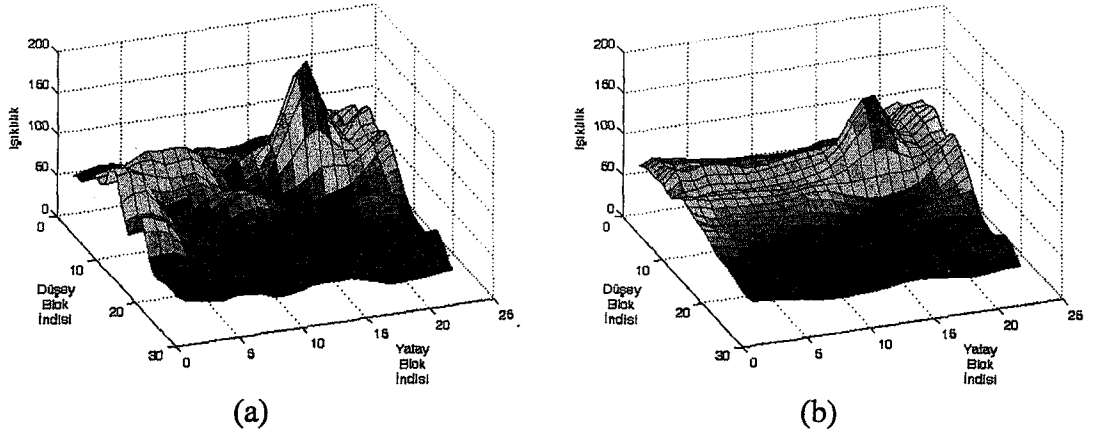
$$\alpha_y(m,n,t) = \sqrt{\frac{\sigma_y^2(m,n,t)}{\sigma_{y,h}^2(m,n,t)}}, \forall(m,n) \quad (3.15)$$

$$\beta_y(m,n,t) = \mu_y(m,n,t) - \alpha_y(m,n,t)\mu_{y,h}(m,n,t), \forall(m,n) \quad (3.16)$$



Şekil 3.3. Örnek bir blok için orijinal ve zamansal süzgeçlenmiş ortalama değerler

Yerel ortalama ve değışinti değerlerinin zamansal olarak süzgeçlenmesi, kırpışma etkisini tamamı ile ortadan kaldırmakla birlikte yerel hareket durumunda önemli bir sorunla karşılaşmaktadır. Yerel nesne hareketi aslında yerel ortalama ve değışintilerde istenen değışimlere neden olmaktadır. Ancak zamansal süzgeçleme ile bu değışimler yumuşatılmakta ve dengelenmektedir. Şekil 3.4’de “Mount” görüntü dizisinden örnek bir çerçeve için gözlemlenen ve zamansal olarak süzgeçlenmiş alt blok ortalama değerleri verilmiştir. Bu şekilden açıkça görüldüğü gibi zamansal süzgeçleme, güçlü bir yumuşatmaya neden olmaktadır. Roosmalen et al (1999) tarafından bu gibi durumlarda yerel bir hareket algılayıcısı kullanılması önerilmektedir. Bu durumda bu bloklara ait kırpışma parametreleri aradeğerleme ile diğer bloklardan elde edilecektir. Ancak bunun pratik bir yaklaşım olmadığı ve kırpışma karşılama performansını ciddi şekilde düşürdüğü gözlemlenmiştir. Onun yerine bu çalışmada kırpışma düzeltme şiddetinin özgün bir kırpışma miktarı algılayıcısı (KMA) ile kontrol edilmesi önerilmektedir.



Şekil 3. 4. “Mount” dizisinin #1982. çerçevesi için (a) orijinal alt blok ortalama değerleri (b) zamansal olarak süzgeçlenmiş alt blok ortalama değerleri

3.2.2.1. Bulanık bir kırışma miktarı algılayıcısı kullanarak yerel kırışma karşılama miktarının kontrolü

Bu çalışmada yumuşatma miktarının, özgün bir kırışma miktarı algılayıcısı (KMA) ile ayarlanması önerilmektedir. Algılayıcının şiddetli bir kırışma belirlemesi durumunda başarılı bir kırışma karşılama için yumuşatma miktarı artırılırken, kırışma yokken veya miktarı düşükken yerel hareketleri başarılı bir şekilde korumak için yumuşatma miktarı düşürülmektedir. Yumuşatma miktarını kontrol etmek için birçok KMA yapısı denenmekle birlikte, bulanık bir sistemin (fuzzy system) kırışma etkisini karşılarken yerel hareketi koruyarak en iyi performansı sağlayabildiği gözlemlenmiştir. Bulanık çıkartım sisteminin önemli avantajı kırışma miktarının dilsel değişkenler aracılığı ile belirlenmesidir.

Kırışma genel olarak imge çerçevesinin ortalama ve değişinti değerini rasgele değiştirmektedir. Özellikle şiddetli kırışma durumunda çerçeve ortalama ve değişinti değerlerinde sapmalar oluşmaktadır. Kırışma miktarı temel olarak bu bilgi kullanılarak elde edilebilir. Bulanık mantık, kırışma miktarı algılayıcısının tasarımına bu açıdan daha fazla esneklik sağlamaktadır.

Önerilen bulanık kırışma miktarı algılayıcısında orijinal çerçeve ortalama ve standart sapmalarının yanı sıra bunların zamansal süzgeçlenmiş halleri de

kullanılmaktadır. Şekil 3.1’de görüldüğü BKMA’ya giriş olarak çerçeve değışintileri girilse de bu aşamada standart sapma kullanılarak verinin dinamik aralığı azaltılmıştır. Kırpışma durumunda orijinal ortalama ve değışinti değeri ile süzgeçlenmiş ortalama ve değışinti değeri arasında önemli bir fark oluşacaktır. Bu farklar kırpışma miktarı hakkında bilgi verebilir. Bu nedenle bu fark değeri BKMA’ya giriş olarak verilmektedir.

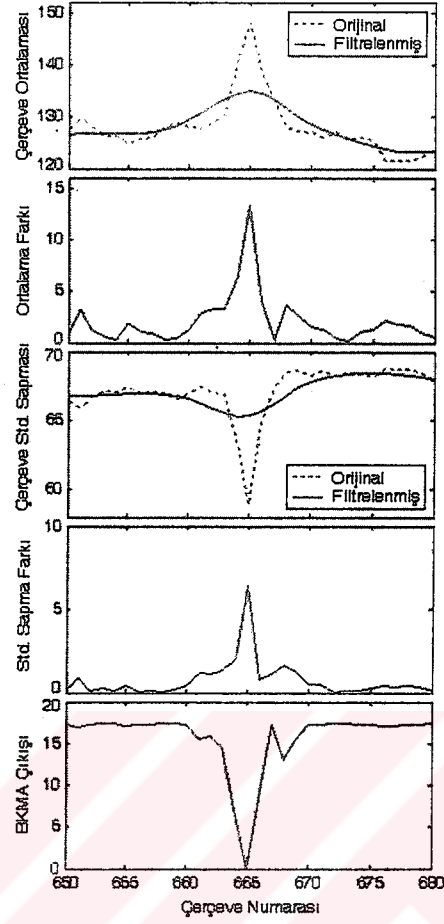
Çıkartım sistemi, üyelik fonksiyonları ve kural tabanı bulanık bir sistemin tasarımında önemli rol oynamaktadır (Ross 1995). Bu durum optimum başarımın sağlanması için kırpışma miktarı algılayıcısı için de geçerlidir. Önerilen sistemde güvenilir sonuçlar elde etmek için Mamdani çıkarım yöntemi seçilmiştir. İyi bir performans elde ederken sistem karmaşıklığını düşük tutmak için iki giriş ve çıkış için toplam üç adet üçgen biçimli üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Çıkış ve giriş üyelik fonksiyonlarının yeri ve biçimi deneysel olarak belirlenmiştir. Kural tabanına, kırpışma durumunda çerçeve ortalama ve değışimleri gözlemlenerek deneysel olarak karar verilmiştir.

Bulanık çıkartım sisteminin kural tabanı Tablo 3.1’de verilmektedir.

Tablo 3. 1. BKMA için Kural Tabanı

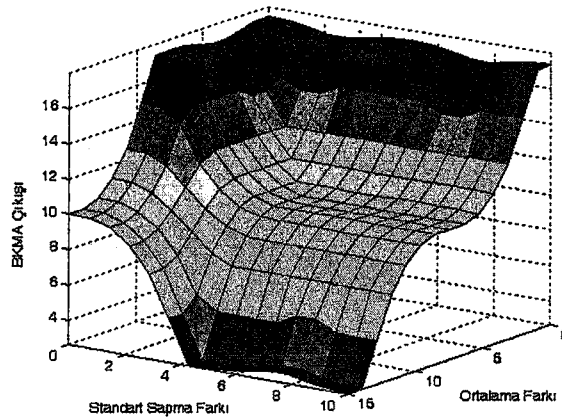
S.Sapma Farkı \ Ort. Farkı	Küçük	Orta	Büyük
Küçük	Büyük	Büyük	Orta
Orta	Büyük	Orta	Küçük
Büyük	Büyük	Orta	Küçük

BKMA’nın çıkışı kırpışma durumunda küçük bir genlik, kırpışma olmaması durumunda ise büyük bir genlik verecek şekilde ayarlanmıştır. Bu çıkış değeri sonraki aşamalarda doğrudan kullanılacağı için belirli bir aralıkta olacak şekilde ayarlanmıştır. Örnek bir BKMA çıkışı Şekil 3.5’de verilmektedir.



Şekil 3. 5. Örnek bir şiddetli kırpışma için BKMA'nın girişleri ve çıkışı

Bu şekilden görüldüğü gibi kırpışma anında BKMA çıkışında düşük değerler vererek kırpışmayı başarılı şekilde belirlemektedir. BKMA ortalama ve standart sapma farklarındaki etkiyi uygun şekilde ağırlıklandırarak kırpışma ve yerel hareket ayrımını yapabilmektedir. BKMA'nın yüzeyi Şekil 3.6'da verilmektedir.



Şekil 3. 6. BKMA'nın yüzeyi

3.2.2.2. Alt-blok α parametrelerinin ince ayarı

Yerel değişinti değerlerinin zamansal süzgeçlenmesi, özellikle yerel hareket durumunda α parametrelerinde aşırı değişime (fazla yumuşatmaya) neden olmaktadır. Roosmalen et al (1999) tarafından toplamsal ve çarpımsal kırpışma parametrelerine benzer bir yumuşatma uygulansa da, bunun özellikle aşırı kırpışma durumlarında tatmin edici sonuçlar vermediği deneylerde görölmüştür. Dolayısıyla önerilen yöntemde çarpımsal kırpışma parametresi farklı bir şekilde ele alınmıştır.

Öncelikle BKMA çıkışı 0 ile 1 arasına ölçeklenerek zamansal süzgeçlenmiş veriler üzerinden elde edilen α değerlerinin katkısını belirlemek için bir ölçekleme çarpanı (k_{BKMA}) elde edilmektedir. Sonrasında güncellenmiş α parametreleri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\alpha_y'(m, n, t) = k_{BKMA} + (1 - k_{BKMA}) \times \alpha_y(m, n, t), \forall (m, n) \quad (3.17)$$

Burada k_{BKMA} , kırpışma miktarı algılayıcısının çıkışından elde edilen ölçekleme çarpanıdır. Bu eşitlik dikkatle incelendiğinde kırpışma olmaması durumunda ($k_{BKMA}=1$) güncellenmiş α parametresinin değeri birim değere yakın olacak ve sonuç olarak yerel bir kırpışma düzeltmesi yapılmayacaktır. şiddetli bir kırpışma durumunda ise ($k_{BKMA} \approx 0$) yerel kırpışma parametresinin etkisi korunup, yerel olarak çarpımsal kırpışma giderimi etkin şekilde yapılacaktır.

