

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEÇMELİ TARAMADAN
PROGRESİF TARAMAYA GEÇİŞ ALGORİTMALARI
ve
VIDEO KALİTESİNE ETKİLERİ**

Elektronik ve Hab. Müh. Ebrar KURT

**FBE Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı Elektronik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Herman SEDEF (YTÜ)

İSTANBUL, 2006

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GEÇMELİ TARAMADAN
PROGRESİF TARAMAYA GEÇİŞ ALGORİTMALARI
ve
VIDEO KALİTESİNE ETKİLERİ**

Elektronik ve Hab. Müh. Ebrar KURT

**FBE Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı Elektronik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Herman SEDEF (YTÜ)

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	i
KISALTMA LİSTESİ	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iii
ÇİZELGE LİSTESİ	v
ÖNSÖZ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ	1
2. TELEVİZYON TEKNİĞİNE GİRİŞ	6
2.1 Televizyonda Işık ve Renk	6
2.2 Görüntünün Elektriksel İşarete Dönüştürülmesi	14
2.2.1 Geçmeli Tarama	15
2.2.2 Sıralı Tarama	17
3. GEÇMELİ TARAMADAN SIRALI TARAMAYA GEÇİŞ	18
3.1 GT-ST Geçişin Tanımı ve İhtiyaç Duyulmasının Sebepleri	18
3.2 GT-ST Geçişte Karşılaşılan Problemler	21
3.3 GT-ST Geçişin Resim Kalitesine Etkileri	24
4. GT-ST GEÇİŞ YÖNTEMLERİ	25
4.1 Doğrusal Yöntemler	25
4.1.1 Satır Tekrarı Yöntemi	26
4.1.2 Satır Ortalama Yöntemi	30
4.1.3 Alan Tekrarı Yöntemi	34
4.1.4 Alan Ortalama Yöntemi	35
4.1.5 DZ Filtreleme Yöntemi	36
4.2 Doğrusal Olmayan Yöntemler	38
4.2.1 DZ Medyan Filtreleme Yöntemi	38
4.2.2 Kenar Bağımlı Medyan Filtreleme Yöntemi	41
4.2.3 Ağırlıklı Medyan Filtreleme Yöntemi	42
4.3 Karma Yöntemler	44
4.4 Hareket Uyarlamalı Yöntemler	47
4.5 Hareket Kompanzasyonlu Yöntemler	47
5. HAREKET UYARLAMALI GT-ST GEÇİŞ	49
5.1 Video işaretlerinde Hareketin Algılanması	49
5.2 Hareket Uyarlamalı GT-ST Geçiş	55

6.	DENEYLER ve SONUÇLARI	57
6.1	Deney Aşamaları	57
6.2	Deney Sonuçları ve Değerlendirmeler	60
7.	SONUÇLAR	67
	KAYNAKLAR	68
	ÖZGEÇMİŞ	71

SİMGE LİSTESİ

B	Işık şiddeti yoğunluğu
C	Tüp faktörü
F_{av}	DZ filtrelerde ortalama resim
$F_i(\bar{x}, n)$	Orijinal giriş resmi
f_k	Kırpışmanın algılanabildiği en düşük frekans, eşik frekansı
F_{mot}	Hareketli resim için çıkış
$F_o(\bar{x}, n)$	Orijinalden yöntemler yardımıyla elde edilen çıkış resmi
f_s	Uzaysal ya da zamansal örnekleme frekansı
F_o	Uzaysal frekans
F_{st}	Durağan resim için çıkış
f_u	Ayrık-Uzaysal frekans
f_y	Dikey frekans
F_y	Sürekli-Dikey frekans
f_z	Ayrık-Zamansal frekans
$h(k, m)$	GT-ST geçiş yöntemine ait 2-boyutlu impuls yanıtı
$H_y(e^{jw})$	Ayrık-Dikey frekans yanıtı
$H_y(j\Omega)$	Sürekli-Dikey frekans yanıtı
k	Dikey elemanlar
m	Zamansal elemanlar
P	Hata hesabında alınan örnekleri barındıran pencere
t	Medyan filtrenin nokta sayısı
\bar{x}	x ve y elemanlarından oluşan uzaysal pozisyon
X_o	Uzaysal periyot

KISALTMA LİSTESİ

AVI	Audio Video Interleaved
AMOLED	Amorphous Organic Light Emitting Diode
CRT	Cathode Ray Tube
DLP	Digital Light Processing
DMD	Digital Micromirrored Device
DVD	Digital Versatile Disc
DZ	Dikey-Zamansal
FIR	Finite Impulse Response
FMH	FIR Median Hybrid
HDTV	High Definition Television
GT-ST	Geçmeli Taramadan Sıralı Taramaya
KOH	Karesel Ortalama Hata
LCD	Liquid Crystal Display
LCOS	Liquid Crystal On Silicon
NTSC	National Television Systems Committee
SECAM	Sequentiel Couleur A Mémoire
TFT	Thin Film Transistor

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Televizyon yayın sisteminin genel yapısı	1
Şekil 2.1	Bir katot ışını tüpünün iç yapısı ve ışın demetinin hareketi	6
Şekil 2.2	Bir plazma panelin iç yapısı	7
Şekil 2.3	Bir TFT LCD'nin piksel yapısı	8
Şekil 2.4	DLP sisteminde resim oluşturulması	9
Şekil 2.5	Bir LCOS görüntü cihazının genel görünümü	11
Şekil 2.6	Tarama yöntemleri	16
Şekil 3.1	Hareketli ve hareketsiz geçmeli video işaretinin spektrumu	22
Şekil 3.2	Geçmeli video işaretinin GT-ST geçişi öncesi ve sonrası spektrumu	23
Şekil 4.1	Birinci dereceden satır ortalayan filtrenin şablonu	26
Şekil 4.2	Satır tekrarına ilişkin dikey frekans yanıtı	27
Şekil 4.3	Yüksek dikey frekanslar içeren bir durgun resim ve incelenecek olan yüksek frekanslı kısmı	28
Şekil 4.4	Yatay burst içeren işaretin satır tekrarı ile GT-ST geçişi	29
Şekil 4.5	Satır ortalama filtresinin impuls yanıtı	32
Şekil 4.6	Satır ortalama filtresinin sürekli-frekans yanıtı	32
Şekil 4.7	Uzaysal ve zamansal filtrelerin yanıtları	33
Şekil 4.8	Yatay burst içeren durgun resme satır ortalama uygulandıktan sonra elde edilen resim	33
Şekil 4.9	Alan tekrarında yatay hareketten kaynaklanan tarak etkisi	34
Şekil 4.10	Tarak etkisinin gerçek resimde oluşturduğu hata	35
Şekil 4.11	Tümü yatay doğrultuda hareket eden bir sahnede alan ortalama ile oluşan bulanıklaşma ve hayalet etkisi	36
Şekil 4.12	Geçmeli taramadan önce videonun bandını sınırlamak için gereken filtrenin frekans karakteristiği	36
Şekil 4.13	Bir DZ filtre şablonu	37
Şekil 4.14	Verilen DZ filtrenin dikey frekans yanıtı	37
Şekil 4.15	Üç noktalı medyan filtreleme için kullanılan pikseller	39
Şekil 4.16	Tek(dikey) doğrultulu FMH ve medyan ağaç filtre	40
Şekil 4.17	Kenar bağımlı dönüşüm için kullanılan pikseller	41
Şekil 5.1	Bir hareket algılayıcının genel yapısı	50
Şekil 5.2	2-alanlı hareket algılama	51
Şekil 5.3	3-alanlı hareket algılama	52
Şekil 5.4	4-alanlı hareket algılama	52
Şekil 5.5	5-alanlı hareket algılama	53
Şekil 5.6	Yatay hareket için seçilmiş olan test dizisi için beş alanlı algılayıcıdan elde edilen çıkış	54
Şekil 6.1	Test dizilerinden çerçeveler	59
Şekil 6.2	Yöntemlerden elde edilen hata değerlerinin durgun ve hareketli dizilere göre ortalama değerlerini içeren KOH grafiği	60
Şekil 6.3	ST ve DZ filtrenin dikey çözünürlüğe etkisi	61
Şekil 6.4	Satır ortalama ile elde edilen çıkışta, çözünürlüğün azalmasından dolayı kenarların devamlılığının bozulması	61
Şekil 6.5	DZ filtrelerin dikey kenarlarda oluşturdukları yan etkiler	63
Şekil 6.6	DZ Filtrenin sebep olduğu dikey keskinlikteki azalma	63
Şekil 6.7	Yöntemlerin durgun dizide sebep oldukları karesel ortalama hata grafiği	64
Şekil 6.8	Yöntemlerin yatay hareket içeren dizide sebep oldukları karesel ortalama hata grafiği	64

Şekil 6.9	Yöntemlerin dikey hareket içeren dizide sebep oldukları karesel ortalama hata grafiği	64
Şekil 6.10	Yöntemlerin yakınlaştırma içeren dizide sebep oldukları karesel ortalama hata grafiği	65
Şekil 6.11	Yöntemlerin karma hareket içeren dizide sebep oldukları karesel ortalama hata grafiği	65

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Farklı ekran tiplerinin karşılaştırılması	13
Çizelge 3.1	Sıralı taramaya sahip TV standartları	20
Çizelge 4.1	Test resminden elde sonuçlara ait KOH değerleri	44
Çizelge 6.1	GT-ST Geçiş yöntemlerinin karşılaştırılması	66

Tüm öğrenim hayatım boyunca bana destek veren ve bu günlere ulaşacak gücü aşıl原因 aileme sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Doç. Dr. Herman SEDEF'e, vermiş olduğu akademik destekten dolayı teşekkür eder, saygılar sunarım.

Ebrar KURT

İstanbul - 2006

ÖZET

Televizyon sistemlerinde geçmeli tarama, video işaretlerinin bant genişliğini azaltmak için kullanılmaktadır. Ancak yüksek çözünürlüğe sahip, daha parlak televizyon ekranlarında (Plazma, LCD, DLP vb.) geçmeli yayınların gösterilmesi, belirgin seviyede kırpışma ve cisimlerin kenarlarında tırtıklanmaya sebep olur. Bu problemin önüne geçmek için geçmeli taramadan progresif (sıralı) taramaya geçiş (GT-ST geçiş) işleminin yapılması gerekir. Bu çalışmada da, şimdiye kadar öne sürülmüş olan GT-ST geçiş yöntemleri incelenmiştir.

Birinci bölümde, televizyonun ilk yayına başladığı 1937 yılından günümüze televizyon sistemlerinin tarihçesi ele alınmış, günümüzde yaşanan teknolojik değişiklik ve TV sistemlerinin gelecekteki yapısı konu edilmiştir.

İkinci bölümde, tezin anlaşılması için gereken televizyon tekniği temelleri genel olarak anlatılmıştır. Tüplü televizyonlardan yeni teknoloji düz ekranlara ve projeksiyonlara ışık ve renk konusu incelenmiş, video işaretlerinin elektriğe dönüştürülmesi ve tarama tipleri anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, GT-ST geçişin tanımı yapılmış ve bu işleme ihtiyaç duyulmasının sebepleri incelenerek maddeler halinde verilmiştir. GT-ST geçişin faydaları, geçiş esnasında karşılaşılan problemler ve yapılan işlemin video kalitesine etkileri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Dördüncü ve beşinci bölümde, kullanımı yaygın olan on GT-ST geçiş yönteminin temel prensipleri açıklanmış ve matematiksel olarak modellenmiştir. Her bir yöntemin avantaj ve dezavantajları belirtilmiş, yapılacak karşılaştırma için gerekli altyapının oluşması sağlanmıştır.

Altıncı bölümde, tanıtılmış olan yöntemlerin MATLAB programında yazılmış fonksiyonlar yardımıyla gerçekleştirilen simülasyonları, elde edilen sonuçların değerlendirmesi ve grafiksel olarak karşılaştırmaları verilmiştir.

Sonuç bölümünde, simülasyonlardan elde edilen sonuçlar verilmiş ve hata değerleri yardımıyla yöntemler arasında bir karşılaştırma yapılmıştır.

ABSTRACT

Interlacing has been introduced in video signals to reduce signal bandwidth. A major drawback of the interlaced scanning format on current bright high-resolution displays (PDP, LCD, DLP i.e.) is the line flicker and serration. Several deinterlacing algorithms have been proposed to reduce these artifacts. In this paper, some of these algorithms are analyzed.

In the first section, a historical overview of television systems has been told. After that, the technological changes and the future of television systems have been discussed.

In the second section, the basics of television technology have been explained. Luminance and color on different displays, conversions of video to electrical signals and the scanning schemes have been told.

In the third section, the definition of deinterlacing and the reasons behind this operation have been investigated. Benefits, side effects and the problems that occur during deinterlacing have been explained and its effects to video quality have been discussed in detail.

In the fourth and fifth sections, the basic theories and mathematical formulations of deinterlacing methods, which are commonly used, have been explained. The advantages and disadvantages of methods have been pointed out separately. Thus a common understanding has been provided for comparison.

In the sixth section, the simulations of discussed algorithms in MATLAB, the analyzes of these simulations and graphical comparisons have been given. The results of simulations have been discussed both for mathematical and visual aspects.

In the last section, a comparison between algorithms has been done relying on simulation results.

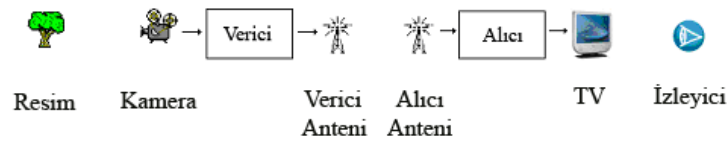
BÖLÜM 1

GİRİŞ

On dokuzuncu yüzyılda telefon ve telgrafın bulunması ile sesin uzak noktalara taşınması sağlanmıştır. Bundan sonra görüntünün de elektriksel yolla taşınması üzerinde çalışmalar başlamıştır. Görüntü iletim sisteminin bir elemanı olan televizyonun temeli, Paul Nipkow'un 15 Ocak 1884'te Almanya'da patentini aldığı *Elektrikli Teleskop* ile atılmıştır denilebilir (Morgül, 2002).

Bugünkü elektronik televizyonun temeli ise 1923'te Vladimir Rosma Zworykin tarafından *ikonoskop* adı verilen kamera tüpünün geliştirilmesi ile atılmıştır. Tüpün tanıtımı 1929, ilk üretimi ise 1933 yılında yapılmıştır. Bu tüp kullanılarak görüntülenebilecek, tamamen tarama prensibine dayalı ilk gerçek TV yayını 1937 yılında İngiltere, Fransa ve Almanya; 1941 yılında ise ABD'de başlamıştır.

Televizyon sisteminin genel yapısı Şekil-1.1'de verilmiştir. Sistemin ilk adımı, görüntünün elektriksel işaretlere dönüştürülmesidir ve bu işlem kameralar tarafından gerçekleştirilir. Kameralar, objektiflerine yansıyan sahnelerin ışık değerlerindeki değişimlere karşılık düşen elektrik akım ya da gerilimindeki değişimleri algırlar ve bu işaretler video işaretini oluşturur.



Şekil 1.1 Televizyon yayın sisteminin genel yapısı

Video işaretleri vericiler tarafından modüle edilerek iletim ortamına, yani havaya yayılırlar. Havadaki elektriksel işaretler TV alıcılarında antenler yardımıyla algılanır ve demodüle edilerek TV ekranında görüntülenebilir hale getirilirler. Görüntü işaretleri, televizyon içinde işlenerek tarama yöntemiyle ekranda ışığa dönüştürülürler.

Yukarıda anlatıldığı gibi, TV iletim sistemi tek hat üzerinden seri iletişime dayanır. Bunun nedeni, iletim bandını verimli kullanmak ve alıcı-verici donanımların yapılarını basit tutmaktır. Ancak tek hat üzerinden elde edilen elektrik akım veya gerilimindeki değişimlerle

sadece tek boyutlu bilgiler temsil edilebilir. Bu nedenle, iki boyutlu olan video işaretlerinin tek boyutlu elektriksel işaretlere dönüştürülmesi gerekir.

Bu amaçla, ekranda oluşturulması istenen ya da elektriğe dönüştürülmek istenen resim satırlara ayrılır ve sol üst köşeden başlayarak bu satırlardaki ışık seviyesi değişimleri ölçülür, bu işlem tarama olarak adlandırılır. Böylece, 2-boyutlu resim bir ip gibi okunarak tek boyutlu hale gelir. Resmin tekrar elde edilmesinde satır ve sahnelerin senkronunu sağlamak için her satır ve her sahne bittiğinde siyah seviyesinin altında belli uzunlukta senkron işaretleri taranmış işarete eklenir.

Resmin tek boyutlu hale getirilmesi esnasında en önemli husus, resmin tekrar elde edilmesi sırasında gözle görülür bir hata oluşmasını engellemektir. Bu noktada gözün ne kadar hızlı değişimleri algılayabildiğinin belirlenmesi gerekir. Nitekim ekranın tarama hızını belirleyecek ana husus izleyicinin gözünün algı yeteneğidir.

Periyodik olarak değişen ışık şiddeti, göz tarafından belli bir frekansa kadar algılanabilir. Eşiğin üzerindeki frekanslarda ışık şiddeti sabit gibi görülür. Bu eşik frekans (f_k), tüpün kalıcılığına, ekrandaki resmin rengine, ışık şiddetinin değişim hızına, aydınlık alanın boyutuna ve ortamın aydınlık seviyesine göre değişim gösterir.

Buradan anlaşılmaktadır ki; izleyicinin taramadan kaynaklanan kırışmayı algılamasını önlemek için belli bir standart dikey tarama frekansı belirlenmelidir. Deneyler, 50Hz'lik dikey tarama frekansının gözün, ekranda izlenebilen resimlerin genelini durağan algılaması için yeterli olduğunu göstermiştir. Yani izleyicinin resmi durağan algılaması için resim tekrar hızının saniyede 50 çerçeve olması gerekmektedir.

Ancak dikey tarama için belirlenen bu frekans, 1940'lı yıllarda televizyon yayınlarında kullanılabilecek kadar düşük değildi. Ayrıca dikey tarama frekansının yüksek olması, video işaretinin iletim bandının da geniş olmasını gerektiriyordu. Bu sebeplerden dolayı, istenilen tarama oranında (scan rate) sıralı (progresif) tarama yapmak mümkün değildi. Görüntülerin videoya dönüştürülmesini kolaylaştırmak, yayınların iletim bandını ve tüplerin tarama frekansını düşük tutmak için farklı bir yöntemin kullanılması gerekiyordu. Bu koşullar ilk TV standartlarının geçmeli (interlaced) tarama esası üzerine kurulmasına sebep olmuş ve geçmeli tarama televizyon yayınlarında uzun yıllar tek standart olarak kullanılmıştır.

Geçmeli taramada, aynı resmin tek ve çift satırları ayrı periyotlarda taranır. Tek ve çift satırları içeren bu periyotlara alan adı verilir. Bu alanların bir araya gelmesiyle oluşan resme ise çerçeve adı verilir. Geçmeli yayın sisteminde sahneler kameralar tarafından geçmeli olarak taranır. Yani saniyede 50 alan, 25 çerçeve kaydedirler. Geçmeli tarama ile 25 çerçeve/saniye

olarak iletilmiş ya da kaydedilmiş bir resim, sanki 50 çerçeve/saniye gibi 50Hz olarak taranır. Geçmeli tarama sayesinde hem işaretin iletim bandı yarıya indirilir, hem de izleyicinin kırpışmadan (flickering) rahatsız olması engellenir. Nitekim, dikey tarama frekansı için 25Hz düşük bir değerdir ve izleyicinin ekranda kırpışma algılamasına neden olur.