Bu aşamada deneysel sonuçlar incelendiğinde bütünsel düzeltilmiş imgenin alt-blok standart sapmasının düşük olduğu bölgelerde çarpımsal kırpışma parametrelerinden kaynaklanan görsel bozulmaların olduğunu görölmüştür. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için bu kez çerçeve içi (intraframe) ilişki kullanılarak ikinci bir ölçekleme yapılması öngörölmüştür. Bu amaçla her bir imge çerçevesi için öncelikle en büyük alt-blok standart sapması ($\sigma_{eb}(t)$) hesaplanmaktadır. Bu işlem (3.18)'de formölize edilmektedir.

$$\sigma_{eb}(t) = \max_{m,n} \{ \sigma_y(m,n,t) \} \quad (3.18)$$

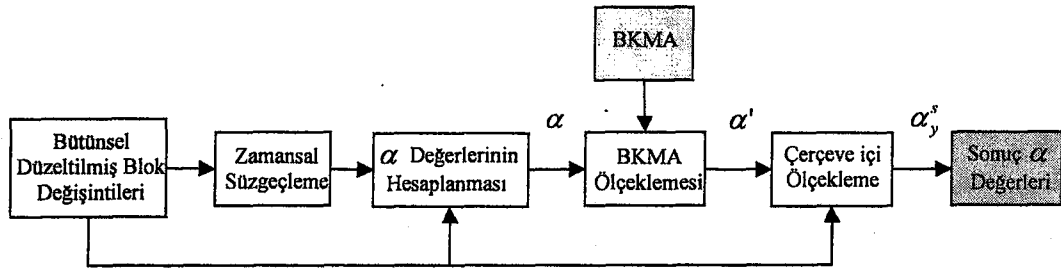
Sonrasında alt-blok standart sapmaları kullanılarak her bir alt-blok için (3.19)'da verilen şekilde bir çerçeve içi ölçekleme çarpanı (k_{ci}) hesaplanmaktadır.

$$k_{ci}(m,n,t) = \frac{\sigma_y(m,n,t)}{\sigma_{eb}(t)}, \forall (m,n) \quad (3.19)$$

Daha sonra güncellenmiş α parametresi üzerinden son bir ince ayar (bu kez çerçeve içi bilgilere bağlı olacak şekilde) yapılarak alt-blok nihai (sonuç) çarpımsal kırpışma parametresi (α_y^s) (3.20)'deki gibi elde edilmektedir.

$$\alpha_y^s(m,n,t) = (1 - k_{ci}) + k_{ci} \times \alpha_y'(m,n,t), \forall (m,n) \quad (3.20)$$

Burada çerçeve için ölçekleme çarpanı k_{ci} 'nin değerinin 0 ile 1 arasında değişebileceği gözden kaçırılmamalıdır. Yapılan çerçeve için ölçekleme ile düşük standart sapmaya sahip bloklara yüksek miktarda çarpımsal düzeltme uygulanmasının önüne geçilerek karşılaşılabilecek olası görsel bozuklukların engellenmesi sağlanmıştır. Şekil 3.7'de çarpımsal kırpışma parametresinin hesaplanması özetlenmiştir.



Şekil 3. 7. Sonuç α değerlerinin hesaplanmasındaki aşamalar

3.2.2.3. Alt-blok β parametrelerinin ince ayarı

Toplamsal kırışma parametresinin ince ayarını yapmak için alt-blok ortalama değerleri BKMA ile tespit edilen kırışma şiddetine göre güncellenir. Alt-blok ortalama değerlerindeki yumuşatma miktarını kontrol etmek için bütünsel olarak düzeltilmiş alt blok ortalama değerleri ($\mu_y(m, n, t)$) ile zamansal olarak süzgeçlenmiş alt-blok ortalama değerleri ($\mu_{y,h}(m, n, t)$) arasındaki fark hesaplanır. $\mu_{fark}(m, n, t)$ olarak ifade edilen bu değer'in hesabı (3.21)'de gösterilmektedir.

$$\mu_{fark}(m, n, t) = \mu_y(m, n, t) - \mu_{y,h}(m, n, t), \forall (m, n) \quad (3.21)$$

Hesaplanan bu fark temel olarak kırışma ve yerel hareket etkisini içermektedir. Bu farkın SOR (successive over-relaxation) ile yumuşatılıp sonrasında bütünsel olarak kırışma etkisi giderilmiş ortalama değerlerinden çıkarılması ile nihai (sonuç) alt-blok ortalama değerleri örnek olarak Şekil 3.8'de verilen şekilde elde edilir.

SOR işlemi çıkışı

$$\mu_{fark}^{SOR}(m, n, t) = \text{SOR} \{ \mu_{fark}(m, n, t) \} \quad (3.22)$$

şeklinde gösterilebilir. Bu durumda nihai (sonuç) alt-blok ortalama değerleri aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

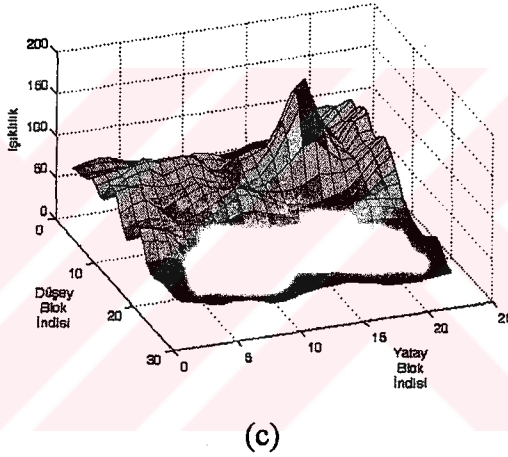
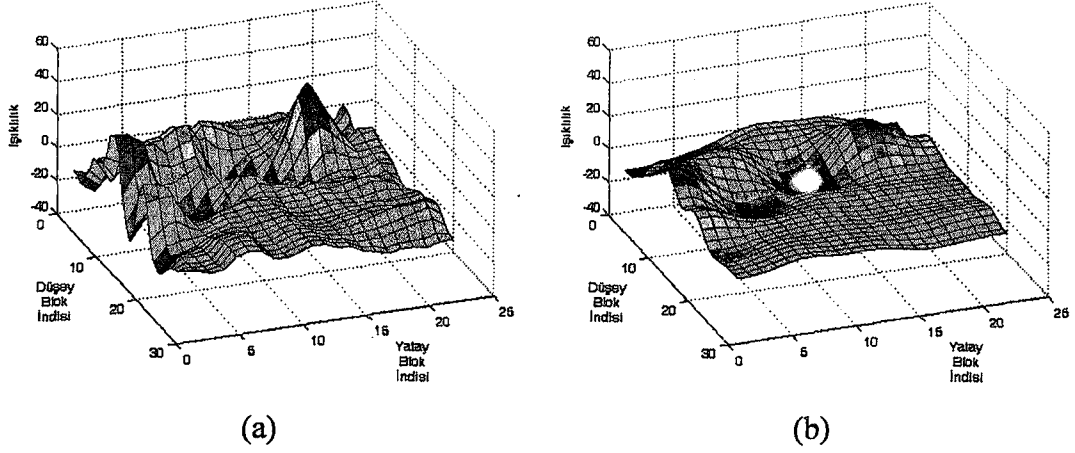
$$\mu_y^s(m, n, t) = \mu_y(m, n, t) - \mu_{fark}^{SOR}(m, n, t) \quad (3.23)$$

SOR ifadesi ise (3.24)'de verilen şekilde formülize edilebilir.

$$\mu_{fark}^{i+1}(m, n, t) = \mu_{fark}^i(m, n, t) - \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 4\mu_{fark}^i(m, n, t) - \mu_{fark}^i(m-1, n, t) \\ -\mu_{fark}^i(m+1, n, t) - \mu_{fark}^i(m, n-1, t) \\ -\mu_{fark}^i(m, n+1, t) \end{bmatrix} \quad (3.24)$$

, $i = 0, \dots, [\text{BKMA çıkışı}]$

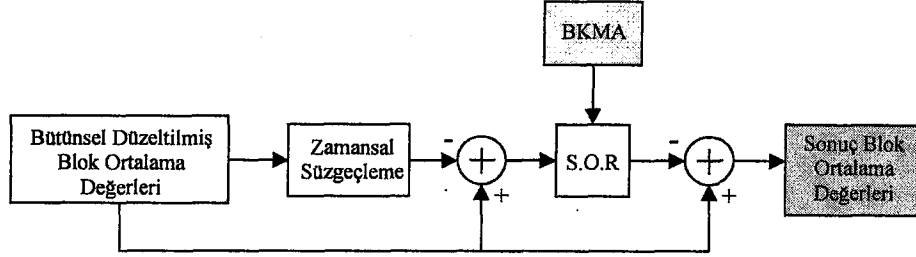
Burada i , BKMA çıkışı ile belirlenen özyineleme sayısını göstermektedir. $\lfloor z \rfloor$ ise z 'den büyük en küçük tamsayıya veya z 'ye eşittir.



Şekil 3. 8. “Mount” dizisinin #1982. çerçevesi için (a) orijinal ve zamansal olarak süzgeçlenmiş ortalama değerleri farkı [Şekil 3.4(a)- Şekil 3.4(b)], (b) fark değerlerinin SOR yöntemi ile yumuşatılmış hali, (c) kırışma etkisi giderilmiş ortalama değerler.

BKMA çıkışı yüksek bir değer alıyorsa (kırışma olmadığı anlamına gelir), SOR işleminin özyineleme sayısı da yüksek olacaktır. Böylelikle fark değeri fazlasıyla yumuşatılarak orijinal yerel blok değerlerinin etkin olması sağlanmaktadır. Şiddetli bir kırışma durumunda ise BKMA sifıra yakın çıkış vereceğinden SOR işleminin özyineleme sayısı düşük olacaktır. Bu durumda $\mu_{fark}(m, n, t)$ yaklaşık olarak korunacak ve bunun sonucu olarak sonuç alt-blok ortalama değerleri zamansal süzgeçlenmiş değerlere yakın olacaktır ($\mu_y^s(m, n, t) \approx \mu_{y,h}(m, n, t)$). Böylelikle kırışma giderimi gerçekleştirilmiş olur.

Şekil 3.9’da nihai alt-blok ortalama değerlerinin elde edilmesindeki aşamalar gösterilmektedir.



Şekil 3. 9. Sonuç blok ortalama değerlerinin hesaplanmasındaki aşamalar

Sonuç alt-blok ortalama değerleri de elde edildikten sonra sonuç toplamsal kırışma parametresi, sonuç çarpımsal kırışma parametresi de kullanılarak (3.25)’deki gibi hesaplanabilir.

$$\beta_y^s(m, n, t) = \mu_y(m, n, t) - \alpha_y^s(m, n, t) \mu_y^s(m, n, t) \quad (3.25)$$

Sonrasında sonuç kırışma parametreleri çift doğrusal aradeğerleme kullanılarak üst-örneklenip (3.2)’de yerine konularak kırışma giderimi gerçekleştirilir.

3.3. Deneysel Sonuçlar

Kırışma düzeltme yöntemlerini karşılaştırmak için kullanılacak en iyi başarımların değerlendirilmesi görsel izlenim ile sağlanabilir. Bununla beraber yöntemlerin başarımlarını karşılaştırmak ve değerlendirmek için bazı grafiksel ve istatistiksel ölçütler de önerilmiştir. Literatürde önerilen yöntemlerin hemen hepsi deneysel sonuçlarında orijinal ve kırışma etkisi giderilmiş çerçeve ortalama ve değişimlerini grafiksel olarak vermektedir. Bu açıdan, orijinal imge çerçevelerinin ortalama ve değişim değeri değerlerinde görülen dalgalanmaların, düzeltilmiş imge çevrelerinde daha yumuşak geçişler halini alması beklenmektedir. Bu ölçüt, bütünsel kırışma giderme performansı ile ilgili bilgi vermekle birlikte, yerel kırışma etkilerinin giderilip giderilmediği noktasında etkili değildir.