Aşağıda sıralı ve geçmeli taramanın bir karşılaştırılması verilmiştir:

1. Sıralı taramada, resim çerçeveler halinde; geçmeli taramada ise alanlar halinde iletilir. Bu nedenle, sıralı taramadan elde edilen bir periyotluk video işareti, geçmeli tarama ile elde edilen işaretin iki katı bilgi içerir. Bunun bir sonucu olarak da işaretin bant genişliği iki kattır.
2. Geçmeli tarama, resmi alanlar halinde oluşturduğu için durgun resimlerin yatay ayrıntılarının bulunduğu satırlar dikey tarama frekansının yarısı frekansta kırpışır. Bu kırpışma, 50Hz bir tarama için 25Hz frekansında olacağından göz tarafından kolaylıkla fark edilir. Diğer taraftan böyle bir durum sıralı taramada oluşmaz.
3. Bir alan, yatay hareket eden cismin sadece tek ya da çift satırlarını içerdiğinden ard arda iki alan arasında fark olur ve bazı durumlarda bu durum göz tarafından algılanır. Sıralı taramada resim çerçeve çerçeve tarandığından resimdeki yatay hareket cisimlerin kenarlarında tırtık oluşmasına sebep olmaz. Dikey hareketlerde de benzer bir durum yaşanır. Geçmeli taramada dikey hareket eden cisme ait satırlar üst üste örtüşür ve gölgelenmeye sebep olur. Sıralı taramada bu durum gözlenmez.
4. Geçmeli taramanın en verimli sonuç verdiği resimler orta hızda hareket içerenlerdir. Hem durgun resimlerde hem de çok hareketli resimlerde gözle görülür hatalar oluşabilmektedir. Ancak sıralı tarama, dikey tarama frekansının ve çözünürlüğün imkan verdiği tüm resimlerde hatasız sonuç vermektedir.

Yukarıda belirtildiği gibi, sıralı tarama her yönden geçmeli taramaya üstünlük sağlamaktadır. Televizyon tarihinin geçmeli tarama ile başlamasının sebebi ise dönemin teknolojik açıdan sıralı taramaya imkan vermemesidir.

Teknolojinin ilerlemesi ile bu durum değişmiştir. Televizyon alanında yapılan bazı yenilikler, sıralı tarama yerine geçmeli taramanın tercih edilmesine neden olan engelleri ortadan kaldırmış, tüm zincirleriyle sıralı tarama esasına göre çalışan bir TV sisteminin gerçekleştirilmesine imkan sağlamıştır. Bu yenilikler; katot ışını tüpünün alternatiflerinin kullanıcıya sunulması, sayısal yayın tekniklerinin kullanımına başlanması ve sıkıştırma yöntemleri saye-

sinde televizyon yayınlarının yüksek çözünürlük ve tarama oranlarında yapılabilmesi olarak sayılabilir.

TV tarihinin başından günümüze kadar yegane görüntü elemanı olan katot ışını tüplerine alternatif yeni çözümler ortaya çıkmıştır. Bu çözümlerin en önemli özelliği, daha önce ışın tüpleriyle elde edilemeyen çözünürlük ve tarama oranlarında resim elde etmenin mümkün olmasıdır. Örnek vermek gerekirse 2005 yılı itibariyle bir LCD televizyon 1920x1080, bir plazma televizyon ise 1366x768 çözünürlükte 60Hz sıralı tarama ile sahneleri oynatabilmektedir. Bu özellikler, daha önce geçmeli taramanın tercih edilmesine sebep olan düşük tarama oranında kırpışma oluşması problemini ortadan kaldırmaktadır. Çünkü bu görüntü elemanları zaten sıralı tarama ile çalışmaktadır.

Geçmeli taramanın tercih edilmesinin bir diğer sebebi ise video bandının daha verimli kullanılmasının amaçlanmasıydı. Günümüzde sayısal yayın sistemleri, hem yüksek çözünürlükte hem de yüksek tarama oranında yayın yapabilmeyi mümkün kılmaktadır. Sayısal sıkıştırma yöntemleri sayesinde iletim bandının verimli kullanılması sağlanmaktadır. Bu gelişmelerin ardından geçmeli yerine sıralı taramaya sahip yayın yapmak mümkün olmaktadır.

Diğer yandan belirtilen alternatif görüntü elemanlarının geçmeli tarama ile kullanılması, kalıcılıkları düşük olduğu için, mümkün değildir. Çünkü, tasarım amaçları daha yüksek çözünürlükte ve tarama oranında resim elde edilebilmesi olduğundan piksellerin ışık hafızalarının olabildiğince düşük olması gerekmektedir. Bu sebeple de kalıcılıkları oldukça azdır. Bir LCD panelde gri-gri geçişinin süresi 6ms'ye kadar kısaltılabilmektedir.

Bütün bu gelişmeler, dünyayı televizyon yayınında ve sistemlerinde köklü bir değişikliğe sürüklemiştir. Hem daha kaliteli yayın yapabilmek hem de yeni teknoloji görüntü elemanlarını desteklemek amacıyla yayın sistemlerinin tarama yöntemleri ve çözünürlükleri değiştirilmiştir. Bu amaçla belirlenen yeni sistemin adı HDTV olarak konulmuş ve yayına başlamıştır. HDTV'nin çoğu yayın formatı sıralı taramaya sahiptir ve en düşük çözünürlüğü 1280x720'dir.

Tıpkı siyah-beyaz televizyondan renkli televizyona geçişte olduğu gibi, geçmeli yayın sisteminden sıralı yayın sistemine geçişte de bir önceki sistemin desteklenmesi gerekmektedir. Bu durumda, sıralı tarama ile çalışan bir televizyonda geçmeli sistemden alınan video işaretlerinin oynatılabilmesi gerekmektedir. O zaman sıralı yayın sistemini destekleyen her cihaz, geçmeli taramaya sahip videoları oynatabilmek için geçmeli-sıralı dönüşümünü gerçekleştirebilmelidir. Bu işlem GT-ST geçiş (geçmeli taramadan sıralı taramaya geçiş) olarak adlandırılır.

Ayrıca sadece televizyonlarda değil, kişisel bilgisayarlarda ya da projeksiyon cihazlarında video izlenmesi durumunda da geçmeliden sıralı taramaya geçiş işlemi yapılmalıdır. Bundan başka, bazı tıbbi görüntüleme uygulamalarında ve güvenlik kayıtlarının çerçeve çerçeve incelenmesi gerektiğinde de bu işleme ihtiyaç duyulur. Bölüm 2’de bu nedenler ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Bu sebeplerden dolayı, geçmeli-sıralı tarama dönüşümü önemli bir ihtiyaç halini almıştır. Bu tez çalışması ile, geçmeli-sıralı tarama dönüşüm yöntemlerinin tanıtılması, yöntemlerin uygulamaları yapılarak video işareti üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve bir karşılaştırma yapılabilmesi amaçlanmaktadır.

Tezin ikinci bölümünde, konunun anlaşılması için gerekli olan seviyede televizyon tekniği hakkında bilgi verilmiştir. Öncelikle görüntü elemanlarında elektriğin ışığa çevrilmesi, ardından da tarama ile resmin elde edilmesi üzerinde durulmuştur. Okuyucunun genel bir bakış açısına sahip olmasını sağlamak amacıyla piyasada yaygın kullanıma sahip görüntü elemanlarının birbirleriyle karşılaştırılması da yapılmıştır.

Üçüncü bölümde, GT-ST geçiş işleminin temel tanımı yapılmış, uzay, zaman ve frekans domenlerindeki etkileri incelenmiştir. Bu işleme ihtiyaç duyulmasının sebepleri incelenmiş, yöntemin uygulanmasında karşılaşılan problemlere değinilmiştir. Son olarak da bu işlemin video kalitesine olan etkileri incelenmiştir.

Dördüncü bölümde, GT-ST geçiş için kullanılan yöntemler resim içi ve resimler arası olarak iki ayrı başlık altında incelenmiştir. Yöntemlerin incelenmesine genel çalışma mantığının anlatılmasıyla başlanmış, gerek ayrık gerekse sürekli domende frekans analizlerinin yapılmasıyla çalışma mantığının açıklanmasına çalışılmıştır. Çalışma mantığı anlatılan yöntemin avantajları ve dezavantajları üzerinde durulmuştur. Mümkün olan durumlarda yöntem bir test resmine uygulanarak dezavantajların görsel hale getirilmesine gayret edilmiştir.

Beşinci bölümde, GT-ST geçiş yöntemlerinin en çok tercih edileni olan hareket uyarlamalı yöntemin ayrıntılı incelemesi verilmiştir.

Altıncı bölümde, verilmiş olan yöntemlerin test işaretleri kullanılarak yapılan deneylerde verdikleri sonuçlar incelenmiş ve bir karşılaştırma yapılmıştır.

Sonuç bölümü, çalışmanın amacını ve elde edilen sonuçların değerlendirmelerini içermektedir.

BÖLÜM 2

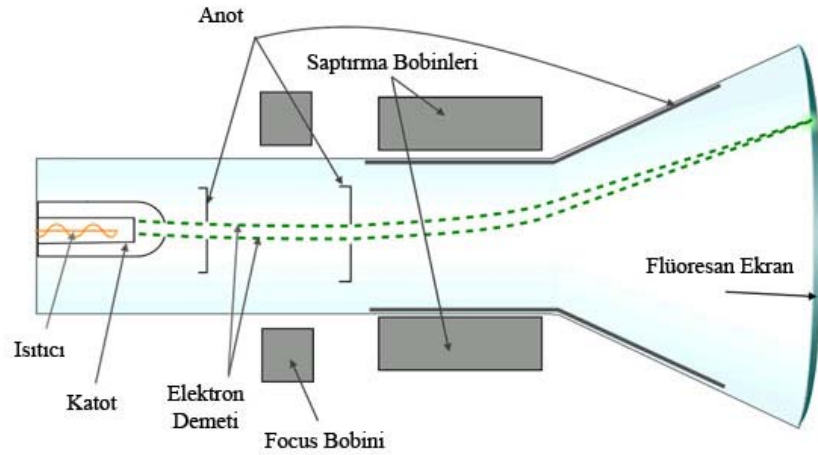
TELEVİZYON TEKNIĞINE GİRİŞ

Bu bölümde, tezin konusunun anlaşılması için gereken temel bilgiler işlenecektir. Bu bilgiler şu şekilde sıralanabilir : Televizyonda ışık ve renk, görüntünün elektriksel işarete dönüştürülmesi ve tarama.

2.1 Televizyonda Işık ve Renk

İnsan gözünün algılayabildiği dalga boyları 380nm ile 780nm arasındadır ve 550nm civarındaki dalga boyları için hassasiyet en üst değere ulaşır. Bu dalga boyu sarımtırak yeşile aittir ve göz tarafından aynı şiddet için daha parlak algılanır (Morgül, 2002).

Tüplü (CRT) televizyonlarda ışık, vakum tüpünün (elektron tabancası) içindeki katodun ısınmasıyla açığa çıkan yüksek hızlı katot ışınlarının flüoresan ekrana çarpıp, ışımasıyla oluşur. Flüoresan ekrana çarpan elektronların yoğunluğu, oluşan ışığın parlaklığını belirler. Bir katot ışını tüpünün yapısı ve elektron demetinin tüpün içindeki hareketi Şekil 2.1’de verilmiştir.

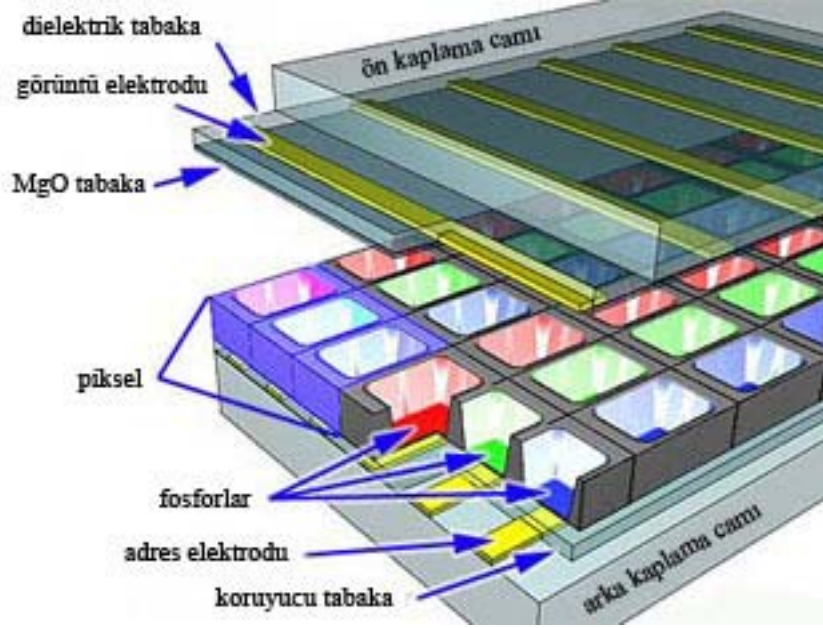


Şekil 2.1 Bir katot ışını tüpünün iç yapısı ve ışın demetinin hareketi (Wikipedia, The Free Encyclopedia)

Renkli tüplü televizyonlarda, yukarıda bahsi geçen sistemden üç adet bulunmakta ve her bir elektron tabancası kırmızı, yeşil ve mavi renkleri oluşturmak üzere konumlandırılmaktadır. Şöyle ki; flüoresan ekranda her piksel üç ayrı renkte ışımaya yapacak fosfor malzemelerle

kaplanmış alt piksellere bölünmüştür. Her tabanca, üreteceği renge ait olan alt piksele elektron gönderir. Flüoresan ekran önündeki maske yardımıyla da bu üç alt rengi oluşturacak elektronların yanlış yönlendiği engellenir (Wikipedia, The Free Encyclopedia İnternet Sitesi).

Plazma televizyonlarda ışığın oluşması, panel içindeki ark deşarjına dayanır. Bir plazma panel, içi aşırı iyonize halde gazla dolu iki cam yüzeyin arasına yatay ve düşey olarak döşenmiş elektrotlardan oluşur. Bir plazma panelin iç yapısı Şekil 2.2’de verilmiştir.



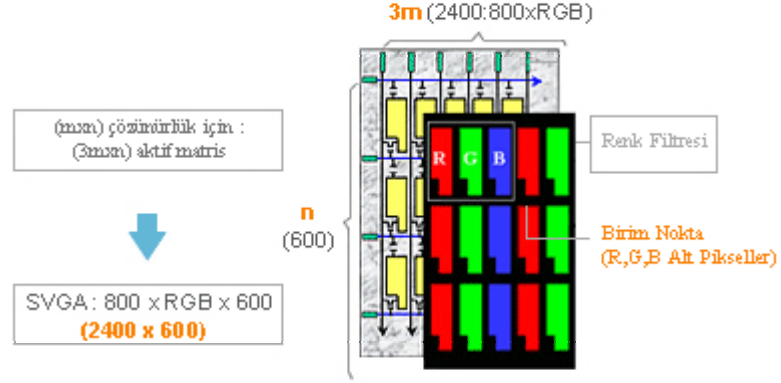
Şekil 2.2 Bir plazma panelin iç yapısı (Plasma TV Science.org İnternet Sitesi)

Elektrotların aralarında belirli bir seviyenin üstünde potansiyel oluşturulduğunda, kesişme noktalarında hücrenin içindeki gazın üzerinden bir elektrik akımı oluşur. Akımın yarattığı parçacıkların çarpmasıyla gaz atomları morötesi fotonlar saçarlar. Gazın içinde saçılan fotonlar, ön yüzeyde bulunan hücrelerin iç tarafındaki kırmızı, mavi ve yeşil alt piksellere çarparak buralara kaplanmış olan fosforun ışımaya neden olurlar. İki elektrot arasında oluşan akımın seviyesi, saçılan foton sayısını ve dolaylı olarak parlaklık seviyesini belirlemektedir.

Sıvı kristal ekranlarda (LCD) ışık bir sabit ışık kaynağından sağlanmaktadır. Panelin en alt katmanında bulunan soğuk katot flüoresan lambalar (Cold Cathode Fluoresant Lamp), ekrandaki resimden bağımsız olarak sürekli yanar ve panelin ön yüzüne ışık sağlar. Şekil 2.3’te bir TFT LCD’nin yapısı verilmiştir.

Ekranda gösterilen ışığın seviyesi, lambaların hemen önünde bulunan sıvı kristal katmanının geçirgenliğinin ayarlanmasıyla belirlenir. Kutuplama yüzeylerinin arasında bulunan sıvı kristalin kutuplama seviyesi, katmanın geçirgenliğini belirler. LCD TVlerde bu seviye,

ince film transistor (Thin film Transistör) olarak adlandırılan kontrol elemanlarının piksellerin içinde bulunan alt piksellerin kutuplama seviyesini, kapı gerilimlerine bağlı olarak ayarlamasıyla kontrol edilir.

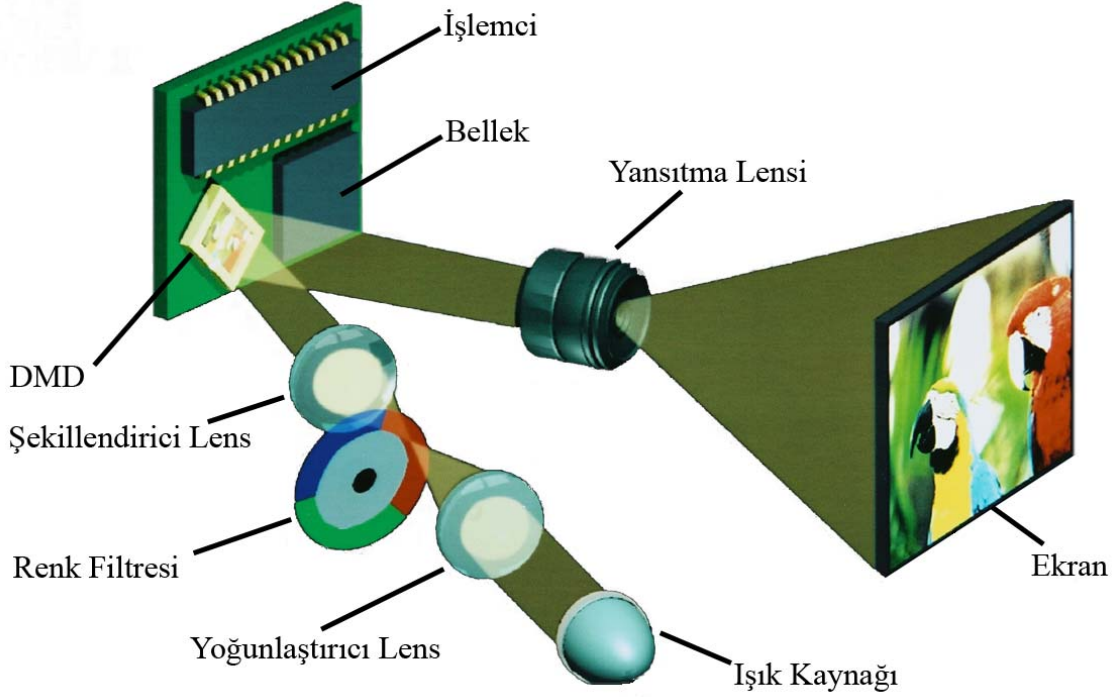


Şekil 2.3 Bir TFT LCD'nin piksel yapısı (Samsung Electronics Resmi İnternet Sitesi)

Lambalardan gelen beyaz ışığın parlaklığı, her alt pikselde ayrı ayrı belirlenir ve ışık kırmızı, yeşil ve mavi renkleri geçiren filtrelere sahip alt piksellere ulaşır. Işık, bu alt pikselde süzülür ve panelin dışına çıkar.