Yöntemlerin başarımını değerlendirmede kullanılan diğer bir yaklaşım ise sağlam imge çerçevelerine suni kırpışma etkisi ekleyerek, tekrar orijinal çerçevelerin elde edilmesi üzerine kurulmuştur. Bu noktada kırpışma etkisi giderilmiş imge çerçevelerinin orijinal imge çerçevelerine yakın olması yöntemin başarımını belirlemede kullanılmaktadır. Benzerlik ise genellikle PSNR (Peak Signal to Noise Ratio - en büyük işaret gürültü oranı) metriği kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu tür bir yaklaşım gerçekte bütünsel olmayan kırpışma etkisini bütünsel bir etkiymiş gibi taklit etmeye çalıştığı için geçerli bir yaklaşım olarak değerlendirilmemektedir. Bu nedenle tezin deneysel sonuçlarında bu değerlendirme ölçütü kullanılmamıştır.

Vlachos (2004), Wong et al (2004a) ve Wong et al (2004b) tarafından önerilen yöntemlerde çerçeve ortalama ve değışinti değerlerinin zamansal olarak ele alınan değışintisi bir ölçüt olarak öne sürülmektedir. Bu yaklaşım ancak bütünsel hareket ve aşırı yerel hareket içermeyen çerçeveler için nadiren bir ölçüt olabilir. Çünkü sahne içeriği değıştikçe doğal olarak çerçeve ortalama ve değışintisi de değışecektir. Bu etki, kırpışmadan değil sahenin kendisinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla başarılı bir kırpışma giderim yöntemi imge çerçevelerinin genel ortalama ve değışintilerini takip ederken, kırpışmadan kaynaklanan ani değışimleri bastırmalıdır. Bu nedenle çerçeve ortalama ve değışintilerinin sabit kalmasını ölçüt olarak değerlendirmek kesinlikle doğru bir yaklaşım değildir. Dolayısıyla deneysel sonuçlarda bu ölçüt de kullanılmamıştır.

Pitie et al (2004) tarafından yapılan çalışmada diğer ölçütlere alternatif olarak kırpışma etkisi giderilmiş video dizilerinin sıkıştırma miktarındaki değışikliğin, hem yerel hem de bütünsel kırpışma etkisinin giderilmesinin ölçülmesinde kullanılabileceği ileri sürülmüştür. Bu durumda sabit bir görsel kalite için ışıklılık ve değışinti dalgalanmalarının azaltıldığı kırpışma giderilmiş video dizilerinde daha yüksek bir sıkıştırma miktarına ulaşılması beklenmektedir. Sıkıştırma oranının yerel ışıklılık değışikliklerinden etkilenmesi nedeni ile bu ölçütün yerel kırpışma düzeltme performansını inceleme açısından yeterli olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle deneysel sonuçların nesnel değerlendirmesinde bu ölçüt kullanılmamıştır.

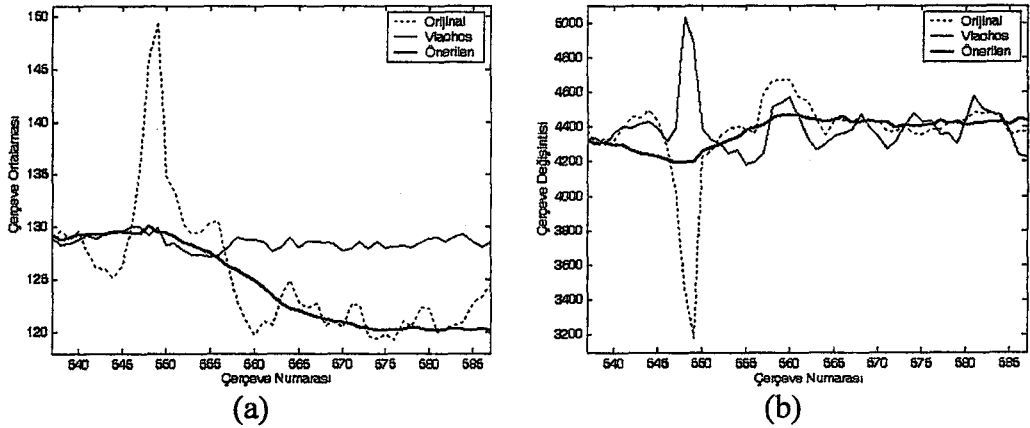
Tez kapsamında geliştirilen yöntemin başarımlı değerlendirilmesi için “Mount” (Mount Tamalpais Gravity Railroad -1917) ve “Farmer” (Farmer Miller Goes Into High Gear (Part I) -1920) adı verilen iki arşiv filminden sahneler kullanılmıştır. Bu filmler hem durağan hem de hareketli sahneler içermekte olup aynı zamanda kırpışma etkisine ek olarak gürültü, kir ve sıyrık gibi diğersel bozuklukları da barındırmaktadır.

Önerilen kırpışma giderim yönteminin başarımlı Roosmalen et al (1999), Ohuchi et al (2000) ve Vlachos (2004) tarafından önerilen yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Roosmalen et (1999) tarafından önerilen yöntem konu ile ilgili yapılan hemen hemen bütün çalışmalarda referans karşılaştırma yöntemi olarak kullanılmıştır. Ohuchi et al (2000) tarafından önerilen yöntem ise bu tez çalışmasında önerilen yöntem ile benzer bir iki aşamalı yaklaşım kullandığından değerlendirmeye alınmıştır. Ancak bu yöntem, herhangi bir unutmama faktörü kullanılmadığı zaman görsel olarak çok kötü sonuçlar verdiği için Roosmalen et al (1999) tarafından önerilen unutmama faktörü yaklaşımı $\kappa = 0.85$ alınarak bu yöntemde uygulanmıştır. Yani düzeltilen çerçeveye %85 oranında referans çerçeveden kestirilen imge etki ederken, %15 oranında kırpışma etkisi bulunan imge etki etmektedir. Karşılaştırmada kullanılan diğersel bir yaklaşım ise Vlachos (2004) tarafından önerilen ve kırpışmayı bütünsel bir etki olarak değerlendiren yaklaşımdır. Bu yaklaşım bütünsel düzeltmenin başarımlı değerlendirilme üzere seçilmiştir.

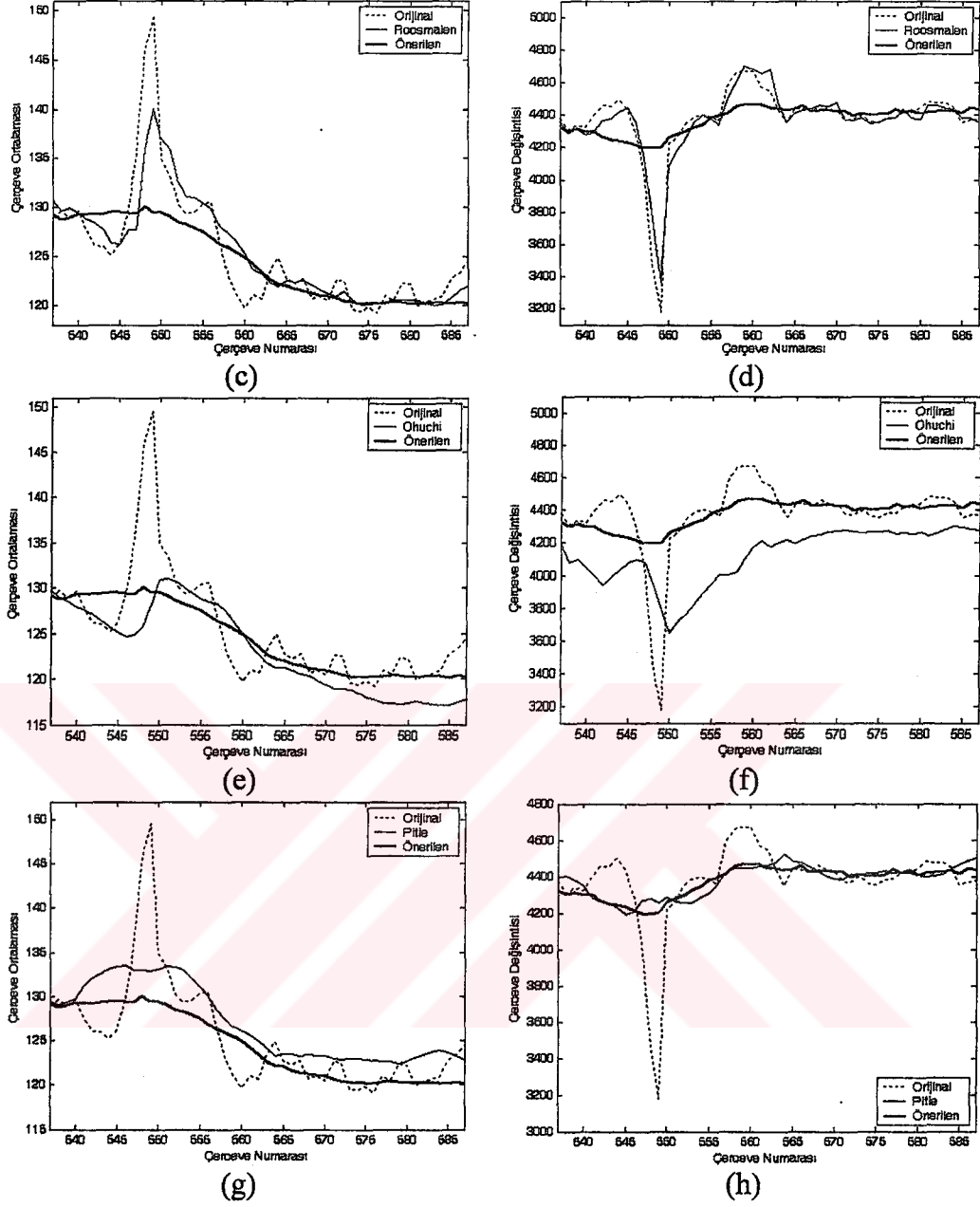
Pitie et al (2004) tarafından önerilen yöntem de karşılaştırma amaçlı kullanılmak istenmiş fakat literatür özetinde belirtildiğı gibi Viterbi yolu tayininde karşılaşılan ve çalışmada değinilmeyen sorun nedeni ile kırpışma etkisini gidermekten oldukça uzak deneysel sonuçlar elde edilmiştir. Literatür özetinde belirtildiğı gibi bu yöntemde yayında belirtilmeyen bir “ön işlem” eklenmiştir. Dolayısıyla yöntemin yayında ifade edilen şekilde çalıştırılması durumunda elde edilen sonuçlar kırpışma gideriminden uzak olduğundan ön işlem eklenmiş halinin Pitie (2006) tarafından sağlanan sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlarda kırpışma derecesi olarak dört seçilmiştir.

“Mount” filminden “Kule” sahnesi için orijinal ve kırpışma etkisi giderilmiş ortalama ve değışinti değersleri Şekil 3.10’da verilmektedir. Kameranın hemen hemen hareketsiz olduğu bu görüntü dizisi, şiddetli bütünsel ve yerel kırpışma etkilerinin

yanı sıra gürültü ve kir etkisi de barındırmaktadır. Şekil 3.10'da görüldüğü gibi "Kule" dizisinin bu parçası şiddetli bir kırışmayı takip eden birkaç küçük ışıklılık değişimi içermektedir. Şekil 3.10(a)'da ve Şekil 3.10(b)'de görüldüğü gibi önerilen yöntemle, çerçeve ortalama ve değişimindeki uzun-erimli değişimler korunurken aşırı ışıklılık değişimleri başarıyla karşılanmıştır. Bununla beraber Vlachos (2004) tarafından önerilen yöntem, referans (burada ilk) çerçevenin ortalama değerine kilitlenmeye çalışarak değişimindeki dalgalanmaları karşılayamamaktadır. Şekil 3.10(c)'de ve Şekil 3.10(d)'de görüldüğü üzere Roosmalen et al (1999) tarafından önerilen yöntemde de, kırışma etkisi tam olarak bastırılmamakta; ışıklılık ve değişiminde, kırışmadan kaynaklanan değişikliklerin çoğu düzeltilmiş imge çerçevelerinde de bulunmaktadır. Şekil 3.10(e) ve Şekil 3.10(f)'de görüldüğü gibi Ohuchi et al (2000) tarafından önerilen yöntem kırışma etkisini giderememekte aynı zamanda çerçevenin genel karakteristiğini de takip edememektedir. Şekil 3.10(g) ve Şekil 3.10(h)'de görüldüğü gibi Pitie et al (2004) tarafından önerilen yöntem ise çerçeve ortalama ve değişimindeki aşırı değişimleri engellemekle birlikte özellikle kırışma sırasında orijinal ortalama değerlerde yükselmeye neden olmaktadır. Pitie et al (2004) ve Önerilen yöntem dışındaki yöntemler için verilen üç yöntemin de temiz bir referans çerçeveye ihtiyaç duyduğu unutulmamalıdır. Performans karşılaştırmasının sağlıklı yapılabilmesi için sahnenin kırışma etkisi bulunmayan ilk çerçevesi elle seçilerek bu yöntemlere referans çerçeve olarak girilmiştir. Daha önce bahsedildiği gibi bu tez çalışmasında önerilen yöntem temiz bir referans çerçeveye gereksinim duymamaktadır.



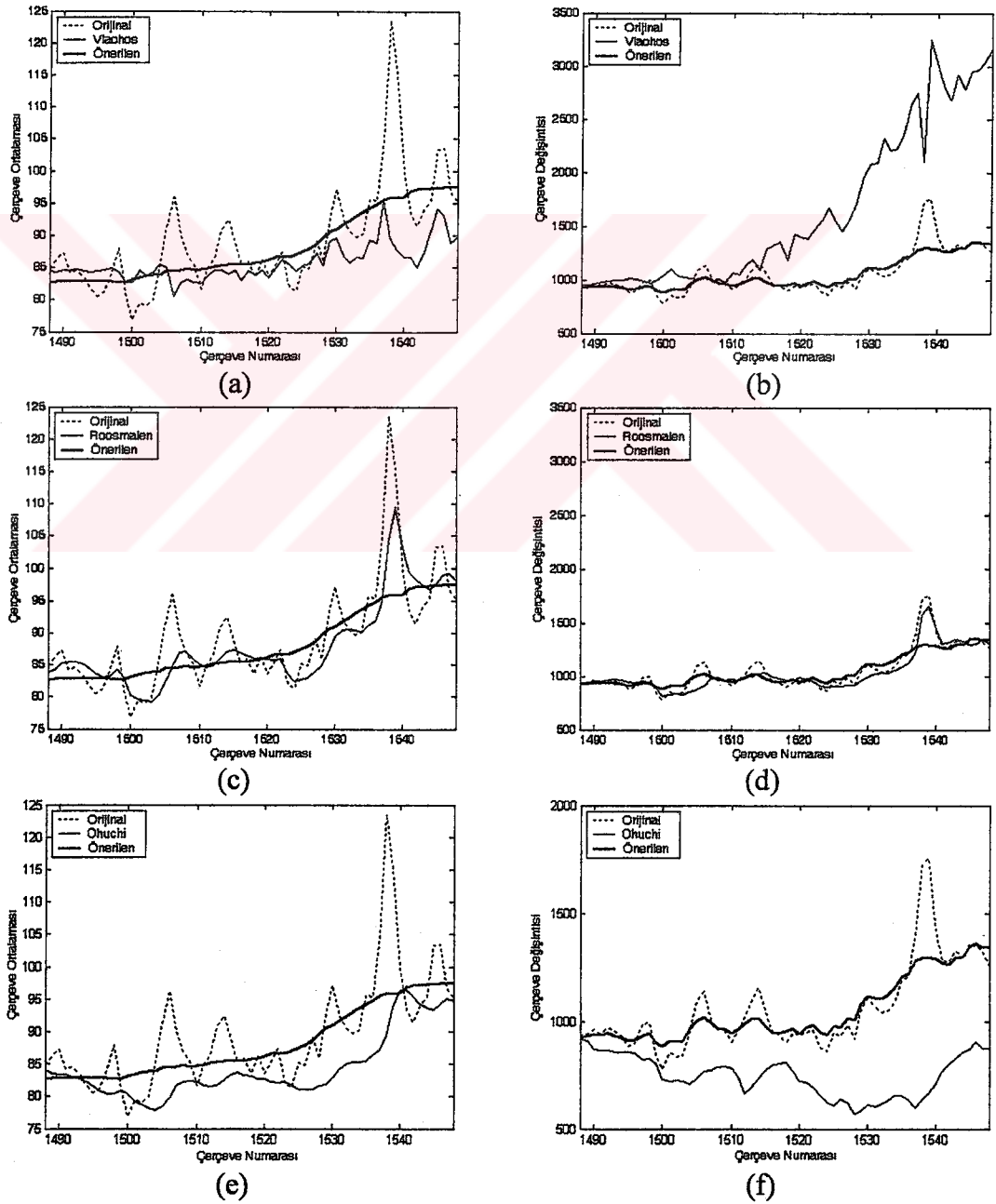
Şekil 3.10. "Kule" dizisi için kırışma giderme yöntemlerinin karşılaştırılması



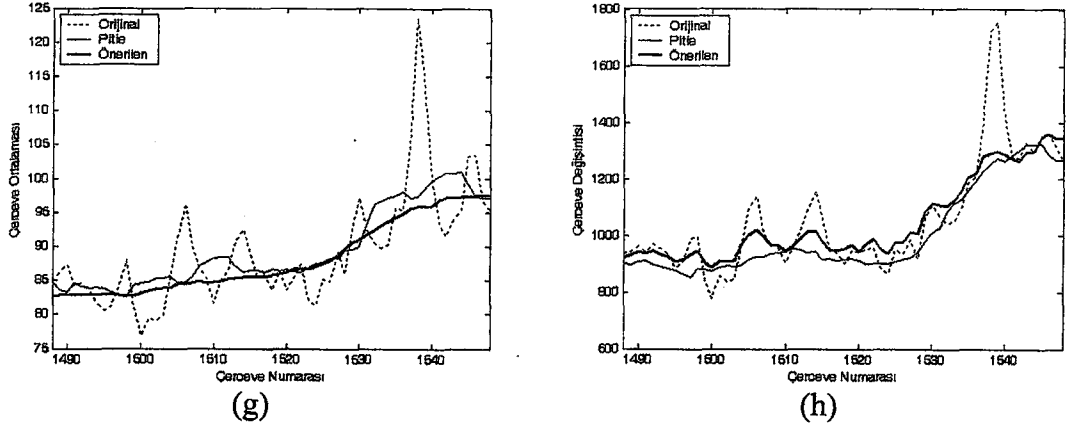
Şekil 3. 10. (devamı) “Kule” dizisi için kırpışma giderme yöntemlerinin karşılaştırılması

Şekil 3.11’de “Mount” filminden “Tren-1” video dizisi için orijinal ve kırpışma etkisi giderilmiş imge çerçevelerinin ortalama ve değışinti değeri gösterilmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi önerilen yöntem yine uzun-erimli değışimleri koruyarak ortalama ve değışintideki dalgalanmaların önüne geçmektedir. Vlachos (2004) tarafından önerilen yöntem ise kamera hareketinden aşırı derecede etkilendiği için çerçeve değışintilerini tamamen yanlış oluşturmakta ve sonuç olarak kırpışma etkisine ek olarak görüntüye görsel bozukluk eklemektedir. Roosmalen et al

(1999) tarafından önerilen yöntem ise ışıklılıktaki aşırı değişimleri bir miktar bastırırken değişimdeki dalgalanmaları yeteri kadar önleyememektedir. Ohuchi et al (2000) tarafından önerilen yöntem yine sahnenin ortalama ve değişim karakteristiğini takip etmekten uzaktır. Ayrıca yöntemin çerçeve değişiminde neden olduğu aşırı düşüş sahnenin kendisinde olmayan görsel bozuklukların oluşmasına neden olmaktadır. Pitie et al (2004) tarafından önerilen yöntem ise çerçeve ortalama ve değişimlerini yumuşatırken kırışma sırasında yine çerçeve ortalamasını bir miktar yükseltmektedir.

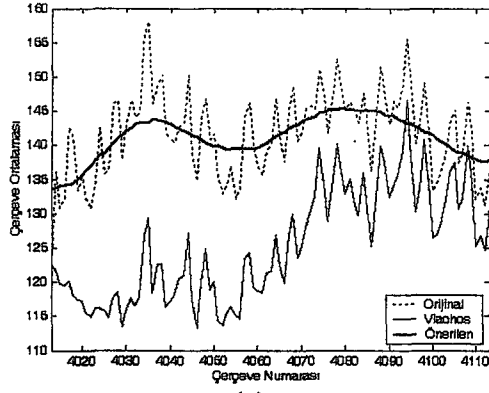


Şekil 3.11. "Tren-1" dizisi için kırışma giderme yöntemlerinin karşılaştırılması

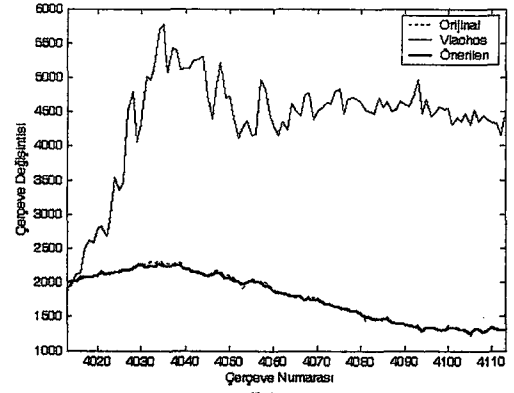


Şekil 3. 11. (devamı) “Tren-1” dizisi için kırpışma giderme yöntemlerinin karşılaştırılması

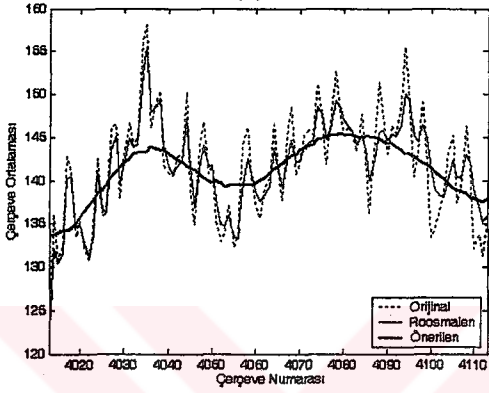
Şekil 3.12’de “Farmer” filminden “Traktör-1” video dizisi için orijinal ve kırpışma etkisi giderilmiş imge çerçevelerinin ortalama ve değışinti değeri gösterilmektedir. Bu görüntü dizisinin çerçeve ortalama değeri sürekli bir kırpışma etkisi gözlenmektedir. Bu sahnedeki kırpışma etkisi diğerlerine nazaran bütünsel etkiye daha yakındır. Önerilen yöntem yine başarılı bir kırpışma giderme performansı sergilemektedir. Vlachos (2004) tarafından önerilen yöntem temiz bir referans çerçevesi verilmesine rağmen, yöntem ışıklık dalgalanmalarını önleyememiş ve çerçeve değışintileri için tamamı ile hatalı sonuçlar üretmiştir. Bu kötü sonuçların iki temel nedeni bulunmaktadır. İlk neden, bütün ışıklık seviyelerinin kırpışma etkisinden aynı seviyede etkilendiğinin varsayılması sonucu çerçeve ışıklık profil eğrisinin yanlış çıkarılması ve sonuç olarak hatalı düzeltme işlemlerinin yapılmaya çalışılmasıdır. Diğer neden ise sıkıştırılmış video dizileri kullanılması nedeni ile çerçeve ışıklık profilinde oluşan boşlukların yumuşatma performansını önemli ölçüde düşürmesidir (Vlachos 2005). Roosmalen et al (1999) tarafından önerilen yöntem ise, kırpışma miktarını bir miktar düşürmekte ancak kırpışma etkisini tamamen düzeltmekten oldukça uzak bir başarı sağlanmaktadır. Ohuchi (2000) tarafından önerilen yöntem ise yine kırpışma etkisini giderememekte ve çerçeve değışintilerinde neden olduğu aşırı düşüş sonucu görsel bozukluklara neden olmaktadır. Pitie et al (2004) tarafından önerilen yöntem ise çerçeve ortalama ve değışintilerini yumuşatarak kırpışma giderimi gerçekleştirmektedir.