Başka bir teknoloji olan ve projeksiyon televizyonlarda kullanılan DLP (Digital Light Processing) sistemleri, bir ışık kaynağından gelen ışınların mikro ayna olarak adlandırılan ve bir işlemci tarafından açıları kontrol edilen aynalar yardımıyla ekranda görüntü oluşturma temeline dayanır.

Bir ark lambasından gelen ışık, renk tekerleğinden (color wheel) geçirilir ve o an ekranda taranacak olan ana renk elde edilir. Tekerlekten çıkan ışık, ekranın piksel sayısı kadar mikro ayna içeren DMD (Digital Micromirrored Device) entegresinin aynalarına ulaşır. DMD, taranacak olan pikselin parlaklığına göre aynanın doğrultusunu ayarlar ve yansıyan ışık projeksiyon ekranına ulaşır. Pikselin parlaklığı maksimum ise ayna gelen ışığın tümünü ekrana yansıtır; minimum ise gelen ışığın tümü ekrana ulaşmayacak şekilde boşluğa yansıtılır.



Şekil 2.4 DLP sisteminde resim oluşturulması

DLP televizyonların avantajları ve dezavantajları aşağıda verilmiştir:

Avantajları :

1. Renk derinliği ve kontrast seviyeleri mevcut LCD ekranlardan daha iyidir.
2. Plazma ya da LCD'deki gibi piksel bazlı bozulmalar görülmez.
3. Pikselleri birbirinden ayıran boşluklar (screen door effect), LCD ya da CRT projeksiyonlara göre çok daha az fark edilir.
4. DLP televizyonlar, plazma ve LCD'ye göre büyük ekran tasarlanmaya daha müsaittir. Aynı zamanda, DLP televizyonlar LCD ya da CRT projeksiyon televizyonlara göre çok daha ince olabilmektedir. Şu anda 72 inç (183 cm) ekran boyutuna sahip 1080p çözünürlüğünde DLP televizyonlar piyasada bulunmaktadır. Bu genişlikte bir DLP televizyonun derinliği ise 54 cm'dir. Buna karşılık, 480p çözünürlüğünde 42 inç (106 cm) bir LCD Projeksiyon TV de yaklaşık olarak aynı derinliğine sahiptir. Bunlara karşılık Thomson şirketine ait bir ayna yöntemiyle 7 inçten (18 cm) daha ince olan HDTV'ler tasarlamak mümkündür (DLPTV Review İnternet Sitesi).
5. Işık kaynağı olan ark lambası, değiştirilebilir olduğundan ürün ömrü CRT ya da plazma televizyonlara göre daha uzundur.

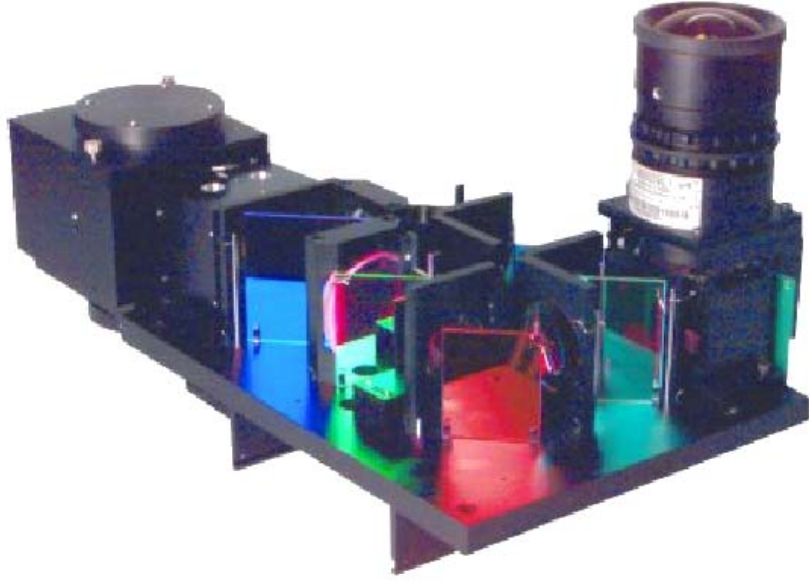
6. Işık kaynağı, LCD'lere göre çok daha kolay değiştirilebilir.

Dezavantajları :

1. Ekranda görüntü oluşturmak için sadece bir tane DMD kullanan televizyonlarda, bazı izleyiciler resimdeki renklerin sıra sıra taranmasından kaynaklanan gökkuşağı etkisini (rainbow effect) görebilmektedir. Üç DMD'li tasarımlarda böyle bir etki oluşmaz.
2. Plazma ya da LCD televizyonlar kadar ince DLP TV tasarlamak mümkün değildir. Ancak ağırlık olarak benzer değerlere sahiptir.
3. televizyonun içindeki ark lambasının ve DMD'nin soğutulması için konulan fanların oluşturduğu ses rahatsız edici olabilir.
4. Bir ark lambasının fiyatı 200\$ ile 500\$ arasında değişmektedir.

DLP ile benzer bir teknoloji olan LCOS (Liquid Crystal On Silicon) televizyonlarda, ışık kaynağından gelen ışınlar sabit bir ayna yardımıyla ekrana yansıtılır. Piksellerin parlaklık seviyeleri sabit aynanın üzerine kaplanmış vaziyette olan sıvı kristal katman yardımıyla belirlenir (Projector Pros İnternet Sitesi).

Işık kaynağından gelen ışınlar, önce bir dikroik ayna (sadece belli dalga boylarındaki ışığı yansıtan, geri kalanını geçiren ayna) tarafından sarı ve mavi renklere ayrılır. Buradan yansıtılan sarı ışınlar, başka bir dikroik ayna tarafından kırmızı ve yeşil renklere ayrılır. Ana renklerine ayrılan ışık bir dikroik prizmaya (sadece belli doğrultudan gelen ışınları geçiren, diğerlerini yansıtan prizma) gelir ve birleşir. Birleşen ışık ana lensten ekrana yansıtılır. Bir LCOS görüntü cihazının genel görünümü Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5 Bir LCOS görüntü cihazının genel görünümü

Her dikroik aynadan yansıyan ışınlar karşılardaki LCOS yüzeylerce soğurular ya da yansıtılır. Yani bir piksele ait parlaklık, üç ana renge ayrılmış ışınların yolu üzerinde bulunan LCOS yüzeylerin sıvı kristal kutuplamaları yardımıyla belirlenir. Sıvı kristalin kutuplanması için LCD'ler gibi ince film transistorlar kullanılır.

LCOS televizyonların avantajları (LCD, DLP and LCOS Projectors İnternet Sitesi) :

1. Pikselleri birbirinden ayıran boşluklar olmadığından DLP'deki gibi maskelenme (screen door effect) görülmez.
2. DLP içindeki DMD çok keskin köşelere sahip aynalardan oluşur. LCOS yüzeyin oluşturduğu pikseller ise çok daha yumuşak köşelere sahiptir. Aradaki bu fark, LCOS televizyonların görüntüsünün DLP'lere göre çok daha doğal ve yumuşak olmasını sağlar.
3. LCOS televizyonlarda renkler aynı anda işlenip, ekrana yansıtıldığından renk zenginliği ve doygunluğu açısından renkleri sıra sıra işleyen DLP'lerden daha üstündür.
4. DLP televizyonlarda renk tekerleği nedeniyle izleyicilerin karşılaştığı gökkuşağı etkisi, göz yorgunluğu ya da baş ağrısı gibi yan etkiler, renk tekerleği bulunmayan LCOS televizyonlarda görülmez.

Dezavantajları :

1. LCOS teknolojisinin en önemli zayıflığı, kontrasttır. 500:1 ile 800:1 arasında kontrast değerlerine sahip LCOS televizyonlar, 3000:1 kontrast değerlerine sahip DLP televizyonlar yanında zayıf kalmaktadır. Ancak bazı ek sistemler yardımıyla kontrast oranı 15000:1 seviyelerine çıkarılabilmektedir.
2. Bir çok LCOS televizyonun lamba ömrü 1000 ile 1500 saat arasındadır ve bu lambalar DLP ya da LCD'ler için kullanılan lambalardan çok daha pahalıdır.

Televizyon dünyasında piyasaya çıkması beklenen en yeni teknoloji organik LED (OLED) ekranlardır. Temel olarak, pikselleri LED'lerden oluşan bir ekran olarak tanımlanabilir.

Organik LED'lerde ışığın saçıldığı tabaka organiktir. Bu organik tabaka polimer olarak kullanıldığında bir ekranda ihtiyaç duyulan satır ve sütunları elde etmek mümkün olabilmektedir. Organik LED'leri normalden ayıran en büyük özellik nokta değil dağılmış ışık kaynağı olmalarıdır. Bu nedenle piksel içindeki ışık dağılımı homojen olabilmektedir.

Avantajları :

1. Ink-jet teknolojisi yardımıyla uygun olan her yüzeye basılabildiklerinden OLED, LCD ve plazma teknolojilerinden çok ucuzdur.
2. Renk, parlaklık ve özellikle seyir açısı olarak LCD'ye üstünlük sağlarlar. Çünkü OLED'ler ışığı kendileri üretirler ve dolayısıyla renkleri saftır. Aynı zamanda ürettikleri parlaklık doğrudan izleyiciye ulaşır, bu nedenle de parlaklık kaybı yoktur. Oluşan resim, LCD'ler gibi doğrultusal olarak filtrelenmediğinden seyir açısı daha geniştir.

Dezavantajları :

1. OLED'lerin kullanımına engel olarak aşılması gereken tek problem, organik malzemelerin ömrü olarak görülmektedir. Şu anda malzeme ömrü 1000 saattir ve LCD ve plazmanın çok gerisindedir.
2. Ekranın suya maruz kalması durumunda zarar görmesini engellemek için koruyucu tabaka ile kaplanması gerekir. Bu durum da ekranın ömrünün uzatılmasına bir engel teşkil etmektedir.

Yukarıda verilenler haricinde başka renkli ekran tipleri de bulunmaktadır. Ancak bu teknolojilerin bir kısmı çok az tercih edildiklerinden bir kısmı da henüz yeni teknoloji olduklarından burada onlara yer verilmemiştir. Mevcut ekran tiplerinin belli kıstaslar dahilinde karşılaştırma tablosu Çizelge 2.1’de verilmiştir.

	CRT	Plazma	LCD	DLP	LCOS
Parlaklık, cd/m²	80	1,200	500	700	300
Seyir Açısı, derece	160	160	178	170	160
Cevap Süresi, ms	15		8	-	5~10
Kontrast Oranı	200	10,000	1,200	1500	300
Renk Sayısı, milyon	-	16.7	16.7	16.7	16.7
Piksel Sayısı, yatay x dikey	640 x 480	1366 x 768	1366 x 768	1280 x 768	1280x720
Güç Tüketimi, W	350	390	190	140	180
Ekran Boyu, cm	72	127	106.7	127	127
Derinlik, cm	55	6.35	5.27	18	44
Çalışma Sıcaklığı, derece	0~50	0~50	0~50	0~40	0~55

Çizelge 2.1 Farklı ekran tiplerinin karşılaştırılması

2.2 Görüntünün Elektriksel İşarete Dönüştürülmesi

Ferry-Porter Kanunu ile belirlenmiştir.

$$f_k = 12.57 \cdot \log_{10} B + C \quad (2.1)$$

Burada, B[cd/m] olarak ışık şiddeti yoğunluğunu (modern tüpler için 50...100 arasındadır); C ise aşağıdaki değişkenlere bağlı bir faktördür.

1. Tüpün kalıcılığı (persistence). Kalıcılık arttıkça, C düşer.
2. Tüpün rengi. Beyaz renkte C en büyük değerini alır.
3. Işık şiddetinin değişim hızı. Hız azaldıkça C artar.
4. Aydınlık alanının genişliği. Geniş alanlarda C artar.
5. Ortamın aydınlık seviyesi. Karanlık ve loş ortamlarda C artar.

Buradan anlaşılmaktadır ki; izleyicinin taramadan kaynaklanan kırışmayı algılamasını önlemek için belli bir standart dikey tarama frekansı belirlenmelidir. Deneyler, 50Hz'lik dikey tarama frekansının gözün, ekranda izlenebilen resimlerin genelini durağan algılaması için yeterli olduğunu göstermiştir.

Video işaretleri temelde 2-boyutlu işaretlerdir. Görüntünün her zaman yatay ve dikey olarak iki doğrultusu; genişlik ve yükseklik olarak iki boyutu vardır. Ancak televizyon sistemlerinde görüntünün iki boyutlu olarak elektriksel işaretlere dönüştürülmesi hem daha karmaşık devreler gerektirdiğinden, hem de iletim bandını genişleteceğinden tercih edilmemiştir. Bunun yerine görüntünün tarama işlemi yardımıyla tek boyutlu hale getirilmesi yöntemi uygulanmış ve televizyon tarihi boyunca da kullanılmıştır. Böylelikle hem verici tarafta yapının basit olması sağlanmış, hem de iletim için gereken bandın daha dar olması sağlanmıştır.

Görüntünün elektriksel işarete çevrilmesi için ışık-gerilim ya da ışık-akım dönüştürücüler kullanılmaktadır. Kameraların objektiflerinde bulunan dönüştürücüler, sahneden objektife düşen ışığı, satır satır tarayarak tek boyutlu elektriksel işaretlere dönüştürürler. Sahneden gelen ışığın tek boyutlu hale getirilmesine tarama denir. Geçmeli ve sıralı olmak üzere iki çeşit tarama yöntemi vardır. Bu konu aşağıda anlatılmıştır.

Kameralarda tarama işlemi yapılırken gözün televizyon ekranındaki resimleri algılama hızı göz önünde bulundurulmalıdır. Genel olarak insan gözünün ışığı algılama süresinin

100ms'den az olduğu kabul edilir. Televizyon sistemleri için tarama süresi 20ms olarak belirlenmiştir. Tarama süresinin daha uzun olması durumunda ekrandaki görüntü göz tarafından kırpışıyor gibi (flickering) algılanır ve izleyiciyi rahatsız eder. Aynı zamanda tarama periyodu 16,66ms olan sistemler de mevcuttur.

Televizyon ekranlarında seyredilen görüntünün gerçek hayatta gözle görülen hareketleri en doğal şekilde yansıtabilmesi için bazı özel durumların göz ardı edilmemesi gerekir. Örneğin, ekranın sağından soluna hızla giden bir aracın ya da yukarıdan aşağıya düşen bir topun gerçeğe en yakın şekilde gösterilebilmesi için bazı sınırların belirlenmesi gerekir.

Ekranın solundan sağına hızla hareket eden bir cismin üst kısmının ekranda taranmasından alt kısmının taranmasına kadar geçen süre içerisinde cisim ekranda yatay olarak mesafe kat etmiş olacağından cismin şeklinde dikey bir bozulma oluşacaktır. Örneğin cisim kare ise taramadan sonra üst köşesi solda olan bir paralel kenar gibi görünecektir. Bunu engellemek için 5saniyede ekranı yatay olarak kat eden bir cisimde oluşacak dikey bozulmanın ekran genişliğinin 1/160'ını aşmaması gerektiği kabul edilmiş ve bu kabul gereği dikey tarama frekansının en az 32Hz olmasına karar verilmiştir (Morgül, 2002).

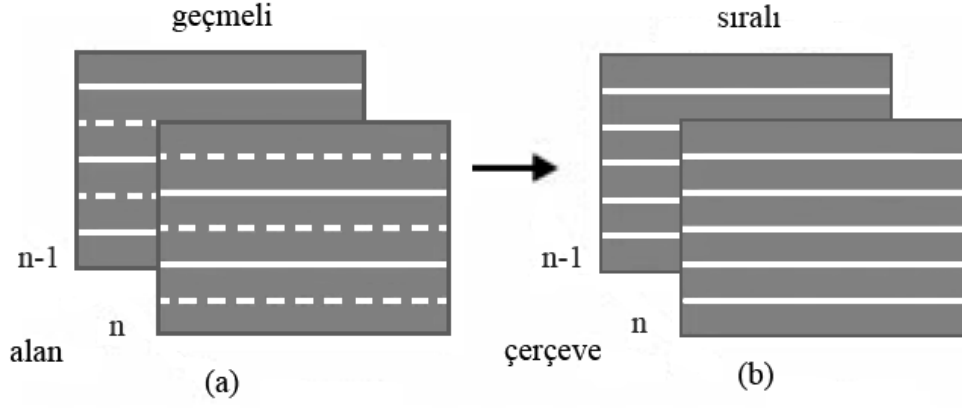
Bununla beraber, insan gözünün dikey taramadan kaynaklanan kırpışmayı algılamasını engellemek için Ferry-Porter kanununun da dikkate alınması gerekmektedir. Bütün bunlardan elde edilen sonuçlar birleştirilerek yapılan deneyler sonucunda televizyon ekranlarında dikey tarama frekansının en az 50Hz yani tarama süresinin 20ms olmasına karar verilmiştir.

Tarama işlemi, görüntünün sol üst köşesinden başlar ve soldan-sağa/yukarıdan aşağı olacak şekilde devam eder. Bir televizyon ekranında olması gereken satır sayısı gözün ayırtıcılığı ile sınırlı olup, istenen detaya göre arttırılması da mümkündür. PAL ve Secam gibi standartlar 625 satır, NTSC standardı ise 525 satır esasına göre çalışır. Ancak HDTV yayınları en az 720 satır içerecek şekilde yapılmaktadır. 1080 satır içeren HDTV yayınlar da vardır.

2.2.1 Geçmeli Tarama

Yukarıda belirtildiği gibi, izleyicilerin gözlerine rahatsızlık vermeden ve fark edilir hatalara sebep olmadan resmin ekranda üretilebilmesi için dikey tarama frekansının en az 50Hz olması gerekmektedir. Ancak televizyon yayınlarının başladığı 1940'lı yıllarda bu hızda tarama yapabilecek kameralar yoktu. Aynı zamanda bunlardan elde edilecek bilgi için frekans bandının da geniş olması gerekiyordu. Bu nedenle hem bandı dar tutmak hem de izleyici için yeterli bilgiyi aktarabilmek için geçmeli tarama öne sürülmüştür.

Bir resmin ekranda oluşturulması için bir tarama periyodunda tek satırlarının, diğer tarama periyodunda da çift satırlarının taraması esasına dayanan tarama sistemine geçmeli tarama denir. Tek satırları ve çift satırları içeren bir periyotluk resim işaretleri alan olarak adlandırılır. Bunların birleşmesiyle oluşan tüm resim ise çerçeve olarak adlandırılır.



Şekil 2.6 Tarama yöntemleri a) Geçmeli tarama
b) Sıralı tarama

Bir periyotta resme ait bilgilerin sadece yarısı bulunduğu için, iletim bandı yarıya inmektedir. Aynı zamanda, hareketlerde bozulma olmasını engelleyebilecek kadar da hızlı tarama yapılabildiğinden yatay ve dikey hareketlerde cisimlerde bozulma olması engellenmektedir. Televizyon yayınlarının başlamasından bu yana yapılan tüm yayınlar geçmeli tarama esasına dayanır.

Yukarıda verilen avantajlarının yanında geçmeli taramanın bazı etkileri de vardır. Her ne kadar kırışmayı ve hareketlerdeki bozulmayı engellemek için dikey tarama frekansının yükseltilmesinde fayda sağlasa da problemi tamamen çözmemektedir. Nitekim geçmeli tarama işleminin kendisi bazı durumlarda kırışmaya neden olur. Örneğin, bir resimde bulunabilecek en yüksek frekans olan iki satır periyotluk bir işaret geçmeli taramadan dolayı dikey tarama frekansının yarısına eşit bir frekansla kırışacaktır. Çünkü tek alanda işaretin bir satırı, diyelim ki beyaz satır, çift alanda ise bir satırı, diyelim ki siyah satır taranmış olsun. Bu durumda, beyaz satır bazı alanlarda taranmayacak olduğundan resim, bir alanda alt alta bir beyaz bir siyah satır; diğer alanda ise alt alta iki siyah satır olarak taranacaktır ve beyaz satır kırışmaya neden olacaktır. Bu etki resimlerde yatay sınırları olan cisimlerin kenarlarında izleyici tarafından fark edilir.