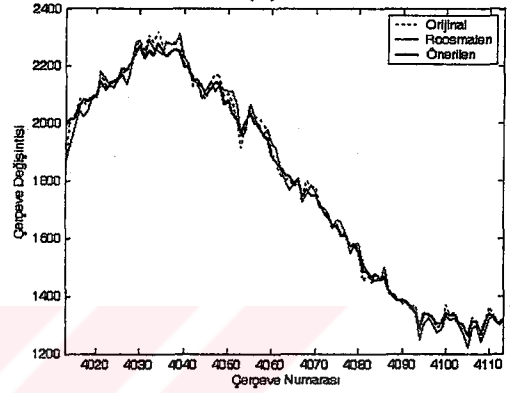
(a)



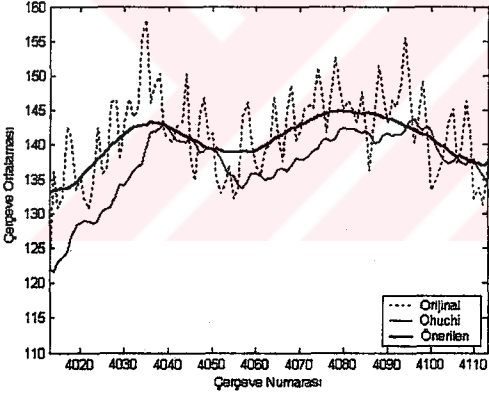
(b)



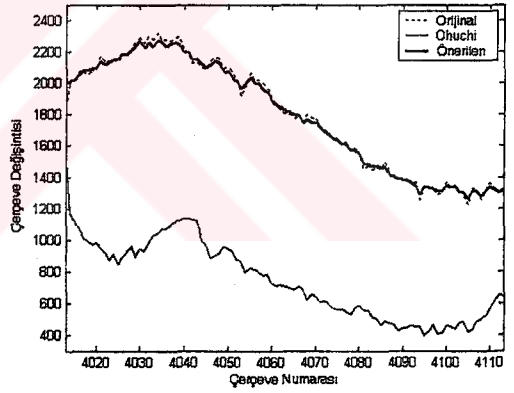
(c)



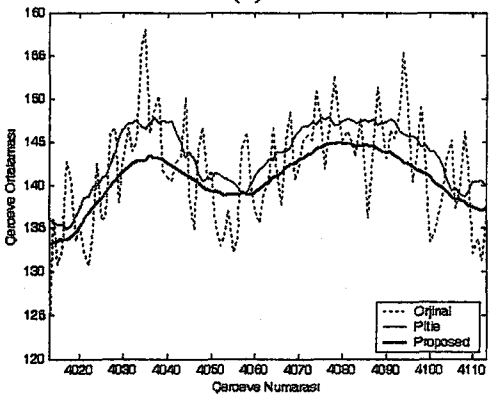
(d)



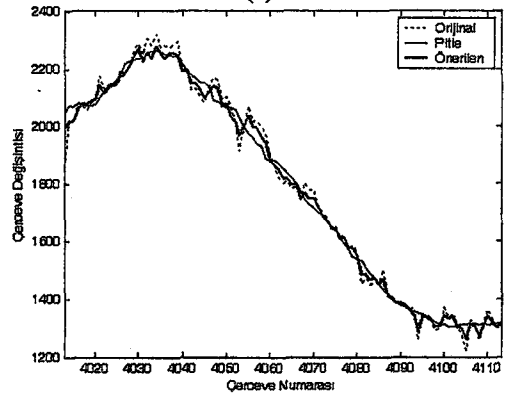
(e)



(f)



(g)



(h)

Şekil 3. 12. “Traktör-1” dizisi için kırpışma giderme yöntemlerinin karşılaştırılması

Şimdiye kadar verilen grafiksel sonuçlar yöntemlerin düzeltilmiş imge çerçevelerinin ortalama ve değişintilerinde neden olduğu değişimi incelememize yardımcı olmaktadır. Ancak tek başına çerçeve ortalama değerlerinin yumuşak geçişlere sahip olması yöntemin yüksek başarımlı gösterdiğini ifade etmez. Bu noktada en önemli konu yerel hareketin korunmasıdır. Kırpışma giderimi esnasında yerel hareketin korunması ve bu hareketlerin herhangi bir görsel bozukluğa neden olmaması gerekir. Bu açıdan yerel değişimleri de göz önüne alacak bir değerlendirme yapılmalıdır. Pitie et al (2004) tarafından önerilen sıkıştırma başarımlı karşılaştırması bu noktada nesnel bir ölçüt olarak kullanılabilir. Ancak kırpışma giderim yöntemleri çerçeve değişintisinde aşırı düşüşe neden oluyorsa bu durumda doğal olarak o yöntemin sıkıştırma başarımlı yüksek olacaktır. Bu nedenle tek başına sıkıştırma başarımlı değerlendirmek de doğru bir yaklaşım değildir. Çerçeve ortalama ve değişintilerinin takibi yöntemlerin genel başarımlı hakkında bilgi verirken sıkıştırma başarımlı ise yerel etkilerin korunup korunmadığı hakkında bilgi vermektedir. Bu iki ölçütün birlikte değerlendirilmesi ile etkin bir karşılaştırma yapılabilir.

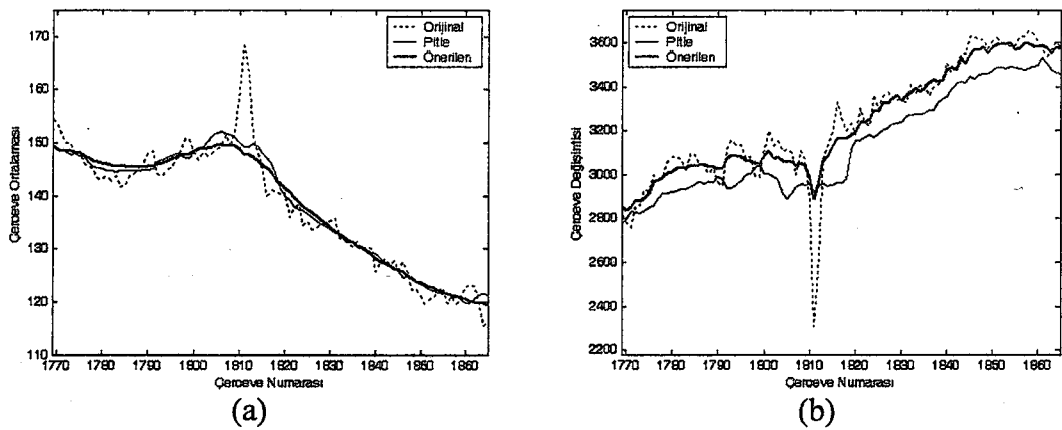
Bu noktadan hareketle yöntemlerin sıkıştırma performansını değerlendirmek için orijinal ve kırpışma giderilmiş video dizileri, Microsoft® MPEG-4 v2 değişken bit uzunluklu kodlayıcı kullanılarak sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma oranında, orijinal sıkıştırılmış video dizisine göre oluşan değişiklik Tablo 3.2’de verilmektedir. Tablodan görüldüğü gibi sıkıştırma performansındaki artış açısından önerilen yöntem test edilen diğer iki yöntemden daha iyi sonuç vermektedir. Sıkıştırma oranları yüksek oranda kodlayıcının ayarlarına bağlı olmakla birlikte, önerilen yöntem bütün değişken bit uzunluklu kodlama parametreleri için diğer yöntemlerden iyi sonuç vermiş ve Tablo 3.2’de ortalama bir sonuç gösterilmiştir.

Tablodan açıkça görüldüğü üzere bu çalışmada önerilen yöntem Roosmalen et al (1999) ve Vlachos (2004) tarafından önerilen yöntemlerden daha yüksek bir sıkıştırma başarımlı sağlamaktadır. Ancak Ohuchi et al (2000) tarafından önerilen yöntemin sıkıştırma başarımlının aşırı derecede yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Bunun temel nedeni yöntemin imge çerçevelerinin değişintisinin düşmesine neden olarak görsel bozukluklara yol açmasıdır. Vlachos (2004) tarafından önerilen yöntem de genel olarak çerçeve değişintilerinde aşırı yükselmeye neden olmaktadır.

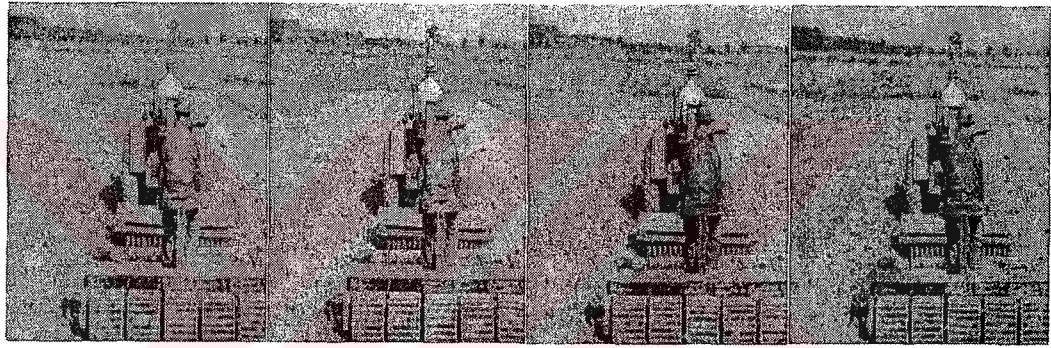
Tablo 3. 2. Sıkıştırma Performansı Karşılaştırması

Dizi \ Yöntem	Önerilen Yöntem (%)	Vlachos (2004) (%)	Roosmalen et al (1999) (%)	Ohuchi et al (2000) (%)	Pitie et al (2004) (%)
Kule	18,74	9,07	7,74	24,99	19,13
Tren-1	21,04	-84,01	13,96	57,89	25,94
Tren-2	6,94	-88,84	3,29	47,03	10,31
Traktör-1	5,24	-11,20	2,88	66,40	3,62
Traktör-2	10,30	-25,49	7,02	65,19	8,43
Ortalama	11,56	-38,87	6,87	56,78	12,03

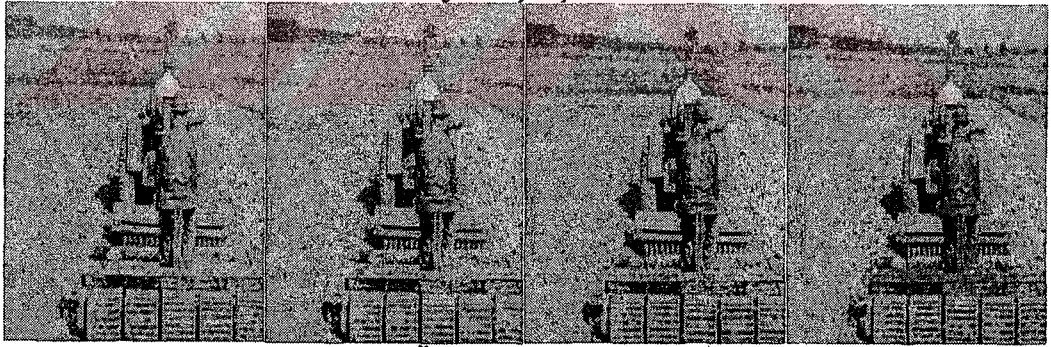
Bu da yine görsel bozukluklara yol açmaktadır. Bu nedenle Ohuchi et al (2000) ve Vlachos (2004) tarafından önerilen yöntemlerin sıkıştırma başarımlarını değerlendirmek nesnel bir yaklaşım olmayacaktır. Pitie et al (2004) tarafından önerilen yöntem bazı durumlarda önerilen yöntemden daha yüksek sıkıştırma başarımları sağlamaktadır. Düzeltilmiş imge çerçeveleri incelendiğinde Pitie et al (2004) tarafından önerilen yöntemin bu görüntü dizilerinde bulanıklaşmaya (blur) neden olduğu görülmüştür. Bu bulanıklaşmayı grafiksel olarak gösterebilmek için “Tren-2” dizisinin çerçeve ortalama ve değişimleri, önerilen yöntem ve Pitie et al (2004) tarafından önerilen yöntemin sonuçları ile birlikte Şekil 3.13’de verilmektedir. Çerçeve değişimlerinin zamansal değişimi incelendiğinde Pitie et al (2004) tarafından önerilen yöntemin orijinal çerçeve değişimlerinde düşüşe neden olduğu açıkça görülmektedir. Bunun sonucu olarak bu dizler için Pitie et al (2004) tarafından önerilen yöntemin sıkıştırma başarımları artmaktadır. Sonuç olarak tek başına sıkıştırma başarımlarını değerlendirmek yerine bunu çerçeve ortalama ve değişimlerinin zamansal değişimi ile birlikte değerlendirmek en doğru yaklaşımdır.

**Şekil 3. 13. “Tren-2” sahnesi için Pitie et al (2004) sonuçlarının karşılaştırılması**

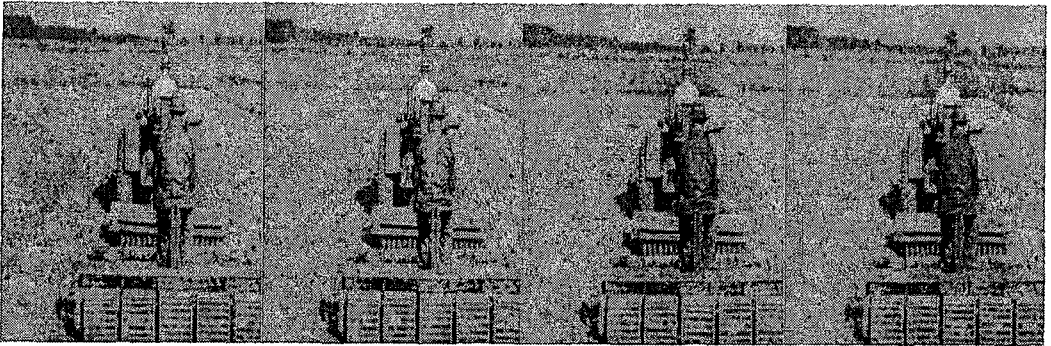
Karşılaştırmada kullanılan yöntemlerin görsel başarımlarını değerlendirmek üzere “Tren-1” ve “Traktör-2” sahnelerinden orijinal ve değerlendirme için kullanılan yöntemlerle kırışma etkisi giderilmiş birkaç çerçeve Şekil 3.14 ve Şekil 3.15’de verilmektedir. Bu imge çerçevelerinde yerel kırışma etkisi açıkça görülmektedir. Önerilen yöntem yerel hareketleri koruyarak başarılı şekilde kırışma giderimi gerçekleştirebilirken, Pitie et al (2004) tarafından önerilen yöntem çerçeve ışıklılık seviyelerinde hafif bir yükselmeye neden olarak kırışma etkisini giderebilmektedir. Roosmalen et al (1999) tarafından önerilen yöntem kırışmayı kısmen giderebilmektedir. Vlachos (2004) ve Ohuchi (2000) tarafından önerilen yöntemler ise görsel bozukluklara neden olmaktadır.



Orijinal Çerçeveler

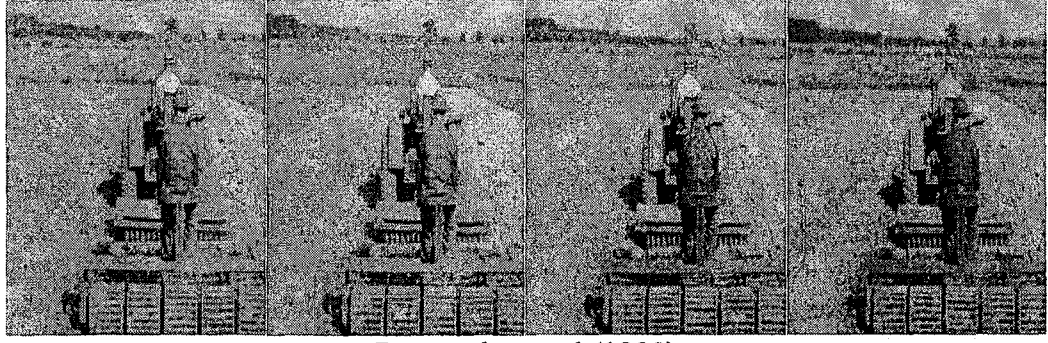


Önerilen Yöntem

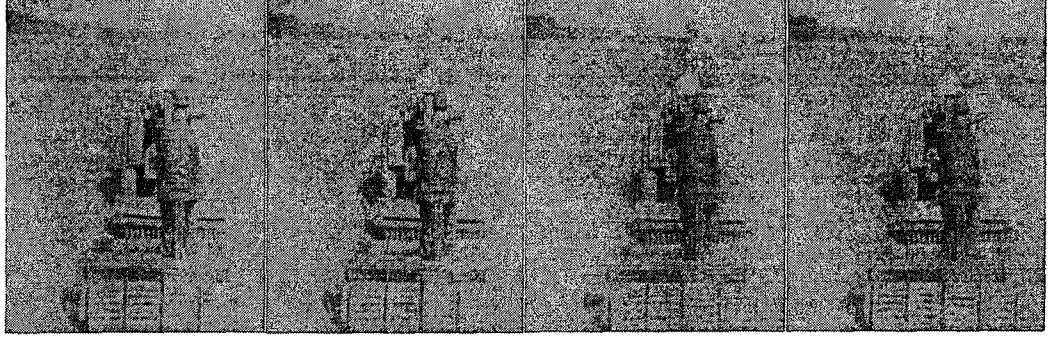


Pitie et al (2004)

Şekil 3.14. Traktör-2” sahnesinden #4177- 4180 çerçeveleri için orijinal ve kırışma etkisi giderilmiş imge çerçeveleri



Roosmalen et al (1999)



Ohuchi et al (2000)



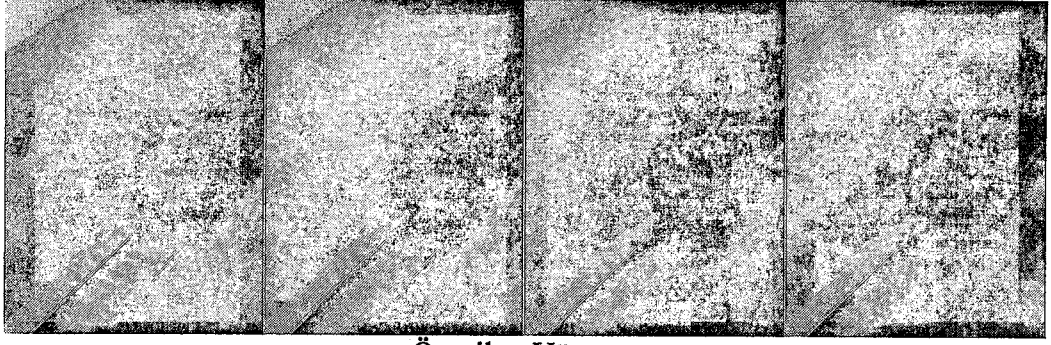
Vlachos (2004)

Şekil 3. 14. (devamı) “Traktör-2” sahnesinden #4177- 4180 çerçeveleri için orijinal ve kırışma etkisi giderilmiş imge çerçeveleri



Orijinal Çerçeveler

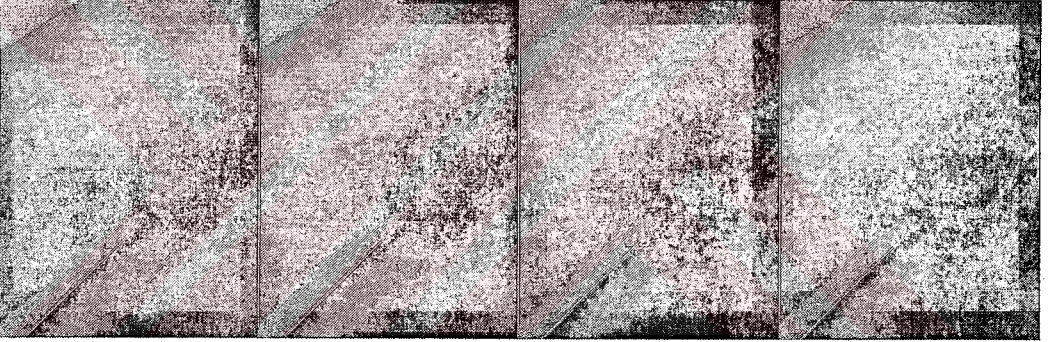
Şekil 3.15. “Tren-1” sahnesinden #1653-1656 çerçeveleri için orijinal ve kırışma etkisi giderilmiş imge çerçeveleri



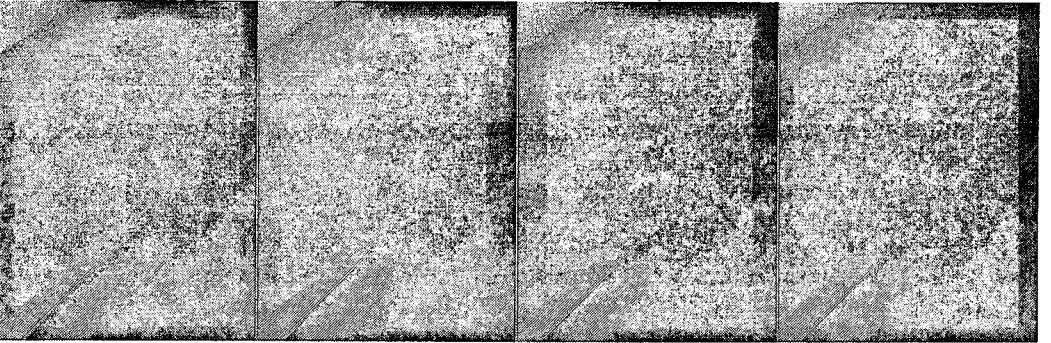
Önerilen Yöntem



Pitie et al (2004)

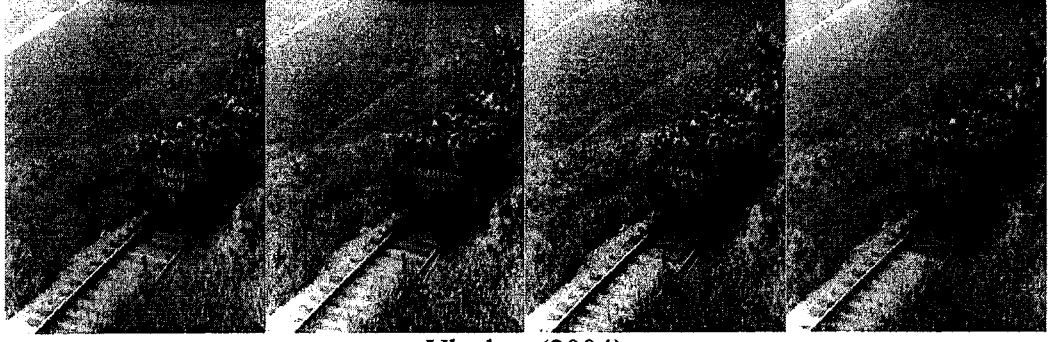


Roosmalen et al (1999)



Ohuchi et al (2000)

Şekil 3. 15. (devamı) “Tren-1” sahnesinden #1653-1656 çerçeveleri için orijinal ve kırpışma etkisi giderilmiş imge çerçeveleri



Vlachos (2004)

Şekil 3. 15. (devamı) “Tren-1” sahnesinden #1653-1656 çerçeveleri için orijinal ve kırışma etkisi giderilmiş imge çerçeveleri

3.4. Önerilen Kırışma Giderim Sistemi Üzerine Vargılar

Bu tez çalışmasında kırışma etkisinin giderilmesi için ortalama ve değışinti değeriinin zamansal olarak yumuşatılmasını temel alan bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin önemli bir yönü, kırışma etkisi barındırmayan referans bir çerçeveye gereksinim duymamasıdır. Önerilen yöntem, bütünsel kırışma karşılmasını takip eden yerel kırışma karşılama olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Çalışmada ayrıca kırışma miktarının şiddetine göre yumuşatma miktarını ayarlamak için bulanık bir kırışma miktarı algılayıcısı (BKMA) geliştirilmiştir. Doğrusal kırışma modelinin toplamsal ve çarpımsal kırışma giderme parametreleri farklı yöntemlerle elde edilerek daha yüksek bir başarıml sağlanmıştır. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin üstün başarımlını doğrulamıştır.