2.2.2 Sıralı Tarama

Geçmeli taramanın aksine sıralı taramada resme ait tüm satırlar aynı dikey tarama periyodunda taranır. Tarama işlemi ekranın sol üst köşesinden başlar ve sıra sıra tüm satırları tarayarak en alt satırın sağında sona erer. Tüm satırlar bir periyotta tarandığından işaretin içerdiği bir periyotluk resim bilgisi, geçmeli taramadakinden iki kat daha fazladır.

Diğer yandan geçmeli taramada yüksek dikey frekanslarda görülen kırpışma, yüksek frekanslı işarete ait tüm satırlar ya da her iki satır aynı periyotta tarandığı için sıralı taramada oluşmaz.

Televizyon sistemleri üzerine yapılan ilk araştırmalar esnasında da sıralı tarama gündemdedi. 1936 yılında yapılan deneylerde kullanılan 240 satırlı yayın sisteminde sıralı tarama kullanılmaktaydı ve o zaman bu yöntem sıralı tarama (sequential scanning) olarak adlandırılmaktaydı.

Sıralı tarama, kırpışma sorununu çözdüğü için bilgisayar monitörlerinde standart olarak kullanılmaktadır. Ayrıca izleyiciye sunulan kalitenin de daha yüksek olması sebebiyle HDTV yayınlarının temelini oluşturmaktadır.

BÖLÜM 3

GEÇMELİ TARAMADAN SIRALI TARAMAYA GEÇİŞ

Bu bölümde, ilk olarak GT-ST geçişin tanımı ve neden bu işleme ihtiyaç duyulduğu, ikinci olarak bu işlem esnasında ne tür problemlerle karşılaşıldığı, neden birçok yöntem ileri sürüldüğü ve son olarak da bu işlemin video kalitesine olan etkileri konu alınacaktır.

3.1 GT-ST Geçişin Tanımı ve İhtiyaç Duyulmasının Sebepleri

GT-ST geçişi, basit olarak geçmeli alanları sıralı taranmış çerçevelere dönüştürmeye denir. Başka bir deyişle, GT-ST geçişi genel örnekleme oranı dönüştürme (sample rate conversion) teorisinin bir uygulaması gibi düşünülebilir. Nitekim burada dikey örnekleme oranı iki katına çıkarılmaktadır (Bellers ve Haan, 1996). Örneğin, 576 aktif satırı olan PAL standardı için dikey örnekleme oranı 288 satır/resim iken GT-ST geçiş işlemi sonrası bu oran 576 satır/resim olacaktır.

Geçmeli video işaretlerinde bir periyot, sahneye ait bilginin yarısını içerir. Sahnenin tümü alanların arka arkaya taranmasıyla göz tarafından birleştirilir. Ancak bu birleştirme işlemi, sadece kalıcılığın yüksek olduğu durumlarda geçerlidir. Sıralı tarama ile çalışan bir cihazda resimlerin bu şekilde birleştirilmesi mümkün değildir. Çünkü, sıralı tarama ile çalışan bir ekranın kalıcılığı, geçmeli tarama ile çalışan bir cihaza göre oldukça azdır. Bu nedenle, alanlar birleşmez ve göz kırpışma algılar.

Sıralı tarama ile çalışan bir ekranda bu işaretin gösterilebilmesi için GT-ST geçişinin yapılması gerekir. Bu işlem, elde mevcut olan alanlar yardımıyla her alanın eşi olan diğer alanı üretir ve alanlar çerçevelere dönüşmüş olur. Yani, mevcut alan tek ise çift alan, çift ise tek alan üretilmeye çalışılır.

Böylelikle, bir periyotluk video işareti sahnenin yarısı yerine tümünün bilgisini içerir hale getirilmiş olur. Buna bağlı olarak, işaretin bant genişliği iki katına çıkmıştır. Bir sahneye ait tüm bilgiler elde edildiğinden resim olarak incelemek, görüntü işleme yapmak da mümkün hale gelir.

Aşağıda bu işleme ihtiyaç duyulmasının sebepleri maddeler halinde verilmiştir (Haan ve Bellers, 1998):

1. Sıralı tarama ile çalışan bir televizyonda, standart yayınların seyredilebilmesi için mutlaka geçmeli-sıralı taramaya geçiş işlemi yapılmalıdır. Sıralı tarama ile çalışan PC monitörlerinde video izlemek istendiğinde de dönüşüm yapmak gerekmektedir.
2. Video işaretleri, çok çeşitli desenleri ve hareketleri içerebilir. Aynı zamanda, yatay, dikey ve zamansal olarak 3-boyutlu işaretlerdir. Genellikle, geçmeli olarak kaydedilmiş bir videonun ardı ardına iki alanı bir çerçeve oluşturmaz. Bunun sebebi, alanların taranması zarfında geçen sürede sahnenin değişmesidir. Bu durum akıllı dönüştürme yöntemleriyle, alanlardaki eksik bilgilerin mevcut ve önceki alanlar yardımıyla tamamlanması gereğini ortaya çıkarır.
3. Geçmeli tarama, resimler kareler halinde incelenemediği için, resim kalitesini arttırmayı amaçlayan görüntü işleme algoritmalarını oldukça karmaşıklaştırır. Sadece resimler arası değil resim içi görüntü işleme bile oldukça karmaşık olabilmektedir. Bu nedenle, hem TV uygulamalarında hem diğer bazı görüntü işleme uygulamalarında resmin çerçevelere dönüştürülmesi için GT-ST geçişe ihtiyaç vardır.
4. Geçmeli tarama ile kaydedilmiş inceleme amaçlı bazı videoların (tıbbi görüntüleme veya güvenlik amaçlı), kare kare incelenebilmesi için mutlaka satırların bir araya getirilerek tüm karelerin tek tek oluşturulması gerekir. Bu işlem hareketli resimler için bazı karmaşık yöntemlerin kullanılmasını gerektirir.

Mevcut televizyon sistemlerinin çoğu geçmeli yayın yaptığından, piyasadaki tüm video kaynakları geçmeli standartlara göre kayıt edildiğinden dolayı, bu tür video kaynaklarının sıralı tarama ile çalışan cihazlarda gösterilebilmesi için mutlaka GT-ST geçişi yapılmalıdır.

Piyasada mevcut tüm bilgisayar monitörleri sıralı tarama ile çalışır ve bilgisayardan geçmeli tarama bir video izleneceği zaman ekran kartı gerekli tarama dönüştürme işlemi yapar. Aynı şekilde bilgisayarlar için tasarlanmış TV kartları da yayınları çözdükten sonra GT-ST geçişi yapar.

Pazarda payı genişlemeye başlayan dijital televizyonlar ve projeksiyon cihazları da, tarama sistemleri sıralı olduğu için, GT-ST geçişi yapmak durumundadırlar. Bu tür cihazlarda bulunan video kodu çözücülerini, analog video işaretlerini sayısala dönüştürür. Ardından genellikle 4:2:2 renk sıkıştırması yaparak ITU-656 ya da ITU-601 standardında sayısal bilgi ha-

linde GT-ST geçiş işleminin yapıldığı video işlemcisine gönderir. Bu işaretler hem sıralı hale getirilir hem de resim kalitesini arttırıcı bazı işlemlere tabi tutulur. Video işlemcisinin çıkışındaki resim sıralıdır.

Buna karşılık, yeni belirlenen sayısal TV standartlarının çoğu ve DVDler sıralı taramaya sahiptir ve GT-ST geçişine tabi tutulmadan izlenebilirler. Aşağıda bazı sıralı taramaya sahip bazı standartlar verilmiştir.

STANDART	ÇÖZÜNÜRLÜK	DİKEY TARAMA FREKANSI
480p	640x480	59.94/60Hz
480p	720x480	59.94/60Hz
576p	720x576	50Hz
720p	1280x720	59.94/60Hz
720p	1280x720	50Hz
1080p	1920x1080	50Hz
1080p	1920x1080	59.94/60Hz

Çizelge 3.1 Sıralı taramaya sahip TV standartları (Kaynak: High-Definition Multimedia Interface Specification Ver. 1.1, SMPTE 274M - 2003)

GT-ST geçişin faydaları :

1. Sıralı taranan bir ekranda gösterilecek geçmeli görüntünün sebep olacağı kırpışma engellenir.
2. Benzer şekilde, sıralı ekranda gösterilecek bir geçmeli işarete dikey çözünürlük az olacak ve cisimlerin kenarlarında merdiven benzeri (jagged) bir etkinin oluşmasına neden olacaktır.
3. Geçmeli taramada, yüksek yatay frekanslar satır kırpışmasına (line flicker) sebep olur. Sıralıya geçişten sonra bu etki ortadan kalkar.
4. Yatay ya da dikey hareketlerde cisimlerin bütünlüğünün bozulması, doğru GT-ST geçiş yöntemiyle giderilebilir.

GT-ST geçişin yan etkileri :

1. Daha önce de belirtildiği gibi, geçmeli video işaretleri Nyquist kriterini sağlamazlar. Yani örtüşme kaçınılmazdır. Bu nedenle, yüksek frekanslardan kaynaklanacak örtüşme resimde gölgelenme, titreme ya da duraklama olarak kendini gösterecek ve kaliteyi azaltacaktır. Bu yan etkilerin azaltılması, uygulanan geçiş yönteminin performansına bağlıdır.
2. Hemen her GT-ST geçiş yönteminin kendine has bir yan etkisi vardır. Bu etkiler ya tam olarak göz tarafından seçilebilir küçük alanlarda şekil bozukluğu ya da resmin genelinde doğallığın az olması olarak kendini gösterebilir.
3. Geçiş yöntemi ne kadar karmaşık olursa olsun, elde edilen resim hiçbir zaman orijinali ya da geçmeli ekranda izleneni kadar doğal olmayabilir.

3.2 GT-ST Geçiş Yöntemlerinde Karşılaşılan Problemler

İdeal GT-ST geçişi, dikey örnekleme frekansını ikiye katlar ve videonun geçmeli örnekleme frekansından kaynaklanan ilk tekrar spektrumunu bastırır (Haan ve Bellers, 1998). Ancak bu işlem örnekleme frekansının doğrudan iki katına çıkarılması gibi basit bir işlem değildir (Van den Enden ve Verhoeckx, 1989). Çünkü televizyon işaretleri, seçilen örnekleme frekansına uygun ön filtrelemeden geçmez. Bu nedenle, geçmeli işaretler (interlaced signals) Nyquist kriterini* sağlamazlar. İşaretlerin dikey ve zamansal olarak örneklendiği yer olan kameraların optik kısmında uygun alçak geçiren filtreler yoktur. Bu filtreler karmaşık oldukları için tercih edilmezler. Sonuç olarak, örtüşme kaçınılmazdır.

Ayrıca, GT-ST geçiş işlemi için gereken bilgiler tek bir alanda mevcut değildir. Hatta çoğu zaman (özellikle hareketin çok olduğu sahneler için) ardışık iki alan dahi yeterli bilgi sağlamamakta ve daha fazla alanın incelenmek üzere bir hafızada biriktirilmesi gerekmektedir.

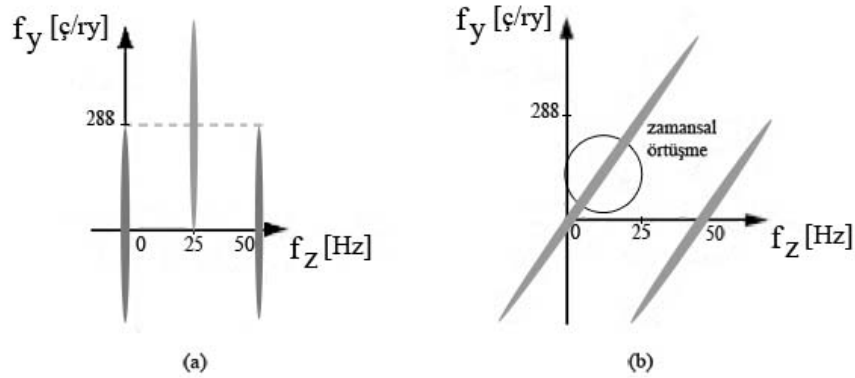
Bunlara ek olarak, başka bir temel problem daha vardır. İzleyicinin retinasındaki zamansal frekanslar ile sahnedeki içerik arasında bilinmeyen bir ilişki vardır (Tonge, 1985). Cisimlerin hareket etmesinden kaynaklanan yüksek frekanslar, eğer cisim izleyici tarafından takip ediliyorsa, retinada sıfır frekansa indirgenir. Sonuç olarak, bu tür frekansların bastırılması bu izleyici için resimde ciddi bir bulanıklaşmaya neden olacaktır.

* Nyquist Kriteri : Bir işaretin örneklendikten sonra tekrar elde edilebilmesi için, örnekleme frekansı işaretin içerdiği en yüksek frekansın iki katı olmalıdır (Smith, 1997).

Şekil 3.1a bir durağan video sinyalinin dikey-zamansal frekans içeriğini göstermektedir. Dikey zamansal frekans, çevrim/resim yüksekliği, zamansal frekans ise hertz olarak verilmiştir. Burada temel bant ve geçmeli örneklemeden kaynaklanan spektral tekrarlar bulunmaktadır. Örnekleme, spektral tekrarların merkezlerinin bir çapraz sıra içinde dizilmesine neden olur.

Şekil 3.1a'da olduğu gibi, tekrarların merkezleri 0 ve 288 olmak üzere zikzak çizmektedir. Bunun sebebi, spektral tekrarın ekranın tüm dikey boyutuna yayılmış olmasıdır. Tarama 288 satırda yapılırken, daha önce de bahsedildiği gibi, geçmeli taramadan dolayı oluşacak satır kırışması 576 satır olabilir.

Şekil 3.1b'de görüldüğü gibi sahnenin dikey ayrıntısı, dikey-zamansal spektrum desteğinin kapsamını belirler. Eğer uygun alçak geçiren filtreleme yapılmazsa desteklenemeyen yüksek frekanslar örtüşmeye sebep olacaktır. Diğer yandan dikey hareketler ise spektrumun doğrultusunu değiştirir. Desteklenebilen en yüksek frekans 576 satırlık bir resim için 288 çevrim/resim yüksekliği, en yüksek zamansal frekans da 50Hz tarama için 25Hz olduğundan, bu iki uç noktanın dışındaki her hareket örtüşmeye neden olacaktır (Tekalp, 1995).



Şekil 3.1 a) Durağan video işaretinin dikey-zamansal frekans içeriği
b) Hareketli video işaretinin dikey-zamansal frekans içeriği

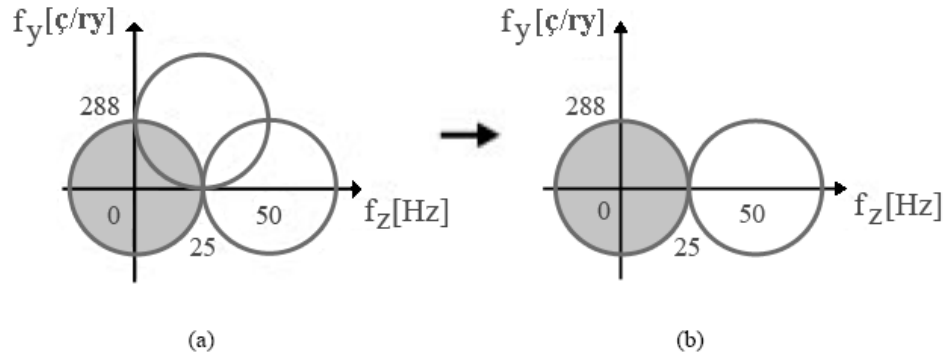
Şekil 3.2a'da hareket içeren bir geçmeli video işaretinin genel spektrumu, Şekil 3.2b'de ise ideal GT-ST geçişi sonrasındaki spektrum verilmiştir.

Şekil 3.2a'da görülen spektrum şöyle yorumlanabilir. Bir ekranda, satır sayısı en fazla satır sayısının yarısı kadar frekanslar gösterilebilir. 576 satırlık bir ekranda, yani dikey örnekleme frekansının 576 satır/çerçeve olduğu bir durumda, gösterilebilen en yüksek frekans 288 satır/çerçeve olur.

Ekrandaki işaretin zamansal frekansı arttıkça dikey frekansının en yüksek değeri azalır. Çünkü dikey tarama periyodu sabit olduğu için zamansal frekans arttıkça, dikey olarak taranabilen satır sayısı da azalacaktır. Başka bir deyişle, zamansal frekans ile dikey frekansın çarpımı sabittir. Dolayısıyla hareketin içereceği frekansların merkeze uzaklığı hep eşit olur. Bu nedenle, video işaretinin spektrumu merkezi 0, yarıçapı 25Hz olan bir daire çizer. Örnekleme teorisi gereği, bir işaretin örneklenmesinin ardından işaretin frekans spektrumu f_s kadar bir periyotla kendini tekrarlar. Geçmeli işaret için örnekleme frekansı 50 alan/saniye olduğundan dairenin çapı 50Hz olacaktır.

Ancak daha önce de belirtildiği gibi, gerekli ön filtreleme yapılmadığından örtüşme her zaman var olacaktır. Bu durumda örtüşen işaretlerin de içerebileceği frekanslar da spektrumda mevcut olacaktır.

Eğer geçmeli video işaretime ideal bir GT-ST geçişi uygulanırsa, örtüşmeye neden olan kısımlar spektrumdan çıkarılır ve Şekil 3.2b'deki spektrum elde edilir. Bu spektrum, 576 satırlı tarama video işaretinin spektrumuna eşittir.



Şekil 3.2 a) Hareket içeren bir geçmeli video işaretinin genel spektrumu

b) İdeal GT-ST geçişi sonrası spektrum

Açıkça görülmektedir ki; GT-ST geçişi bir uzaysal-zamansal problemdir. Çünkü yapılmak istenen dönüşüm işlemi, hem işaretin içerdiği zamansal frekanslara hem de barındırdığı hareketlerin doğrultusundan kaynaklanan dikey frekanslara bağlıdır. Bu nedenle, ileriki bölümlerde de görüleceği üzere, öne sürülen yöntemler hem uzaysal (doğrultunun etkisini içerebilmek için) hem de zamansal (frekansın etkisini içerebilmek için) ya da bunların karışımı olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.3 GT-ST Geçişin Video Kalitesine Etkileri

Yukarıda da bahsedildiği gibi, ideal bir GT-ST geçiş örtüşmeyi kaldırır ve örnekleme oranını ikiye katlar. Bu ideal durum göz önünde bulundurulduğunda video kalitesi için aşağıdaki maddeler söylenebilir.

1. Geçmeli tarama, hızlı hareketler için zamansal çözünürlük, durağan ya da yavaş hareketler için ise dikey çözünürlük sağlayabilir. Ancak hızlı hareketlerin dikey ayrıntısı yavaş olanların yarısı kadardır (R. Li, B. Zeng, M.L. Liou, 2000). GT-ST geçişten sonra hem yavaş hem de hızlı hareketler için dikey çözünürlük eşit hale gelir. Çünkü GT-ST geçiş dikey örnekleme oranını iki katına çıkarır.
2. Nyquist teoremi gereği örnekleme frekansının yarısından (Nyquist frekansı) yüksek frekansa sahip işaretler, örnekleme frekansı üzerinde katlanıp ana bantta örtüşmeye sebep olurlar. Geçmeli taranan bir resim işareti, Nyquist frekansından yüksek dikey frekanslar içerebilir. Bu durumda oluşan örtüşme kendini yüksek frekanslı olması beklenen yerlerde düşük frekanslı kırışma gösterir. Örnekleme oranının iki katına çıkarılıp, örtüşmenin kaldırılmasıyla bu tür etkiler ortadan kalkar ve özellikle kanal logoları ve alt yazı kenarlarında göze batan kırışmalar ortadan kalkar.
3. Yatay hareket eden cisimlere ait satırların tek ve çift olarak ayrı ayrı kaydedilmesinden ve taranmasından kaynaklanan tırtıklanma problemi ideal GT-ST geçiş ile çözülebilir. Bu durumda yatay hareket eden cisimlerde taramadan kaynaklanan tek yan etki zamandaki çözünürlük olacaktır.

Yukarıda belirtilen etkenler, GT-ST geçişin ideal olması durumunda gerçekleşebilir. Ancak böyle bir durumun pratik ve özellikle gerçek-zamanlı uygulamalar için gerçekleştirilebilmesi hiç de kolay değildir. Nitekim örtüşmenin kaldırılması, çözümü oldukça karmaşık ve çok hesap gerektiren bir işlemdir. Bu nedenle, GT-ST geçiş maliyet ve donanım karmaşıklığı açısından tüketici elektroniği pazarı için kabul edilebilir seviyelerde olan yöntemlerle yapılır.

Ancak maliyet ve karmaşıklıktan kurtulurken, yöntemden elde edilen sonucun kalitesi azalır. Yöntemin sonucu idealden uzaklaştıkça, GT-ST geçişin video kalitesine olan katkısı azalır. Bu azalma, kendisini sürekli göstermeyebilir. Örneğin, hareket algılayıcının düşük performanslı olduğu durumda, resmin hareket içeren kısımları doğru algılanamadığından bazı hızlı kısımların uzaysal yerine zamansal geçişe tabi tutulmasından kaynaklanan yan etkiler görülebilir.

BÖLÜM 4

GT-ST GEÇİŞ YÖNTEMLERİ

Bu bölümde, GT-ST geçiş işlemini gerçekleştirmek üzere oluşturulmuş yöntemler konu edilecektir. İlk olarak doğrusal yöntemler, ardından doğrusal olmayan yöntemler tanıtılacak, bunların ardından karma ve hareket uyarmalı yöntemler anlatılacaktır.

4.1 Doğrusal Yöntemler

Tüm doğrusal yöntemler, (4.1) numaralı denklemle tanımlanmıştır. $h(k, m)$, dikey-zamansal (DZ) düzlemde filtrenin impuls yanıtıdır. k , filtrenin dikey elemanlarını; m ise zamansal elemanlarını belirler. Yani sadece resim içi bir filtreleme yapılıyorsa m sıfır; benzer şekilde sadece resimler arası bir filtreleme yapılıyorsa k sıfır olacaktır. $h(k, m)$ 'nin seçimine göre uygulanan filtrenin yapısı belirlenmiş olur. Şekil 4.1'de örnek bir filtre şablonu verilmiştir.

$$F_o(\vec{x}, n) = \begin{cases} F(\vec{x}, n) & y \bmod 2 = \text{mod } 2 \\ \sum F(\vec{x} + k\vec{u}_y, n + m)h(k, m) & \text{haricinde} \\ (k, m) \in \{\dots, -1, 0, 1, 2, \dots\} & (k + m) \bmod 2 = 1 \end{cases} \quad (4.1)$$

Burada; $F_o(\vec{x}, n)$, çıkış resmi; $\vec{x} = (x, y)^T$ olarak uzaysal pozisyon; n , alan numarası; T transpoze; $\vec{u}_y = [0 \ 1]^T$; $\vec{u}_x = [1 \ 0]^T$; $F(\vec{x}, n)$, sadece $y \bmod 2 = n \bmod 2$ durumu için girişteki alanı temsil etmektedir (Bellers ve Haan, 1996).

Doğrusal filtreler, hareketli sahnelerdeki başarısızlıkları nedeniyle televizyon uygulamalarındaki yaygınlığını kaybetse de çoklu ortam bilgisayarlarında “Bob” ve “Weave” adlarıyla hala kullanılmaktadır (Microsoft Corp., 1997).

k=-2	0	0	0	0	0
k=-1	0	0	0.5	0	0
k=0	0	0	0	0	0
k=1	0	0	0.5	0	0
k=2	0	0	0	0	0
	m=-2	m=-1	m=0	m=1	m=2

Şekil-4.1 Birinci dereceden satır ortalayan filtrenin şablonu

Uzaysal GT-ST geçiş yöntemleri, bir alan içinde dikey olarak komşu örnekler arasındaki korelasyonu kullanarak ara pikselleri doğrusal işlemlerle elde eder. Sadece resim içi işlem yaptıkları için m sıfırdır.

Filtreleme işlemi uzaysal düzlemde yapıldığından zaman düzleminde tüm geçiren frekans yanıtına sahiptirler ve hareketli sahnelerde bozulma oluşmaz. Bozulma sadece yüksek dikey frekanslarda görülür. Uzaysal filtrelerin en önemli avantajı, gerçekleştirilmesinin ucuz olmasıdır.

Zamansal GT-ST geçiş yöntemleri ise alanlar arasındaki korelasyondan yararlanır. Ancak hareketin olduğu durumlarda içeriğin hareketli kısımları tam olarak yeniden oluşturulamaz ve resimde bozulmalar oluşur. Tıpkı uzaysal filtreler gibi zamansal filtrelerin de gerçekleştirilmesi ucuzdur.

4.1.1 Satır Tekrarı Yöntemi

En basit uzaysal filtre, satır tekrarıdır. Resme ait alanların her birinde, eksik olan satırlar tamamlanacak şekilde satır tekrarı yapılır. Yani tek satırları içeren alanın satırları bir satır aşağıya; çift satırları içeren alanın satırları bir satır yukarıya tekrarlanır. Böylece her alandan birer çerçeve elde edilir.

Burada $h(k,m)$, (4.2)'deki gibi seçilir.

$$\begin{aligned} h(k,m) &= 1 & k &= -1 \\ h(k,m) &= 0 & \text{haricinde} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Daha basit bir gösterim ile satır tekrarına ait filtrenin tanımı aşağıdaki gibi verilebilir:

$$f_o(\vec{x}, n) = \begin{cases} f(\vec{x}, n) & y \bmod 2 = n \bmod 2 \\ f\left(\vec{x} - \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, n\right) & \text{haricinde} \end{cases} \quad (4.3)$$

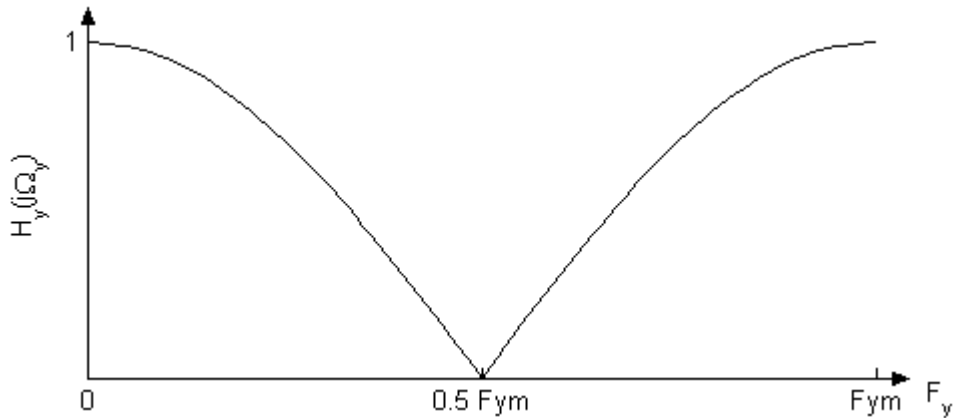
Burada, x uzaysal pozisyon ve n alan numarası olarak tanımlanmıştır. $y \bmod 2 = n \bmod 2$ ifadesi ise sadece çift alanlardaki çift satırlar ve tek alanlardaki tek satırlar için doğrudur.

Satır tekrarı yöntemine ilişkin frekans yanıtı (4.4) denkleminde, buna ilişkin grafik ise Şekil 4.2'de verilmiştir ((Bellers ve Haan, 1996)).

$$H_y(j\Omega) = \cos(\pi \cdot F_y) \quad (4.4)$$

Şekilde görüldüğü gibi, filtre çentik yapıya sahiptir. Transfer fonksiyonunun en az olduğu nokta dikey tarama frekansının yarısına eşittir. Bunun sebebi, geçmeli tarama ile resim taranırken asıl dikey frekans olan 25Hz (NTSC sistemler için 30Hz) etrafında katlanan bileşenlerin (örtüşen harmonikler) bastırılmasının gerekmesidir.

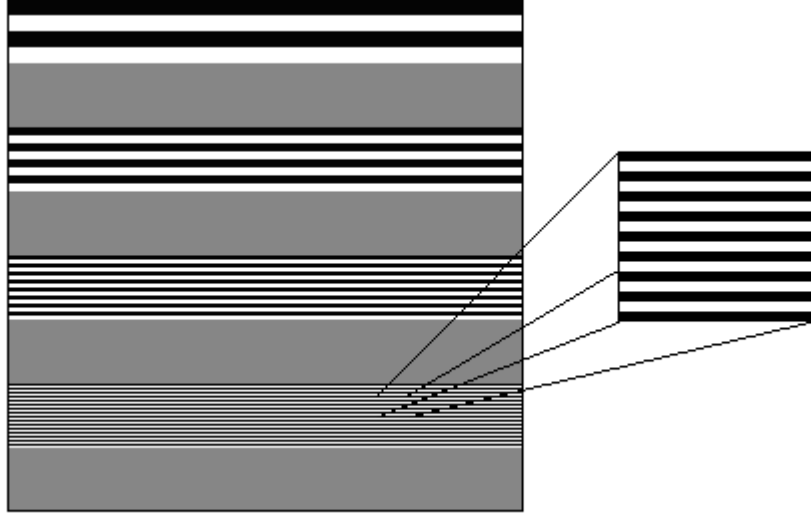
Ancak satır tekrarı ile sağlanan filtrenin eğimi keskin değildir. Bu nedenle, hem temel band kısmen bastırılır, hem de spektral tekrarlar yeterince bastırılamaz. Bastırılamayan spektral tekrarlar örtüşmeye, temel bandın kısmen bastırılması ise bulanıklığa sebep olur.



Şekil 4.2 Satır tekrarına ilişkin dikey frekans yanıtı (F_{ym} maksimum dikey frekansı temsil etmektedir)

Satır tekrarının yüksek dikey frekanslardaki incelemesi aşağıda verilmiştir:

Ana resim olarak 512x512 piksel boyutunda bir durgun resim Şekil 4.3'te verilmiştir. Resmin en yüksek frekanslı olan kısmı, 1 satır siyah ve 1 satır beyazdan oluşmaktadır. Bu resim önce tek ve çift satırlarına ayrılacak daha sonra da satır tekrarı ile resmin tümü tekrar elde edilip, ana resimle karşılaştırması yapılacaktır.



Şekil 4.3 Yüksek dikey frekanslar içeren bir durgun resim ve incelenecek olan yüksek frekanslı kısmı

Resimde siyah-beyaz olan kısımların yüksekliği 64 pikseldir. Bu durumda:

$$\begin{aligned} \text{İlk işaret için} \quad : \quad X = 64 \text{ piksel} \Rightarrow \quad X_o &= \frac{64 \text{ piksel}}{2 \text{ çevrim}} = 32 \text{ piksel/çevrim} \\ F_o &= \frac{1}{X_o} = \frac{1}{32} \text{ piksel/çevrim} \end{aligned} \quad (4.5)$$

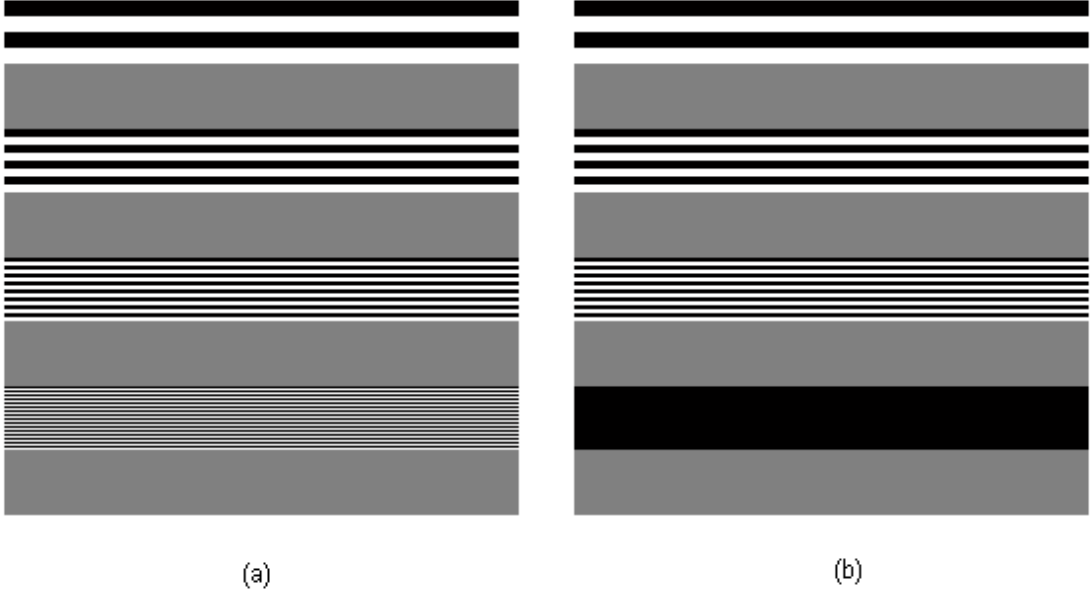
$$\begin{aligned} \text{İkinci işaret için} \quad : \quad X = 64 \text{ piksel} \Rightarrow \quad X_o &= \frac{64 \text{ piksel}}{4 \text{ çevrim}} = 16 \text{ piksel/çevrim} \\ F_o &= \frac{1}{X_o} = \frac{1}{16} \text{ piksel/çevrim} \end{aligned} \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned} \text{Üçüncü işaret için} \quad : \quad X = 64 \text{ piksel} \Rightarrow \quad X_o &= \frac{64 \text{ piksel}}{8 \text{ çevrim}} = 8 \text{ piksel/çevrim} \\ F_o &= \frac{1}{X_o} = \frac{1}{8} \text{ piksel/çevrim} \end{aligned} \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} \text{Dördüncü işaret için: } X = 64 \text{ piksel} \Rightarrow X_o &= \frac{64 \text{ piksel}}{32 \text{ çevrim}} = 2 \text{ piksel/çevrim} \\ F_o &= \frac{1}{X_o} = \frac{1}{2} \text{ piksel/çevrim} \end{aligned} \quad (4.8)$$

Burada X_o , periyodu, F_o ise uzaysal frekansı temsil etmektedir.

Dördüncü işaret göz önünde bulundurulursa, burada bir satır siyah, bir satır beyaz olduğu görülür. Satır tekrarı ile bu resmin alanlarından çerçeve elde edilmek istendiğinde, siyah satırlar tekrar edilerek beyaz satırların yerine gelecek ve beyaz satırlar resimden silinecektir. Böyle bir durumda resim tamamen bozulurken, daha düşük dikey frekanslarda ise bastırılma nedeniyle keskinlik azalacaktır.



Şekil 4.4 a) Yatay burst içeren bir resim

b) Bu resmin tek alan için satır tekrarı ile elde edilmiş resim hali

Görüldüğü gibi, tek alanlar için tek satırlar aynen tekrarlandığından tüm yüksek frekanslı kısım siyah olmaktadır. Bu durum çift alanlarda çift satırlar için de geçerli olacaktır. Buradan anlaşılıyor ki, satır tekrarı ile resmin dikey bandı yarıya düşmektedir. Başka bir deyişle, her satır tekrarlanarak iki satır haline getirilmekte ve dikey çözünürlük azaltılmaktadır.

Sonuç olarak, satır tekrarı gerçekleşmesinin kolaylığı ile caziplik kazanırken dikey frekanslardaki alçak geçiren yapısı nedeniyle de dikey hareketlerde ve dikey ayrıntılarda oluştu-

racağı istenmeyen sonuçlardan dolayı video işaretlerinin GT-ST geçişi için tercih edilen bir yöntem değildir.

4.1.2 Satır Ortalama Yöntemi

Satır ortalama (doğrusal dönüşüm) yönteminde, tek alan içindeki ardışık olan iki tek satırın ortalaması alınır ve aradaki çift satır elde edilir. Aynı işlem çift alan içindeki iki çift satırdan tek satırların elde edilmesi için de tekrarlanır.

Bir alandan bir resim elde edildiği için, arka arkaya iki alan arasında hareket farkı olsa dahi resimler aynı anda değil birbirinin peşinden ekrana yansıtıldığı için tırtık oluşmaz. Bu da hareketli resimler için avantaj sağlamakta ve uygulama basitliğinin de etkisiyle tercih edilen bir yöntem olmasını sağlamaktadır. Ayrıca spektral tekrarları daha iyi bastırmak için filtrenin derecesi artırılıp, ikinci dereceden satır ortalama filtresi de kullanılabilir. Satır tekrarına göre daha yüksek dereceye sahip bir filtre olan satır ortalama -PC dünyasında “Bob” olarak bilinen yöntem- oldukça yaygın kullanıma sahiptir.

Buna karşılık, resimde bulanıklaşma oluşur. Bunun sebebi iki sebebi vardır. Birincisi; arka arkaya iki satırın ortalaması alınarak çerçeve elde edildiği için, resme bir alçak geçiren filtre uygulanmış ve dikey çözünürlüğün azaltılmış olmasıdır. İkincisi ise; ardışık alanlar içerisinde gerçekleşen yani aslında zamanda aynı ana denk düşen bir hareketin, satır ortalaması nedeniyle ardışık çerçeveler arasında gösterilip, zamansal çözünürlüğün azaltılmasıdır.

Satır ortalamaya ait 1.dereceden filtrenin impuls yanıtı (4.9) ve (4.10)'da verilmiştir.

$$\begin{aligned} h(k,0) &= 0.5 & k = -1, 1 \\ h(k,m) &= 0 & \text{haricinde} \end{aligned} \quad (4.9)$$

Bir başka ifadeyle;

$$f_o(\bar{x}, n) = \begin{cases} f(\bar{x}, n) & y \bmod 2 = n \bmod 2 \\ \frac{f(\bar{x} - \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, n) + f(\bar{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, n)}{2} & \text{haricinde} \end{cases} \quad (4.10)$$

2.dereceden filtrenin impuls yanıtı ise (4.11) ve (4.12)de, frekans yanıtı da (4.13)'te verilmiştir.

$$h(k,0) = \begin{cases} \{0 & 0.25 & 0 & 0.5 & 0 & 0.25 & 0\} & k = -1,+1 \\ & & & 0 & & & & haricinde \end{cases} \quad (4.11)$$

Bir başka ifadeyle;

$$f_o(\vec{x}, n) = \begin{cases} f(\vec{x}, n) & y \bmod 2 = n \bmod 2 \\ \sum_{k \in \{-2, -1, 0, 1, 2\}} f(\vec{x} - \begin{pmatrix} 0 \\ 2k \end{pmatrix}, n) + f(\vec{x} + \begin{pmatrix} 0 \\ 2k \end{pmatrix}, n) \cdot h(k, 0) & haricinde \end{cases} \quad (4.12)$$

Verilenler ışığında 2.dereceden filtrenin ayrık frekans domenindeki ifadesi aşağıdaki gibi bulunabilir.