Bu sayede arşiv videolarında sıkça rastlanan ve en önemli bozukluk olarak değerlendirilebilecek kırışma etkisini başarı ile gideren bir yöntem geliştirilmiştir. Kırışmanın doğrudan diğer bozukluk onarımlarına etkisi olacağından, bunun bir sonucu olarak sonraki video onarım aşamaları da daha yüksek başarımla gerçekleştirilebilecektir. Önerilen yöntem için videonun sahnelere ayrılması gerektiği açıktır. Bu amaçla, yine bu tez kapsamında geliştirilen yüksek başarımlı alt-örneklenmiş imgelerin faz korelasyonu temelli ani sahne geçişi algılama yöntemi (AÖİFK) kullanılmıştır.

BÖLÜM 4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, kültürel mirasımızın önemli bir parçası ve geçen asırdaki önemli olayların bir anlamda tarihi belgelerini içeren arşiv filmlerinin onarılması ele alınmıştır. Arşiv filmlerinde karşılaşılan onlarca görsel bozukluk arasından kırpışma etkisinin giderilmesi hedeflenmiştir. Ancak kırpışmanın etkin şekilde giderimi ve sonraki onarım aşamalarının operatör desteği olmadan otomatik şekilde yapılabilmesi için ani sahne geçişlerinin de yüksek başarıyla tespit edilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, kırpışma etkisinin başarıyla giderilmesi sonraki onarım aşamalarında karşılaşılabilecek sorunların da üstesinden gelmeye yardımcı olacağı için onarım açısından öncelikli ve önemli bir konudur.

Yukarıda belirtilen kapsam doğrultusunda öncelikle arşiv filmlerindeki ani sahne geçişlerinin yüksek başarıyla algılanması üzerinde çalışılmıştır. Bu amaçla bu tez çalışması kapsamında özgün olarak geliştirilen iki yöntem önerilmiştir. Yöntemlerden ilki imge çerçeveleri arasında en iyi geçişi sağlayan çekirdeğin en küçük kareler yaklaşımı ile tespiti sonrasında, bu çekirdeği kullanarak sonraki çerçevenin kestirilmesi temeline dayanmaktadır. Tek çerçevelik bozucuların yöntemin başarımını etkilemesini engellemek için bir doğrulama aşaması sisteme dahil edilmiştir. Böylelikle her türlü görsel bozukluğu ve aşırı nesne ve kamera hareketi içeren arşiv filmleri için %93 oranında kesinlik ve hatırlama başarımı sağlanmıştır.

Bu tez çalışmasında geliştirilen diğer bir ani sahne geçişi algılama yönteminde ise ardışık imge çerçevelerinin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değerlerinin takibi kullanılmaktadır. Ancak literatürdeki yaklaşımlardan farklı olarak alt-örneklenmiş imge çerçeveleri üzerinden hesaplanan faz korelasyonu ile yöntem hem arşiv filmlerine karşılaşılan bozukluklara karşı hem de aşırı nesne ve kamera hareketine karşı gürbüzlük kazandırılmıştır. Sonrasında yerel ve bütünsel eşikten oluşan çift aşamalı bir yaklaşımla ani sahne geçişi adayları tespit edilmiştir. Faz korelasyonunun

düz tonlu sahnelerde hatalı algılamalara neden olmasını engellemek için ise çerçeve ortalama ve değişintilerini kullanan bir hatalı algılamaları önleme yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu yöntem test edilen arşiv filmlerinde %99 oranında kesinlik ve hatırlama başarımı sağlayarak literatürdeki diğer yöntemlerden açıkça daha iyi sonuç vermiştir. Bu yöntemin diğer bir avantajı ise işlem yükünün düşük olması nedeni ile gerçek zamanlı olarak çalıştırılabilir olmasıdır.

Tez kapsamında ayrıca, alt-örneklemenin faz korelasyonu yüzeyinin tepe değeri üzerindeki olumlu etkisi kuramsal olarak gösterilmiş ve yapılan deneyler ile de bu kuram doğrulanmıştır.

Arşiv filmlerinde öncelikle giderilmesi gereken bozukluk olan kırpışma giderimi için ise literatürde önerilen doğrusal bir model kullanılarak yeni bir yaklaşım getirilmiştir. Yöntemde, literatürdekilerden farklı olarak kırpışma etkisi bulunmayan temiz bir çerçeveye gereksinim ortadan kaldırılmıştır. Yöntem temel olarak çerçeve ortalama ve değişintilerinin zamansal olarak süzgeçlenmesi mantığına dayanmaktadır. Öncelikle bütünsel olarak yapılan bu işlem, sonrasında yerel kırpışma etkilerinin de giderilebilmesi için ikinci aşamada yerel olarak da gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, yine özgün olarak kırpışma miktarının tespit edilmesi için bulanık mantık temelli bir kırpışma miktarı algılayıcısı önerilmiş ve kullanılmıştır. Literatürdeki benzer modeli kullanan çalışmalardan farklı olarak toplamsal ve çarpımsal kırpışma parametreleri farklı yaklaşımlarla ele alınarak yöntemin başarımı artırılmıştır. Yöntemin üstün başarımı hem grafiksel hem de sayısal olarak verilen metriklerle nesnel olarak gösterilmiştir. Bu başarımlar ayrıca görsel sonuçlarla da gösterilmiştir. Böylelikle, arşiv filmlerinde karşılaşılan en öncelikle giderilmesi gereken bir bozukluk olan kırpışmanın üstesinden gelmek üzere özgün bir yöntem geliştirilmiş ve yöntemin başarımı kanıtlanmıştır.

Önerilen ani sahne geçişi algılama yaklaşımı sadece sahne geçişlerinin algılanması amacına yönelik geliştirilmiş ve başarımı buna göre değerlendirilmiştir. Ancak imge çerçevelerindeki aşırı hareket hatalı sahne geçişi algılamalarına neden olsa bile bu durumlarda onarım parametrelerinin ilklendirilmesi daha doğru bir yaklaşım olabilir. Benzer bir durum aşırı benzer sahnelerde ani sahne değişiminin kaçırılması durumu

için de geçerlidir. Sahnelerin birbirine aşırı benzemesi halinde onarım yöntemlerinin ilgili parametrelerinin ilklendirilmeden çalıştırılması bir soruna neden olmayabilir. Bu yaklaşımdan yola çıkılarak gelecekte ani sahne değişimlerinin tespiti yerine onarım parametrelerinin ilklendirilmesi gereken yerlerin tespitini hedef alacak bir çalışma yapılması mümkündür.



KAYNAKLAR

1. PRESTOSPACE PROJECT, 2006. Preservation towards storage and access. Standardised Practices for Audiovisual Contents Archiving in Europe (PRESTOSPACE). <http://www.prestospace.org/project/index.en.html>
2. ARMSTRONG S., 1999. Film and Video Restoration using Rank-Order Models. Ph.D. Thesis, University of Cambridge, UK.
3. PRESTO PROJECT, 2006. Preservation Technology for Broadcast Archives (PRESTO). <http://presto.joanneum.ac.at/index.asp>
4. CHENOT, J-H., DREWEY, J.O., LYON, D., 1998. Restoration of Archived Television Programmes For Digital Broadcasting, International Broadcasting Convention Proc.
5. ROOSMALEN, P.M.B.V., 1999. Restoration of Archived Film and Video. Ph.D. Thesis, Delft University of Technology, Netherlands.
6. ALBIOL, A., NARANJO, V., ANGULO, J., 2000. Low Complexity Cut Detection in the Presence of Flicker. IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP), Vol. 3, 957-960.
7. LIENHART R., 2001. Reliable Transition Detection in Videos: A Survey and Practitioner's Guide. International Journal of Image and Graphics, Vol. 1, 469-486.
8. KOPRINSKA, I., and CARRATO, S., 2001. Temporal video segmentation: A Survey. Signal Processing: Image Communication, Vol. 16, 477-500.
9. LEFEVREA, S., HOLLER, J., VINCENT, N., 2003. A Review of Real-Time Segmentation of Uncompressed Video Sequences for Content-Based Search and Retrieval. Real-Time Imaging, Vol. 9, 73-98.
10. NAGASAKA, A., and TANAKA, T., 1991. Automatic Video Indexing and Full-Video Search for Object Appearances. IFIP Working Conference on Visual Database Systems, 113-127.
11. ZHANG, H., KANKANHALLI, A., SMOLIAR, S.W., 1993. Automatic Partitioning of Full-Motion Video. Multimedia Systems, Vol. 1, 10-28.
12. REN W., SHARMA M., SINGH S., 2001. Automated Video Segmentation. International Conference on Information, Communication, and Signal Processing.

13. TANIGUCHI, Y., AKUTSU A., TONOMURA Y., 1997. Panorama Excerpts: Extracting and Packing Panoramas for Video Browsing. ACM International Conference on Multimedia, 427-436.
14. KASTURI, R., and JAIN, R.C., 1991. Computer Vision: Principles. IEEE Computer Society Press.
15. LEE, M.S., YANG, Y.M., LEE, S.W., 2001. Automatic Video Parsing Using Shot Boundary Detection and Camera Operation Analysis. Pattern Recognition, Vol. 34, 711-719.
16. LEFEVRE, S., HOLLER, J., VINCENT, N., 2000. Real Time Temporal Segmentation of Compressed And Uncompressed Dynamic Colour Image Sequences. International Workshop on Real Time Image Sequence Analysis, 56-62.
17. DEMARTY, C.H., and BEUCHER, S., 1999. Morphological Tools for Indexing Video Documents. IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, 991-992.
18. MA, Y.F., SHENG, J., CHEN, Y., ZHANG, H.J., 2001. MSR-Asia at TREC-10 Video Track: Shot Boundary Detection Task, 10th Text Retrieval Conference (TREC), 371-377.
19. TONOMURA, Y., and ABE, S., 1990. Content Oriented Visual Interface using Video Icons for Visual Database Systems. Journal of Visual Languages and Computing, Vol. 1(2), 183-198.
20. SETHI, I.K. and PATEL, N., 1995. A Statistical Approach to Scene Change Detection, SPIE Conference Proceedings on Storage and Retrieval for Image and Video Databases, Vol. 2420, 329-339.
21. GARGI, U., KASTURI, R., STRAYER, SH., 2000. Performance Characterization of Video-shot-change Detection Methods. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 10, 1-13.
22. TRUONG, B.T., DORAI, C., VENKATESH, S., 2000. New Enhancements to Cut, Fade, And Dissolve Detection Processes in Video Segmentation, ACM International Conference on Multimedia, 219-227.
23. AHMED, M., and KARMOUCH, A., 1999. Video Segmentation Using an Opportunistic Approach. Int. Conf. on. Multimedia Modeling, 389-405.
24. BERTINI, M., BIMBO, A.D., PALA, P., 2001. Content Based Indexing and Retrieval of TV News. Pattern Recognition Letters, Vol. 22, 503-516.
25. CHAHIR, Y., and CHEN, L., 1999. Automatic Video Segmentation and Indexing. SPIE Conference on Intelligent Robots and Computer Vision, Vol. 3837, 345-356.