Filtrenin impuls yanıtı aşağıda verilmiştir.

$$h(k,0) = \{0.5 \ 0 \ 0.5\} * \{0.5 \ 0 \ 0.5\} = \{0 \ 0.25 \ 0 \ 0.5 \ 0 \ 0.25 \ 0\} \quad (4.13)$$

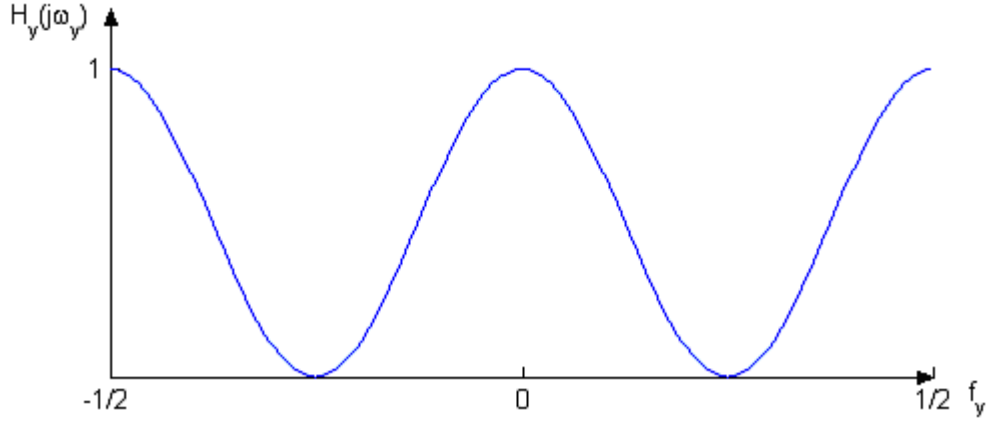
Buradan,

$$H(e^{jw}) = 0.25 \cdot e^{-jw(-2)} + 0 \cdot e^{-jw(-1)} + 0.5 \cdot e^{-jw(0)} + 0 \cdot e^{-jw(1)} + 0.25 \cdot e^{-jw(2)} \quad (4.14)$$

$$H(e^{jw}) = 0.25 \cdot e^{-j2w} + 0.5 + 0.25 \cdot e^{j2w} = 0.5 + 0.25(e^{-j2w} + e^{j2w}) \quad (4.15)$$

$$H(e^{jw}) = 0.5 + 0.5 \cdot \cos(2w) \quad (4.16)$$

olarak filtrenin ayrık domendeki ifadesi elde edilmiş olur. Bu ifadeye ilişkin grafik Şekil 4.5'te verilmiştir.

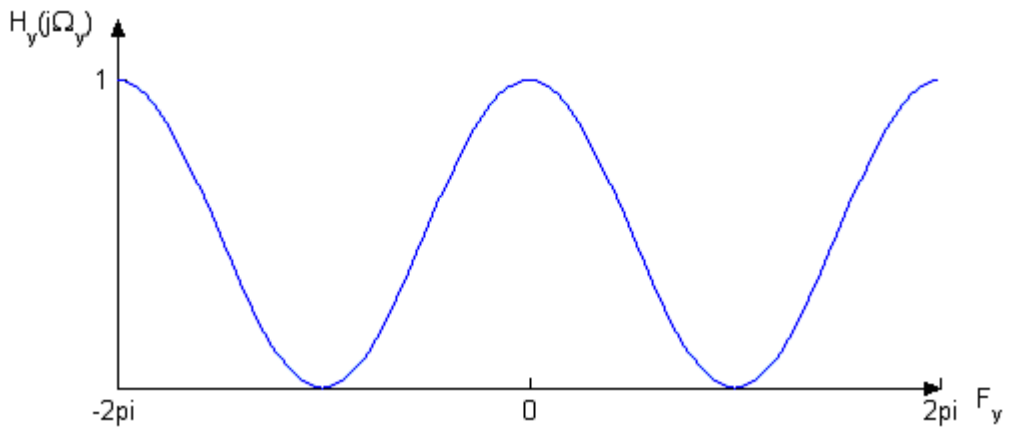


Şekil 4.5 Satır ortalama filtresinin ayrık frekans yanıtı

Bu ifadeden sürekli zaman ifadesi (4.12) ifadesi kullanılarak elde edilebilir. İlgili grafik Şekil 4.6'da verilmiştir.

$$f_y = \frac{F_y}{F_s} \quad \text{ve} \quad F_s = 2 \text{ alan/çerçeve} \quad (4.12)$$

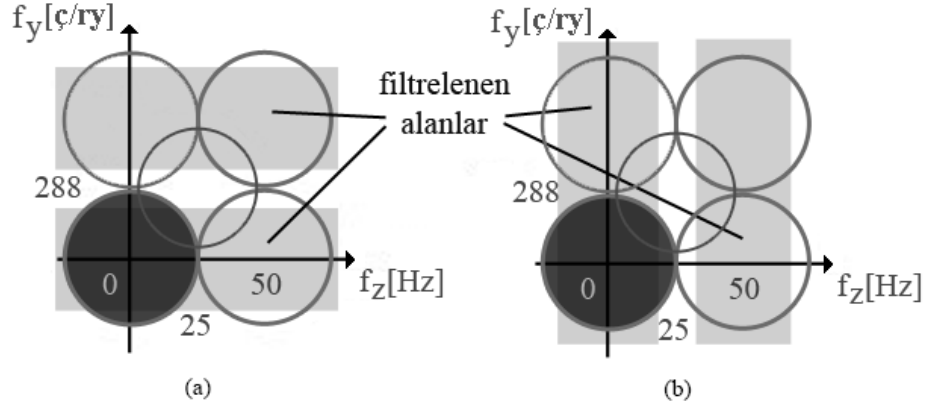
$$H_y(j\Omega) = H_y(e^{jw}) \Big|_{w = \frac{\Omega}{F_s}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot F_y) \quad (4.13)$$



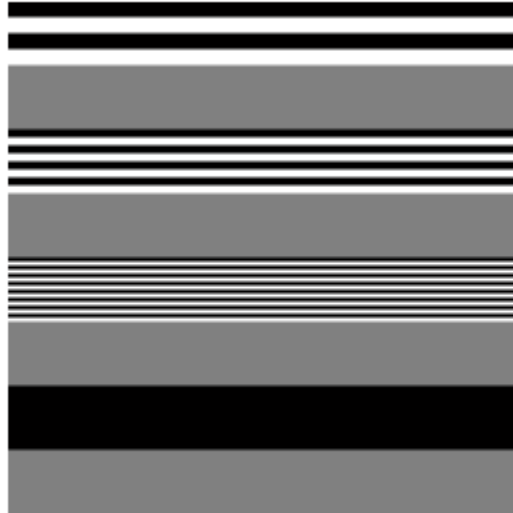
Şekil 4.6 Satır ortalama filtresinin sürekli-frekans yanıtı

Şekil 4.6'da görüldüğü gibi, spektral tekrarların bastırıldığı bant genişlemiştir. Ancak bu durum, ana bandın üst kısımlarının da bastırılması sonucunu doğurmaktadır. Yani resimdeki yüksek frekanslı kısımlar, başka bir deyişle ayrıntılar da bastırılacaktır.

Genel olarak, saf uzaysal filtreler, uzunluklarından bağımsız olarak, anaband ile tekrar spektrumunu birbirinden ayıramazlar. Şekil 4.7’de görüldüğü gibi, örtüşme ve çözünürlük arasında bir denge kurarlar. Şekildeki gri alan ya dikey ayrıntıyı bastıran ya da örtüşmeye izin veren geçirme bandını göstermektedir.



Satır ortalamasının dikey ayrıntıya olan etkisini görmek için filtre yatay burst işaretine sahip durgun resme uygulanmıştır ve sonuç Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8 Yatay burst içeren durgun resme satır ortalaması uygulandıktan sonra elde edilen resim

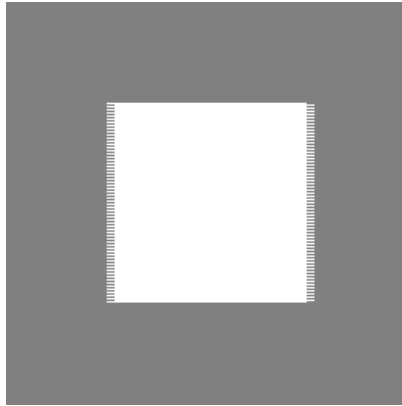
Şekil 4.8’de görüldüğü gibi, yüksek frekanslı kısımlar siyah olan satırların kendi içinde ortalamaya dahil olmaları sebebiyle siyah olarak elde edilmiştir. Bu işlem resmin tek alanında yapılmış olsaydı o zaman da yüksek frekanslı kısım beyazların kendi içlerinde ortalamaya dahil olmaları nedeniyle yarı parlaklık seviyesinde, yani alt ve üst gri kısımlarla aynı seviyede görünecekti.

4.1.3 Alan Tekrarı Yöntemi

Tıpkı satır tekrarı gibi, alan tekrarı (field repetition) ya da alan ekleme (field insertion) de yapılabilmektedir. Bu durumda, mevcut alandaki eksik satırlar bir önceki alandan kopyalanarak bir çerçeve eklenmektedir. Böylelikle durağan sahneler için mükemmel bir yeniden oluşturma sağlanabilmektedir.

Alan ekleme, PC dünyasındaki adı ile “Weave”, dikey frekans boyutunda tüm geçiren yapıya sahiptir. Tüm dikey frekanslar korunduğu için, durgun resimler için en iyi çözümdür. Ancak, iki alan arasında yatay doğrultuda fark varsa dikey cisimlerin köşeleri birbirini tutmaz ve buralarda fare dişine benzer tırtıklar (mouse teeth artifact) oluşur. Bu durum göz tarafından kolaylıkla fark edilir ve oldukça rahatsız edici bir hatadır (Wikipedia, The Free Encyclopedia).

Bir örnek olarak ekranda yatay hareket eden bir beyaz kare olduğu varsayalım. Bu kare iki alan arasında belli bir mesafe kat edeceğinden art arda iki alanın eklenerek bir çerçeve elde edilmesi durumunda karenin dikey kenarlarında, karenin iki alan arasında aldığı mesafeye eşit uzunlukta Şekil 4.9’da görülen şekilde tırtıklar oluşacaktır. Bu hatanın gerçek bir resimdeki hali ise Şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.9 Alan tekrarıyla yatay hareketten kaynaklanan tarak etkisi (combing, mouse teeth)



Şekil 4.10 Tarak etkisinin gerçek resimde oluşturduğu hata (Luke's Video Guide İnternet Sitesi)

4.1.4 Alan Ortalama Yöntemi

Alan ortalama (Bilinear Field Interpolation) yöntemi, bir önceki ve bir sonraki alana ait satırları kullanarak mevcut alandaki eksik satırları elde eder. Bu şekilde elde edilen avantajlar ve oluşan hatalar alan tekrarının benzeridir. Bu yöntem de durgun resimlerde iyi sonuç verirken, hareketli resimlerde hatalara sebebiyet verir.

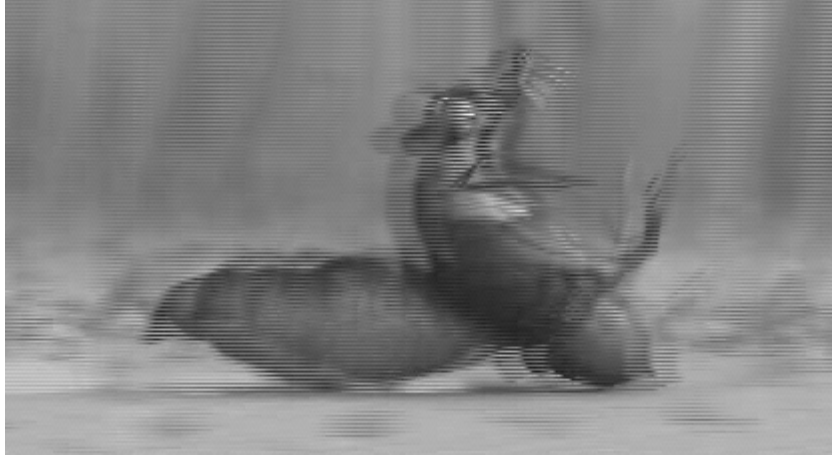
Alan ortalamaya ait impuls aşağıda verilmiştir :

$$F_o = \begin{cases} F_i(\vec{x}, n) & y \bmod 2 = n \bmod 2 \\ \frac{F_i(\vec{x}, n+1) + F_i(\vec{x}, n-1)}{2} & \text{haricinde} \end{cases} \quad (4.14)$$

$$h(0, m) = \left\{ 0 \quad \frac{1}{2} \quad 0 \quad \frac{1}{2} \quad 0 \right\} \quad (4.15)$$

Alan ortalamasının frekans yanıtı, satır ortalamasının aynısıdır. Ancak alan ortalamada bastırma uzaysal değil, zamansal boyutta yapılır.

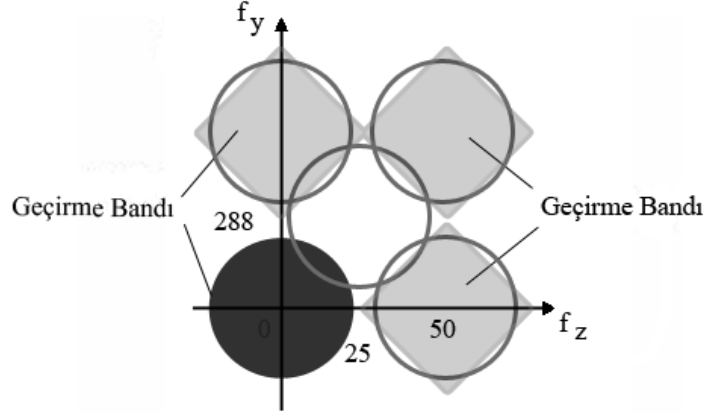
Ortalama için üç alan kullanıldığından hareketli resimlerde oluşan bulanıklaşma etkisi alan tekrarına göre daha fazladır. Resimde üç ayrı alan da görünebilir. Mevcut alan resmin ortasında, bir önceki ve bir sonraki alanlar ise resmin arka planında birbirine karışmış şekilde görülür. Bu haliyle hem gölgeli hem de kenarları tırtıklı bir resim oluşur. Bu hatalar gözü daha fazla rahatsız ettiğinden alan tekrarına göre daha zayıf bir GT-ST geçiş yöntemidir. Alan ortalama ile elde edilmiş bir resim Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11 Tümü yatay doğrultuda hareket eden bir sahnede alan ortalama ile oluşan bulanıklaşma ve hayalet etkisi

4.1.5 DZ Filtreleme Yöntemi

Teorik olarak, bir DZ dönüşüm filtresi, işaretin bant genişliğinin geçmeli taramadan önce sınırlanmış olması halinde, GT-ST geçiş problemini çözer. Gereken ön filtrenin frekans karakteristiği Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12 Geçmeli taramadan önce videonun bandını sınırlamak için gereken filtrenin frekans karakteristiği

Geçmeli taramadan önce bir ön filtreleme yapılmıyor olmasına ve hareketli cisimleri takip eden izleyicilerde probleme neden olmasına rağmen; Şekil 4.12’de görülüyor ki, DZ filtre örtüşmeyi ve durağan resimlerdeki bulanıklaşmayı engellediği için GT-ST geçiş probleminin çözümüne en iyi doğrusal yaklaşımdır. Zamansal frekanslar arttıkça dikey ayrıntı da azalmaktadır. Hareketli bir resimde böyle bir kayıp doğal karşılanabilir.

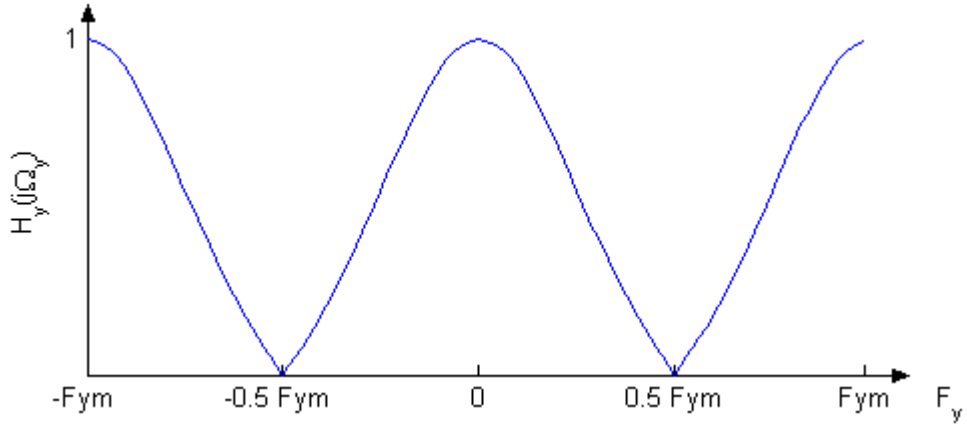
Şekil 4.13'te bir DZ filtrenin impuls yanıtı, Şekil 4.14'te ise dikey frekans yanıtı verilmiştir. Bu filtre aynı zamanda deneylerde de kullanılmıştır.

k=-3	0	1
k=-2	-5	0
k=-1	0	8
k=0	10	0
k=1	0	8
k=2	-5	0
k=3	0	1
	m=-1	m=0

uzay

zaman

Şekil 4.13 Bir DZ filtre şablonu



Şekil 4.14 Verilen DZ filtrenin dikey frekans yanıtı

Şekilde görüldüğü gibi, DZ filtrenin dikey frekans yanıtı da çentik şeklindedir. Diğer doğrusal filtrelerde olduğu gibi burada da örtüşme ve temel bandın daralması arasında bir orta noktanın bulunması gerekir. Hem zamansal hem de uzaysal boyuta sahip olmaları nedeniyle hareketli sahnelerde sadece zamansal ya da sadece uzaysal filtrelere göre çok daha iyi sonuç verirler.

4.2 Doğrusal Olmayan Yöntemler

Doğrusal zamansal dönüştürücüler, hareketin olmadığı durumlarda mükemmel sonuç verirler. Doğrusal uzaysal yöntemler de dikey ayrıntının olmadığı durumlarda yan etki oluşturmazlar (Bellers ve Haan, 1996). Bu nedenlerle, doğrusal yöntemlerin dönüştürme mantığını zaaf gösterdikleri hareketli ve dikey ayrıntıya sahip durumlar için uygulanabilir hale getirmek GT-ST geçiş yöntemlerinin uygulama alanlarını genişletecektir.

Bu amaçla tanımlanmış pek çok doğrusal olmayan yöntem vardır. Aşağıda bunların en yaygın kullanılanları verilmiştir:

4.2.1 DZ Medyan Filtreleme Yöntemi

DZ medyan filtreler, doğrusal DZ filtrelerden farklı olarak eksik satırları elde etmek için doğrusal işlemler yerine medyan işlemi yaparlar. Gerek performans ve gerekse uygulama kolaylığı nedeniyle DZ medyan filtreler yaygın olarak tercih edilmektedir.

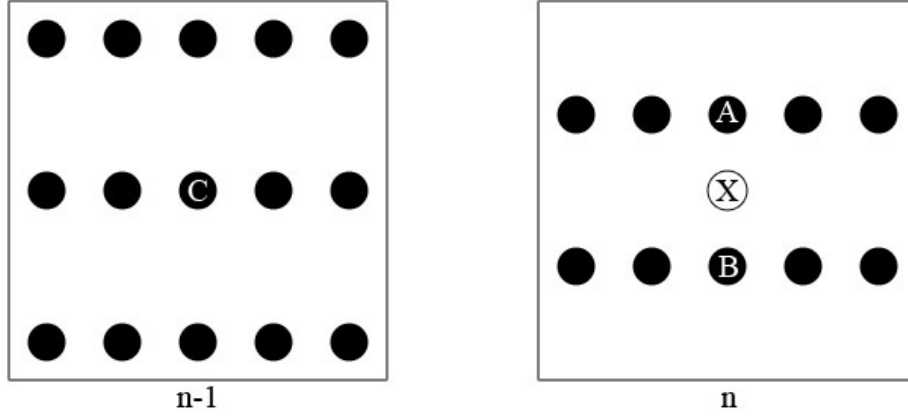
Medyan filtreler, işaret işlemede yaygın olarak kullanılır. Yapılan işlem, giriş örneklerinin sıralanıp, orta değerın çıkış olarak atanması esasına dayanır. Basamak ve yokuş yanıtlarının iyi olması, medyan filtreleri görüntü işleme konularında da çekici hale getirir.

Medyan işlemi doğrusal olmayan bir işlem olduğundan, medyan filtrelerin matematiksel olarak incelenmesi oldukça zordur. Örneğin bir medyan filtrenin transfer fonksiyonunun çıkarılması mümkün değildir. Medyan filtrelerin analizinde genel yöntem, kök işaret analizidir. Eşik bileşim teoremine göre medyan filtrelerin kök işaretlerinin ikili işaretler kullanılarak incelenmesi mümkündür. Bu durumda filtrelerin davranışları, çoklu-seviyeli işaretlere olan davranışlarıyla benzer olacaktır (Juhola, Nieminen, Salo ve Neuvo, 1989).

Kendinden önceki ve sonraki alanlarla olan bağlantısı, medyan filtreye harekete uyum sağlama yeteneği kazandırır. Açık olarak hareket algılanmaz ya da hesaplanmaz ancak yapılan medyan işlemi hareketin sonuca etki etmesine sağlar (Annegarn, Doyle, Frenken ve Van Hees, 1998).

Genellikle DZ filtreler, komşu alanlardan yüksek dikey frekans katkısını sınırlayacak şekilde tasarlanır. Bunun sonucu olarak, yatay hareket eden dikey ayrıntısı olmayan cisimler için harekette hata oluşmaz.

En basit DZ medyan filtre üç noktalı olanıdır. Bir piksel elde etmek için mevcut alandan iki, bir önceki alandan ise bir pikselin medyan işlemine tabi tutulmasıyla istenilen piksel elde edilir. İşleme giren pikseller Şekil 4.15'te verilmiştir.



$$X = \text{med}(A, B, C)$$

Şekil 4.15 Üç noktalı medyan filtreleme için kullanılan pikseller

$$F_o(\bar{x}, n) = \begin{cases} F(\bar{x}, n) & y \bmod 2 = n \bmod 2 \\ \text{med}(F(\bar{x} - \bar{u}_y, n), F(\bar{x} + \bar{u}_y, n), F(\bar{x}, n-1)) & \text{haricinde} \end{cases} \quad (4.16)$$

Burada $\text{med}(A, B, C)$ şu şekilde tanımlanmıştır :

$$\text{med}(A, B, C) = \begin{cases} A & (B < A < C) \vee (C < A < B) \\ B & (A \leq B \leq C) \vee (C \leq B \leq A) \\ C & \text{haricinde} \end{cases} \quad (4.17)$$

Buradaki temel kabul, durağanlık durumunda C'nin mevcut alan içindeki dikey komşuların değerleri arasında bir değer alma eğiliminde olduğudur. Bu da zamansal dönüşümle sonuçlanır. Ancak, hareket olması durumunda sonuç, uzaysal dönüşümdür. Çünkü, bu durumda mevcut alanda örnekler arasındaki korelasyon en yüksek olma eğilimi gösterir. Diğer filtrelerde, belli bloklar yardımıyla karar verilen filtre tipleri arasındaki geçiş, medyan filtrelerde piksel temelli olarak yapılır.

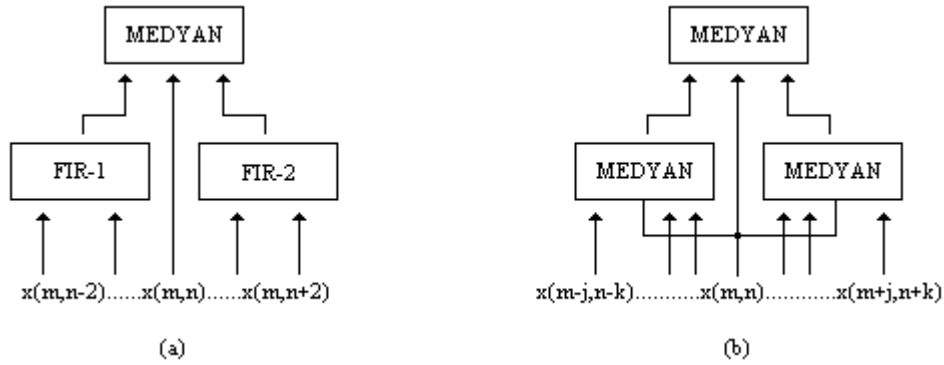
Eğer işaretler gürültü tarafından kirlenmiş ise medyan filtre kenarlara yakın yerlerde gürültüye sebep olur. Bu kusur, medyan filtreleme öncesi yumuşatma uygulanarak azaltılabilir (Hwang, Lee ve Song, 1993).

Medyan filtrelemenin en önemli avantajı; $(t-1)/2$ 'den (t , filtre penceresinin uzunluğu) kısa darbeleri silerken, kenarlarda ve parlaklık geçişlerinde yumuşamaya ya da keskinliğin azalmasına sebep olmamasıdır. Bu özellikleri sayesinde, medyan filtreleme kendine gürültü azaltma işleminde de yer bulmuştur (Salo, Neuvo ve Hämeenaho, 1988).

Medyan filtrelemenin en önemli dezavantajı, dikey ayrıntıyı bozması ve örtüşmeye sebep olmasıdır. Buna ek olarak, filtrenin penceresi geniş olduğunda ortalama değeri hesaplamak zaman alan bir iş haline gelir. Ancak, dikey kenarlardaki üstün özellikleri ve donanım maliyetinin düşük olması, medyan filtrelemeyi oldukça yaygın kılmıştır (Philips Semiconductors, 1995).

Geniş medyan filtrelerde sonuca ulaşma süresini azaltmak için Salo, Neuvo ve Hämeenaho (1988) sonlu zamanlı yanıtı sahip karma medyan filtre (FIR Median Hybrid-FMH) kavramını ileri sürmüştür.

FMH'lerde, toplam çıkış merkez giriş örneği ile FIR alt filtrelerin çıkışlarının ortalamasıdır. Bu nedenle, sıralanması gereken değer sayısı filtrenin boyutundan bağımsızdır. Boyutun büyümesi sadece alt filtrelerin boyutunu genişletir. Filtrenin işleyişine ilişkin akış diyagramı Şekil 4.16a'da verilmiştir.



Şekil 4.16 a) Tek(dikey) doğrultulu FMH filtre
b) Medyan ağaç filtre

Bir diğer kavram ise yönden bağımsız olarak ayrıntıları koruyabilen medyan ve FMH filtrelerin tasarlanmasını mümkün kılan çok seviyeli medyan filtrelerdir (Nieminen, Heinonen ve Neuvo, 1987). Çok seviyeli filtrede, hesaplanması gereken eleman sayısı filtrenin çıkışına yaklaştıkça azalır. Alt filtreler, FMH ya da medyan olabilir. Şekil-4.16b'de yatay ve dikey alt filtrelere sahip bir iki seviyeye sahip çok-seviyeli medyan filtre görülmektedir.

4.2.2 Kenar Bağımlı Medyan Filtreleme Yöntemi

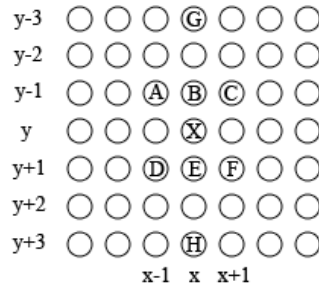
En basit kenar bağımlı (KB) GT-ST geçiş yöntemi, kenar satır ortalamadır (Byun, Park ve Kang, 2005). Ancak kenar satır ortalama (KSO) yönteminin performansı ağırlıklı olarak gürültüye ve piksel parlaklıklarındaki değişime bağlıdır. Bu nedenle vektör-tabanlı KB GT-ST geçiş yöntemleri, piksel tabanlı KB GT-ST geçiş yöntemlerindeki problemleri azaltmak için kullanılmıştır. Vektörlerin doğrultusunun belirlenmesi ise en temel adım olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kenarın yerini belirlemek için muhtelif sayıda örnek kullanılabilir. Ancak yaygın olarak kullanılan altı noktalı medyan filtredir. Eğer hareketten dolayı resim içi dönüşüm gerekiyorsa, o zaman dönüşümün ana bant spektrumunu koruması gerekir. Bunu sağlamak için de en az zararlı filtre yönü, yani hareketin doğrultusundaki yön belirlendikten sonra, işaret bu doğrultuda filtrelenir. Böylelikle kenarlara bağımlılık sağlanmış olur. Dönüşümden elde edilen X örneği, kendi komşusundan hesaplanan bir parlaklık gradyan belirteci ile belirlenir.

$$X = \begin{cases} X_A & (|A - F| < |C - D|) \wedge (|A - F| < |B - E|) \\ X_C & (|C - D| < |A - F|) \wedge (|C - D| < |B - E|) \\ X_B & \text{haricinde} \end{cases} \quad (4.22)$$

Burada X_A , X_B ve X_C aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$X_A = \frac{A + F}{2}, \quad X_B = \frac{B + E}{2}, \quad X_C = \frac{C + D}{2} \quad (4.23)$$



Şekil 4.17 Kenar bağımlı dönüşüm için kullanılan pikseller

A, B, C, D, E, F, G ve H pikselleri Şekil 4.17’de görülmektedir ve aşağıdaki gibi tanımlanmıştır :

$$\begin{aligned}
 A &= F(\bar{x} - \bar{u}_x - \bar{u}_y, n) & B &= F(\bar{x} - \bar{u}_y, n) \\
 C &= F(\bar{x} + \bar{u}_x - \bar{u}_y, n) & D &= F(\bar{x} - \bar{u}_x + \bar{u}_y, n) \\
 E &= F(\bar{x} + \bar{u}_y, n) & F &= F(\bar{x} + \bar{u}_x + \bar{u}_y, n)
 \end{aligned} \tag{4.24}$$

Komşu örnekler arasında fark olmaması, işaretin bu doğrultuda durağan olduğunu kesin olarak belirtmez. Örneğin, gürültü ya da örtüşme, kararı olumsuz etkileyebilir. Bir kenar algılayıcı, belli yönlerde optimum sonuca ayarlanmış birden fazla işleme kipinin anahtarlanması ya da yavaş geçişi için kullanılabilir.

Yatay kenarların algılanmasını daha güvenilir hale getirmek için (B-D) ve (B-F) farkları da medyan işlemine dahil edilebilir.

Kenar algılamının devamlılığını sağlamak için aynı zamanda komşu pikselin kenar doğrultusu da kontrol edilebilir (Salonen ve Kalli, 1993). Bunun için doğrultusal kenar algılama operatörleri kullanılabilir. Kenar bilgisinin devamlılığı, yakın komşularda baskın bir ana doğrultu arayarak daha da arttırılabilir. Ancak, örtüşme problemi hala devam eder.

4.2.3 Ağırlıklı Medyan Filtreleme Yöntemi

Medyan filtrelerin bir üst hali olan ağırlıklı medyan filtrelerde bazı giriş örnekleri sıralama işlemine birden fazla kere sokulur ya da sonuca olan katkısı ağırlık adı verilen katsayılar yardımıyla yüksek tutulur. Bu durum örneğin çıkış olma olasılığı arttırır. Filtre girişine ağırlıklar atamak suretiyle, yapılan işlemin resmin içeriğine uygunlaştırılması sağlanabilir.

Buna bir örnek aşağıda verilmiştir :

Çıkışı belirlemek için şu formül kullanılacaktır :

$$F_o(\bar{x}, n) = med \left\{ \begin{array}{l} F(\bar{x} - \bar{u}_x - \bar{u}_y, n), F(\bar{x} - \bar{u}_y, n), F(\bar{x} + \bar{u}_x - \bar{u}_y, n), \\ F(\bar{x} - \bar{u}_x + \bar{u}_y, n), F(\bar{x} + \bar{u}_y, n), F(\bar{x} + \bar{u}_x + \bar{u}_y, n), \\ a \diamond F(\bar{x}, n-1), b \diamond \bar{F}(\bar{x}, n) \end{array} \right\} \tag{4.18}$$

$$\bar{F}(\bar{x}, n) = \frac{1}{2} \cdot [F(\bar{x} - \bar{u}_y, n) + F(\bar{x} + \bar{u}_y, n)] \tag{4.19}$$

Burada $\bar{F}(\bar{x}, n)$, mevcut alanda hesaplanan pikselin satır ortalama ile elde edilmiş ön tahmin değeridir. a ve b , ağırlıklar; \diamond ise ağırlık işlemini temsil etmektedir. Medyan işlemi için Doyle ve Looymans (1990) tarafından kullanılan medyan işlemine benzer bir tanım kullanılacaktır. Ancak burada işleme ağırlıklar ve geçmiş değer de katılıp, yöntemin hareketin varlığına uyumunun artırılması sağlanacaktır.

$$X = \begin{cases} X_D & |\hat{X} - \hat{J}| < |A - F| \wedge |\hat{X} - \hat{J}| < |B - E| \wedge |\hat{X} - \hat{J}| < |C - D| \\ X_A & |A - F| < |C - D| \wedge |A - F| < |B - E| \\ X_C & |C - D| < |A - F| \wedge |C - D| < |B - E| \\ X_B & \text{haricinde} \end{cases} \quad (4.20)$$

Burada, \hat{X} ve \hat{J} ağırlıklı piksel değerlerini simgeler ve aşağıdaki gibi hesaplanır :

$$\bar{X} = \frac{(B + E)}{2}, \quad \hat{X} = b * \bar{X}, \quad J = F(\bar{x}, n - 1), \quad \hat{J} = a * J \quad (4.21)$$

Görüldüğü gibi, a ve b değerlerinin değişmesiyle filtrenin yapısının değiştirilmesi mümkündür. Örneğin, $a = 0$ ve $b = 3$ seçilirse mevcut alanın filtrenin sonucuna etkisi daha fazla olur. Bu nedenle filtre uzaysal dönüşüm gerektiren hareketli sahnelere uyarlanmış olur. Diğer yandan $a = 3$ ve $b = 0$ seçilirse tam tersi olarak bir önceki alanın sonuca etkisi daha fazla olur ve zamansal dönüşüm yapılır. Bu yöntem, durağan sahneler için uygun olacaktır. Verilen sıfır ve üç değerinin arasındaki değerler için filtre hareketin belirgin olmadığı durumlara uyarlanmış olur. Deneyler $a = 2$ ve $b = 1$ değerleri kullanıldığında yöntemin en iyi sonucu verdiğini göstermiştir (Juhola, Nieminen, Salo ve Neuvo, 1989). Bu değerlendirme ile ilgili tablo Çizelge 4.1'de verilmiştir.

	Ağırlıklı medyan Filtreleme			Doğrultu- Bağımlı Medyan Filtreleme	Satır Orta- lama
	$a = 3$ $b = 0$	$a = 0$ $b = 3$	$a = 2$ $b = 1$		
Durgun	20.11	62.27	31.11	44.96	61.42
Hareketli	158.96	62.27	100.48	107.30	61.42

Çizelge 4.1 Test resminden elde sonuçlara ait KOH değerleri (Juhola, Nieminen, Salo ve Neuvo, 1989)

Bu filtre bir 3x3 pencere kullandığından, $(t-1)/2$ 'den kısa olduğu için bir piksel genişliğindeki satırları siler. Çünkü bir alan içinde arka arkaya iki satır, çerçevede üç satıra karşılık düşer. Arada olan satır hakkında çok az bilgi olduğundan ve yüksek dikey ayrıştırma teşkil edebileceğinden, piksellerin bir ayrıştırma ya da bir hareketin devamı olup olmadıklarını anlamak mümkün olmaz.

4.3 Karma Yöntemler

Literatürde öne sürülmüş pek çok kombinasyon vardır.

Bunlardan biri bir DZ filtre ile beş noktalı medyan filtrenin birleştirilmesidir (Lethonen ve Renfors, 1990). DZ filtrenin çıkışı, beş noktalı medyan filtrenin girişlerinden biridir. Kalan dört giriş, DZ örnekleme ağındaki en yakın komşulardır.

Başka bir yöntem olarak, medyan filtrenin giriş elemanlarının yerleri yatay düzlemde genişletilebilir. üç noktalı filtre, yedi noktaya genişletilir ve şöyle tanımlanır :

$$F_i(\vec{x}, n) = \text{med}(A, B, C, D, E, F(\vec{x}, n-1)) \quad (4.25)$$

Buradaki A, B, C, D, E ve F Şekil 4.14'te görülmektedir ve (4.24) ile tanımlanmıştır.

Bu yöntem, bir hareket algılayıcısıyla genişletilmiştir (Haavisto, Juhola ve Neuvo, 1990). Burada, ağırlıklı medyan filtrelemeye temel olarak bir yedi noktalı uzaysal-zamansal filtre önerilmektedir. Medyan filtrenin girişindeki piksellerin ağırlıkları ya da önemleri hareket algılayıcısı tarafından kontrol edilmektedir.

Bu durumda çıkış şöyle tanımlanır :

$$F_o(\bar{x}, n) = \begin{cases} F(\bar{x}, n) & y \bmod 2 = n \bmod 2 \\ \text{med}\left(A, B, C, D, E, F, \alpha F(\bar{x}, n-1), \beta \frac{B+E}{2}\right) & \text{haricinde} \end{cases} \quad (4.26)$$

Burada α ve β tam sayılardır. α , yüksek değerler aldığında çıkış alan ekleme ile, buna karşılık β yüksek değerler aldığında ise çıkış satır ortalama ile belirlenir.

Başka bir yöntemde, durgun, yavaş ve hızlı hareketler için ayrı sonuçlar veren bir 3-seviyeli hareket algılayıcı kullanılmıştır (Simonetti, Carrato, Ramponi ve Filisan, 1993). Bu analize göre üç dönüştürücüden biri kullanılır. Durgun resimler için, zamansal FIR filtre seçilir. Yavaş hareketin olduğu durumlarda ağırlıklı karma medyan filtre (weighted hybrid median filter=WHMF) olarak adlandırılan bir filtre kullanılır. Hızlı hareketlerin varlığı durumunda ise bir uzaysal filtre kullanılır. Bu durumda çıkış şu şekilde tanımlanır:

$$F_o(\bar{x}, n) = \begin{cases} F(\bar{x}, n) & y \bmod 2 = n \bmod 2 \\ \frac{1}{2}(F(\bar{x}, n-1) + F(\bar{x}, n+1)) & \text{durgun} \\ \text{med}\left(\alpha_0 \frac{A+F}{2}, \alpha_1 \frac{B+E}{2}, \alpha_2 \frac{C+D}{2}, \alpha_3 \frac{G+H}{2}\right) & \text{yavaş} \\ c_0 B + c_1 E + c_2 G + c_3 H & \text{hızlı} \end{cases} \quad (4.27)$$

α_i katsayıları Webers Yasası'na* göre hesaplanır (Jain, 1989). Burada β değerleri aşağıdaki gibi belirlenir:

$$\begin{aligned} \beta_0 &= \frac{A+F}{|A-F|} & \beta_1 &= \frac{B+E}{|B-E|} \\ \beta_2 &= \frac{C+D}{|C-D|} & \beta_3 &= \frac{G+H}{|G-H|} \end{aligned} \quad (4.28)$$

Burada, β_i 'nin minimum, $\alpha_i = 2$ ve $\alpha_j = 1 \forall j \neq i$ olduğu varsayılmaktadır.