26. ZABIH, R., MILLER, J., MAI, K., 2001. A Feature-Based Algorithm for Detecting and Classifying Production Effects. *Multimedia Systems*, Vol. 7, 119-128.
27. CANNY, J., 1986, A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 8, 679-698.
28. ZABIH R., and WOODFILL, J., 1994. Non-parametric Local Transforms for Computing Visual Correspondence. *3rd European Conference on Computer Vision*, 151–158.
29. SMEATON, A.F., GORMLEY, G., GILVARRY, J., TOBIN, B., MARLOW, S., MURPHY, N., 1999. An Evaluation of Alternative Techniques for Automatic Detection of Shot Boundaries in Digital Video. *Irish Machine Vision and Image Processing Conference*, 45-62.
30. TRUONG, B.T, VENKATESH, S., DORAI C., 2003. Scene Extraction in Motion Pictures. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 13, 5-15.
31. SAEZ, E., GONZALEZ J.M., PALOMARES, J.M., BENAVIDES, J.I., GUIL, N., 2003. New Edge-Based Feature Extraction Algorithm for Video Segmentation. *Image and Video Communications and Processing 2003 (IS&T/SPIE's 15th Ann. Symp. Electronic Imaging, Science and Technology)*, 861-872.
32. VLACHOS T., 2000. Cut Detection in Video Sequences Using Phase Correlation, *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 7, 173-175.
33. HAGIWARA, M., ABE, M., KAWAMATA, M., 2004. Shot Change Detection and Camerawork Estimation for Old Film Restoration. *IEEE Int. Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, 370-373.
34. PORTER, S., MIRMEHDI, M., THOMAS, B., 2003. Temporal Video Segmentation and Classification of Edit Effects, *Image and Vision Computing*, Vol. 21, 1097-1106.
35. CHERFAOUI M., and BERTIN, C., 1995. Temporal Segmentation of Videos: A New Approach, *SPIE Conference on Digital Video Compression: Algorithms and Technologies*, Vol. 2419, 38-47.
36. BOUTHEMY, P., GELGON, M., GANANSIA, F., 1999. A Unified Approach to Shot Change Detection and Camera Motion Characterization, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 9, 1030-1044.

37. OSIAN, M., GOOL, L.V., 2004. Video Shot Characterization, *Machine Vision and Applications*, Vol. 15, 172-177.
38. LIU, T., ZHANG, X., WANG, D., FENG, J., LO, K.T., 2000. Inertia-Based Cut Detection Technique: A Step to The Integration of Video Coding And Content-Based Retrieval, *IEEE International Conference on Signal Processing*, Beijing, 1018-1025.
39. FATEMI O., ZHANG, S., PANCHANATHAN, S., 1996. Optical Flow Based Model for Scene Cut Detection, *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, Vol. 1, 470-473.
40. QUENOT, G., MULHEM, P., 1999. Two Systems for Temporal Video Segmentation, *European Workshop on Content Based Multimedia Indexing*, 187-194.
41. GAUCH, J.M., GAUCH, S., BOUIX, S., ZHU, X., 1999. Real Time Video Scene Detection and Classification, *Information Processing and Management*, Vol. 35, 401-420.
42. YUSOFF, Y., KITTLER, J., CHRISTMAS, W., 1999. Combining Multiple Experts for Classifying Shot Changes in Video Sequences, *IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, Vol. 2, 700-704.
43. HUANG, C.L., and LIAO, B.Y., 2001. A Robust Scene-Change Detection Method for Video Segmentation, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 11, 1281-1288.
44. BINDEL, D., 2006. Parallel Conjugate Gradients Assignment. <http://www.cs.berkeley.edu/~dbindel/cs267ta/cgnotes.pdf> (10 Şubat 2006)
45. QI, Y., HAUPTMANN, A., LIU, T., 2003. Supervised Classification For Video Shot Segmentation. *IEEE Conference on Multimedia & Expo. (ICME'03)*, Vol. 2, 689-692.
46. ERTÜRK, S., and DENNIS, T.J., 2000. Image Sequence Stabilisation, *IEE Proc. on Vision, Image, and Signal Processing*, Vol. 147, 95-102.
47. FOROOSH, H., ZERUBIA, J.B., BERTHOD, M., 2002. Extension of Phase Correlation to Subpixel Registration, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 11, 188-200.
48. YEO, B.L., and LIU, B., 1995. Rapid Scene Analysis on Compressed Video, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 5, 533-544.
49. SAXTON, W.O., 1997. Transform Noise Statistics and Fourier Component Estimation, *Scanning Microscopy*, Vol. 11, 257-276.

50. BEARZOTI, E., and VENCOVSKY, R., 1998. Estimation of the proportion of genetic variance explained by molecular markers. *Genetics and Molecular Biology*, Vol. 21, 557-566.
51. MOOD, A.M., GRAYBILL, F.A. BOES, D.C., (1974). *Introduction to the Theory of Statistics*. McGraw-Hill, Tokyo.
52. ZHANG, Q., BOSTON, N., 2005. Statistical Distribution Index of Modulation. <http://www.math.wisc.edu/~boston/papers.html>
53. REDDY, B.S., CHATTERJI, R.N., 1996. An FFT-Based Technique for Translation, Rotation, and Scale-Invariant Image Registration, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 5, 1266-1271.
54. RICHARDSON, P., and SUTER, D., 1995. Restoration of Historic Film For Digital Compression: A Case Study, *IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP)*, 49-52.
55. DECENCIERE, E., 1997. *Restauration automatique de films anciens*, Ph.D. Thesis, Ecole Nat. Sup. des Mines de Paris, France.
56. NARANJO, V. and ALBIOL, A., 2000. Flicker Reduction in Old Films, *International Conference on Image Processing (ICIP)*, 1300-1303.
57. SCHALLAUER, P., PINZ, A., HAAS, W., 1999. Automatic Restoration Algorithms for 35mm Film, *Journal of Computer Vision Research*, Vol. 1, 60-83.
58. VLACHOS, T., 2004. Flicker Correction For Archived Film Sequences Using A Nonlinear Model, *IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 14, 508-516.
59. VLACHOS, T., 2005. E-posta yoluyla kişisel iletişim.
60. DELON, J., 2006. Movie and Video Scale-Time Equalization Application to Flicker Reduction. *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 15. 241-248.
61. ROOSMALEN, P.M.B.V., LAGENDIJK, R.L., BIEMOND, J., Correction of Intensity Flicker in Old Film Sequences, 1999. *IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 9, 1013–1019,
62. YANG, X., CHONG, N., 2000. Enhanced Approach to Film Flicker Removal, *Proceedings SPIE Applications of Digital Image Processing*, Vol. 4115, 39–47.
63. WONG, K.K., DAS, A., CHONG, M.N., 2004a. Improved Flicker Removal through Motion Vectors Compensation, *IEEE 3rd Int. Conf. on Image and Graphics*, 552-555.

64. WONG, K.K., DAS, A., CHONG, M.N., 2004b. Enhanced Flicker Removal Through Stationary Block Re-Examination, WSEAS Transactions on Computers, Vol. 2(3), 430-435.
65. OHUCHI, T., SETO, T., KOMATSU, T., SAITO, T., 2000. A Robust Method of Image Flicker Correction for Heavily-Corrupted Old Film Sequences, IEEE Int. Conf. on Image Processing (ICIP), 672-675.
66. PITIE, F., 2002. Removing Flicker from Old Movies. MSc Thesis. University of Nice-Sophia Antipolis, France.
67. KOKARAM, A.C., DAHYOT, R., PITIE, F., Denman, H., 2003. Simultaneous Luminance and Position Stabilization for Film and Video. SPIE Conference on Visual Communications and Image Processing, Vol. 5022, 688-699.
68. PITIE, F., DAHYOT, R., KELLY, F., KOKARAM, A.C., 2004. A New Robust Technique For Stabilizing Brightness Fluctuations In Image Sequences, 2nd Workshop on Statistical Methods in Video Processing in conjunction with ECCV, 153-64.
69. STARK, H., and WOODS, J.W, 2002. Probability and Random Processes with Application to Signal Processing, 3rd Edition, Prentice Hall, NJ, USA.
70. PITIE, F., (2006). E-posta yoluyla kişisel iletişim
71. ERTÜRK, A., and ERTÜRK, S., 2005. Two-Bit Transform for Binary Block Motion Estimation. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 15, 938-946.
72. ROSS, T.J., 1995. Fuzzy Logic with Engineering Applications. Mc Graw Hill, International Edition.

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

1. URHAN, O., GÜLLÜ, M.K., ERTÜRK, S., Modified Phase-Correlation Based Robust Hard Cut Detection with Application to Archive Film. IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, Revised version under review.
2. URHAN, O., GÜLLÜ, M.K., ERTÜRK, S., Enhanced Flicker Compensation for Archive Film Sequences without Reference Frame Requirement. Signal Processing: Image Communication, Revised version under review.
3. URHAN, O., GÜLLÜ, M.K., ERTÜRK, Temporal Flicker Compensation for Archive Film Sequences Employing a Degree of Flicker Detector and Enhanced Contrast Correction, Journal of Electronic Imaging, Revised version under review.
4. URHAN, O., GÜLLÜ, M.K., ERTÜRK, Shot-Cut Detection for B&W Archive Films using Best Fitting Kernel, International Journal of Electronics and Communications (AEÜ), Under review.
5. URHAN, O., GÜLLÜ, M.K., ERTÜRK, S., Improved Phase Correlation Based Scene-Cut Detection for Archive Film Sequences. 4th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO'05), pp. 170-174.
6. URHAN, O., GÜLLÜ, M.K., ERTÜRK, S., 2004. Faz Korelasyonu Kullanarak Arşiv Filmlerinde Ani Sahne Değişiminin Algılanması. 12. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU2004) Bildirileri Kitabı, 335-338.
7. GÜLLÜ, M.K., URHAN, O., ERTÜRK, S., 2004. Arşiv Filmlerinde Zincirleme Sahne Geçişlerinin Algılanması. 12. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU2004) Bildirileri Kitabı, 510-513.
8. GÜLLÜ, M.K., URHAN, O., ERTÜRK, S., 2004. Arşiv Filmlerinde Kırpışma Etkisinin Giderilmesi. 13. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU2005) Bildirileri Kitabı, 155-158.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Erzurum’da doğdu. İlk öğrenimini Erzurum, orta ve lise öğrenimini Kocaeli’de tamamladı. 1997 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü’nden 2001 yılında Elektronik ve Haberleşme Mühendisi olarak mezun oldu. 2001 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Video İçin Nesne Bölütlemesi adlı yüksek lisans tezi ile 2003 yılında Yüksek Mühendis ünvanı aldı. Doktora çalışması süresince TÜBİTAK tarafından desteklenen “Arşiv Filmleri İçin Görüntü Kalitesi Onarımı” adlı araştırma projesinde araştırmacı olarak çalıştı.

Eylül 2001’den itibaren Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Bölümü Kontrol ve Kumanda Sistemleri Ana Bilim Dalı’nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.