Başka bir yöntem olarak, hareketin algılanması için bir önceki alandaki alçak geçiren filtreden geçmiş çevre ile bir sonraki alandaki çevre karşılaştırılabilir (Kim ve Cho, 1995). İki

* Webers Yasası : Göz, karanlık bölgelerdeki küçük parlaklık değişimlerine, parlak bölgelerdekenden daha hassastır.

çevredeki birbirine karşılık gelen piksellerin arasındaki mutlak farkın ağırlıklı toplamı bir hareket eşiğini aşarsa hareket algılanmış olur. Bu şekilde, dikey kenarlar düşeyde komşu olan piksellerin mutlak farkının bir eşikle karşılaştırılması ile bulunur.

Kenar ve hareket algılayıcılarına bağlı olarak, elde edilen satırlarda çıkışlar (4.29)'da verilen zamansal ortalama ve (4.30)'da verilen kenar-bağımlı dönüşüm arasında değişir.

$$F_i(\bar{x}, n) = \frac{1}{2}(F(\bar{x}, n-1) + F(\bar{x}, n+1)) \quad (4.29)$$

$$F_i(\bar{x}, n) = \frac{1}{2}(F(\bar{x} + l\bar{u}_x - \bar{u}_y, n) + F(\bar{x} + (m-l)\bar{u}_x + \bar{u}_y, n)) \quad (4.30)$$

Burada dönüşüm doğrultuları, l ve m , “geniş vektör” korelasyonları ile belirlenir.

$$D(l, m) = \sum_{i=-L}^L |U(i) - V(i)| \gamma_i \quad (4.31)$$

Burada, γ_i ağırlığı temsil ederken U ve V şöyle tanımlanmıştır :

$$U = \begin{bmatrix} F_{LF}(\bar{x} - (L-l)\bar{u}_x - \bar{u}_y, n) \\ \vdots \\ F_{LF}(\bar{x} + l\bar{u}_x - \bar{u}_y, n) \\ \vdots \\ F_{LF}(\bar{x} + (L-l+m)\bar{u}_x + \bar{u}_y, n) \end{bmatrix} \quad (4.32)$$

$$V = \begin{bmatrix} F_{LF}(\bar{x} - (L+l-m)\bar{u}_x + \bar{u}_y, n) \\ \vdots \\ F_{LF}(\bar{x} + (m-l)\bar{u}_x + \bar{u}_y, n) \\ \vdots \\ F_{LF}(\bar{x} + (L-l+m)\bar{u}_x + \bar{u}_y, n) \end{bmatrix} \quad (4.33)$$

En küçük $D(l, m)$, l ve m değerleri belirler.

4.4 Hareket Uyarlamalı Yöntemler

Hareketin olmadığı durumlar için doğrusal dönüştürücüler en iyi çözümdür. Dikey ayrıntının olmadığı durumlarda doğrusal metotların hiçbir hatası yoktur. Bu nedenle, aynı dönüştürme mantığını hareketli veya dikey ayrıntıya sahip alanların çerçevelere dönüştürülmesine uygulamak mantıklıdır.

Hareketin varlığı iki alan arasındaki farklardan elde edilmeye çalışılır. Ancak gürültü nedeniyle, resim durgun olsa bile resimler arası fark sıfır olmamaktadır. Ayrıca bazı sistemlerin kendine has bazı problemleri vardır. Örnek olarak, renk taşıyıcıları renkli alanlarda hareket eden gürültülere sebep olur. Geçmeli tarama, dikey ayrıntının kırışmasına ve dolayısıyla hareket gibi görülmesine sebep olur (De Haan ve Bellers, 1998).

Gerek GT-ST geçiş ve gerekse MPEG kodlama için yaygın olarak kullanılmaları sebebiyle hareket uyarlamalı yöntemler ayrı bir bölüm olarak Bölüm-5'te incelenmiştir.

4.5 Hareket Kompanzasyonlu Yöntemler

GT-ST geçiş yöntemlerinin en gelişmiş olanları hareket kompanzasyonlu (motion compensation) olanlarıdır. Diğer bazı yöntemler gibi, hareket kompanzasyonlu (HK) yöntemler de hareketin doğrultusunda ya da ilişkinin en yüksek olduğu doğrultuda dönüştürme yapmayı amaçlarlar. Hareketin doğrultusu, hareket vektörlerinin belirlenmesiyle elde edilir. Temel amaç hareketli dizilerin hareketsiz dizilere dönüştürülmesini sağlamaktır. Bu durumda, durgun resimlerde iyi sonuç verip hareketli resimlerde zayıf kalan yöntemlerden yararlanmak mümkün olacaktır.

Şu ana kadar anlatılmış olan yöntemler, hareket kompanzasyonlu için de kullanılabilirler. HK alan ekleme, HK alan ortalama, HK DZ filtreleme, HK medyan filtreleme ve kenar bağımlı yöntemler de öne sürülmüştür.

Bu tür yöntemlerde temel problem, hareketin kompanze edilmesi için öngörülen hareket vektörünün belirlediği noktanın dikey düzlemde tarama satırlarına denk gelmeme olasılığının olmasıdır. Bu problemi aşmak için bazı yeni yöntemler öne sürülmüştür.

Zamansal geriye dönük izdüşüm (temporal backward projection), zaman yinelemeli GT-ST geçiş (time-recursive deinterlacing) , uyarlamalı-yinelemeli GT-ST geçiş (adaptive-recursive deinterlacing), genelleştirilmiş örnekleme teoremini temel alan yöntemler (generalized sampling theorem deinterlacer) ve bazı karma yöntemler bunlar arasında sayılabilir (De Haan ve Bellers, 1998).

Hareket kompanzasyonlu yöntemler henüz tüketici elektroniğinde yaygınlaşmamıştır. Bunu temel sebebi, hala bu tarz ürünler için pahalı bir çözüm olmasıdır. Ancak profesyonel stüdyo cihazlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

TV uygulamaları için sunulmuş bazı çözümler mevcuttur. Philips Semiconductors firmasının PNX5000 serisi video işlemcileri bir örnek olarak verilebilir.

Kullanımının yaygın olmaması sebebiyle hareket kompanzasyonlu yöntemler ayrıntılı incelenmemiştir.

BÖLÜM 5

HAREKET UYARLAMALI GT-ST GEÇİŞ

Diğer GT-ST geçiş yöntemlerine göre tüketici uygulamalarında en yaygın kullanıma sahip olması nedeniyle hareket uyarlamalı yöntemler ayrı bir öneme sahiptir. Hemen her televizyon uygulamasında bu yöntem kullanılır. Bunun sebebi, maliyet ve performans olarak diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında her iki açıdan da tatminkar olmasıdır. Ancak daha üst seviye uygulamalar için hareket uyarlamalı yerine hareket kompanzasyonlu yöntemler kullanılır.

Dördüncü bölümde anlaşıldığı gibi, hareketin olmadığı durumlar için doğrusal dönüştürücüler (interpolator) en iyi çözümdür. Dikey ayrıntının olmadığı durumlarda ise doğrusal yöntemlerin hiçbir hatası yoktur. Bu nedenle, aynı dönüştürme (interpolation) yöntemini harekete veya dikey ayrıntıya uygulamak mantıklıdır.

Bu amaçla, konunun temeli olan hareketin algılanması ve hareket vektörünün belirlenmesi, bu vektörlerin yardımıyla GT-ST geçişin yapılması gibi konular aşağıda başlıklar halinde incelenmiştir.

5.1 Video İşaretlerinde Hareketin Algılanması

Hareketi algılamak için iki resim arasındaki fark hesaplanır ve buradan hareket eden pikseller yani aynı ya da benzer değerde olup başka pozisyonda olan pikseller belirlenir. Bu işlem resim genellikle parçalara ayrılır ve bu şekilde arama yapılır. Bloklar hareket eden ve durağan olarak iki gruba ayrılır. Bundan sonra durağan bloklar, zamansal yöntemlerle, hareket eden bloklar ise uzaysal yöntemlerle yeniden elde edilirler (B. Henng, 2001).

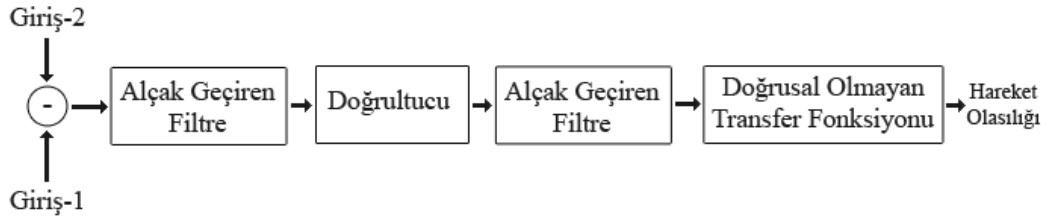
Ne yazık ki, gürültü nedeniyle, resim durgun olsa bile resimler arası fark sıfır olmaktadır. Ayrıca bazı sistemlerin daha farklı problemleri vardır. Örnek olarak, renk taşıyıcıları, renkli alanlarda harekete sebep olur. Geçmeli tarama dikey ayrıntıya sahip kısımlarda harekete sebep olur (G. De haan , E.B. Bellers, 1998).

Bu problemler göstermektedir ki; hareket algılayıcının çıkışı, hareketin olasılığını belirten iki seviyeli değil, çok seviyeli bir işaret olmalıdır. Bu nedenle, çoğu durum için kabul edilebilir bir performans gösterecek hareket algılayıcıyı gerçekleştirmek için bazı kabullere ihtiyaç vardır.

Genel kabuller şöyledir :

1. Gürültü küçük, işaret ise büyüktür.
2. Renk taşıyıcısı etrafındaki spektrum hareket bilgisi taşımaz.
3. Düşük frekanslardaki enerji, örtüşme ve gürültüdekinden fazladır.
4. Cisimler, piksellere oranla büyüktür.

Bu kabulleri temel alan bir hareket algılayıcının blok diyagramı Şekil 5.1’de verilmiştir. Zaman boyutundaki fark işareti, önce 2 ve 3 numaralı kabullerden yararlanmak için bir alçak geçiren filtreden geçirilir. İşaret doğrultulduktan sonra 3 numaralı kabule dayanarak, devamlılığını arttırmaya yarayan başka bir alçak geçiren filtreye uygulanır. Son blokta bir doğrusal-olmayan (ama monoton) transfer fonksiyonu işareti 1 no’lu kabulü kullanarak bir olasılık değerine karşı düşürür. Bu son blok, beklenen gürültü seviyesine göre uyarlanabilir. Şu da unutulmamalıdır ki, burada olasılık adlandırılan değişken, o pikselin resmin hareket eden kısmına aitliğinin bir ölçüsüdür ve gerçek bir olasılık değişkeni değildir.



Şekil 5.1 Bir hareket algılayıcının genel yapısı

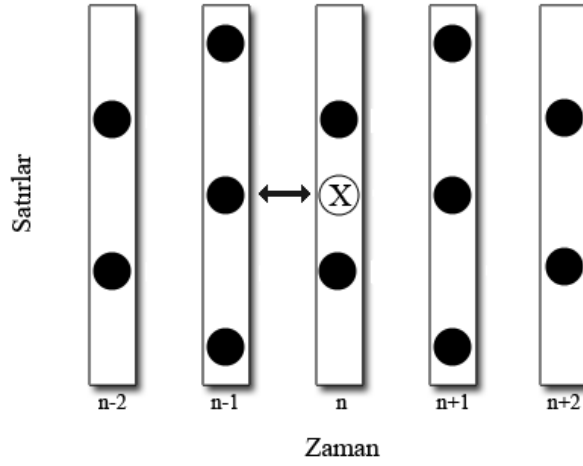
Yukarıda bahsi geçen türden bir hareket algılayıcı ancak sıralı çerçeveler için kullanılabilir. Nitekim, geçmeli alanların farkını almak mümkün değildir. Çünkü bir çift alanı tek alandan çıkarmak istediğinizde çift alandaki piksellerin karşılıkları tek alanda yoktur. Bu engeli aşmak için bazı yöntemler öne sürülmüştür (B. Henng, 2001).

Hareketi algılamak için birden fazla hareket algılayıcı kullanılabilir. İki komşu alan değil de daha fazla komşu alan üzerinde çalışan hareket algılayıcıları kullanılarak ve bunların çıkışlarının mantıksal ya da doğrusal birleşimi hesaplanarak daha güvenilir sonuçlar elde edilebilir. Bu işlemle ilgili yöntemler aşağıda verilmiştir.

En basit yöntemlerden biri, eldeki mevcut alana GT-ST geçişi uygulanmasıdır. Bir kere çerçeve elde edildikten sonra hareketin algılanması için ardışık çerçevelerin farkının alınması

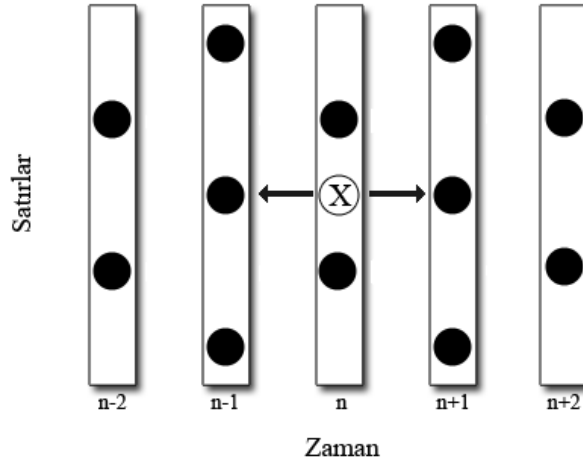
yeterli olacaktır. Geçiş için herhangi bir uzaysal yöntem kullanılabilir. Bir pikselin değeri tahmin edildiğinde aynı pikselin bir önceki alandaki değeri ile olan mutlak farkı hareketin varlığını belirleyecektir. Bu yöntemde hareketin algılanması için sadece iki alan kullanılmıştır.

Bu basit yöntemde problem, eksik pikselin tahmini esnasında yapılan hatanın, resimdeki dikey ayrıntıların hareket gibi algılanmasına sebep olmasıdır. Ayrıca, pikselin alt ve üstünde bulunan diğer piksellerle arasında bir ilişki olmak zorunda değildir ve mutlak fark hareketin algılanmasında kullanmak için uygun olmayabilir. Başka bir deyişle hareketin olmadığı durumlarda da hareket algılanabilir. Bu sebepten dolayı yanlış algılanan hareketler, olması gerekenden daha fazla uzaysal geçişe sebep olacak ve video kalitesini düşürecektir.



Şekil 5.2 İki alanlı hareket algılama

Başka bir yöntem ise üç alandan yararlanarak hareketin algılanmasına dayanır. Bir alandaki hareketin algılanması için, bir önceki ve bir sonraki alanların farkı kullanılır. Elde edilen fark yaklaşık olarak hareketi temsil edebilir.

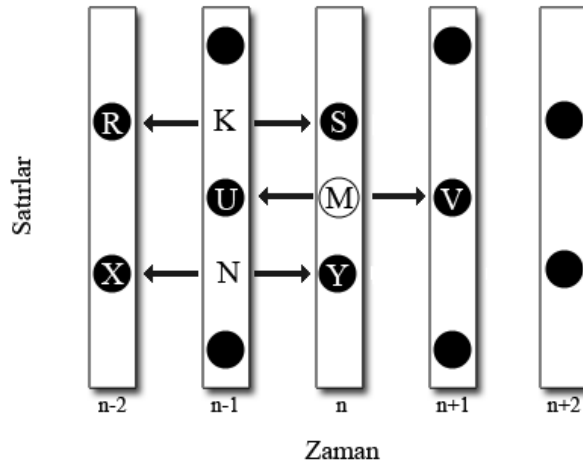


Şekil 5.3 Üç alanlı hareket algılama

Daha hassas algılama sağlamak için dört alandan faydalanılabilir (R. Li, B. Zeng, M.L. Liou, 2000). Bu yöntemde sadece pikselin önceki ve sonraki zamansal komşuları değil, bir önceki alandaki uzaysal komşuları da karşılaştırmaya katılır. Burada hareketin varlığı (5.1) eşitliğiyle, Şekil 5.4'te verilen piksel tanımları yardımıyla elde edilir.

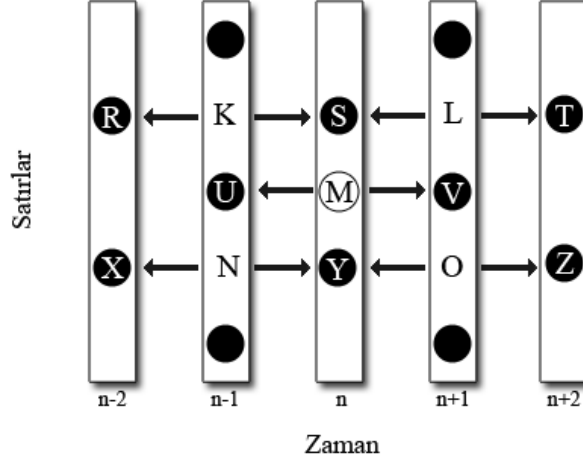
$$\left. \begin{array}{l} M = |U - V| \\ K = |R - S| \\ N = |X - Y| \end{array} \right\} \Rightarrow hareket = MAK(M, K, N) \quad (5.1)$$

Her ne kadar üç alan algılamaya göre daha az hata yapsa da bu yöntemde de bazı hareketler kaçırılabilir.



Şekil 5.4 Dört alanlı hareket algılama

Hareketin algılanması için en iyi ve an verimli yöntem beş alanlı algılamadır (B. Bhatt, 1994). Bu yöntemde, dört alanlıdaki üç noktalı karşılaştırma yerine beş noktalı karşılaştırma yapılır. M pikseli için elde edilen farkların ağırlıklı bileşimi kullanılır.



Şekil 5.5 Beş alanlı hareket algılama

$$A = |U - V|$$

$$B = |R - S|$$

$$C = |X - Y|$$

$$D = |S - T|$$

(5.2)

$$E = |Y - Z| \text{ olsun.}$$

Bu durumda,

$$\text{hareket} = \max\left(A, \frac{B+C}{2}, \frac{D+E}{2}\right) \quad (5.3)$$

Bu yöntem fazladan bir iyileştirmeye daha izin verir. 3-alanlı algılamının haricindeki tüm algılama yöntemleri, hareketin zamandaki doğrultusunu sadece geri yönde arar ve mevcut ile önceki çerçevelerin farkına odaklanmışlardır. Bu nedenle bu yöntemler zamansal GT-ST geçişi için bir önceki alanı kullanırlar.

Ancak 5-noktalı algılamada hem geri hem de ileri yönde arama yapılmakta ve bir önceki ya da bir sonraki alandan hangisinin kullanılacağı hemen anlaşılamamaktadır. Bu ne-

denle, zamansal GT-ST geçişi için aşağıdaki gibi bir medyan işlemi önerilmiştir (B. Bhatt, 1994).

$$M = med\left(\frac{S+Y}{2}, U, V\right) \quad (5.4)$$

Buradaki medyan işlemi, bir önceki ya da bir sonraki alana ait piksellerden uzaysal dönüşümle elde edilen sonuca en yakın olanı tekrarlar.

Her ne kadar 7 ya da 9-alanlı hareket algılama yöntemleri olsa da 5-alanlı en yeterli ve verimli olan yöntem olarak kabul görmüştür.

Hareket algılayıcı, biri durgun diğeri hareketli resimler için optimum olan iki kip arasında anahtarlama yapmak ya da yumuşak geçiş yapmak için kullanılır. Hareket algılayıcının çıkışına göre resmin özelliği sezilir ve ona uygun bir yöntem uygulanır.

Zamansal ve dikey filtrelerden oluşan bir hareket uyarlamalı anahtarlama, örtüşmeyi bastırıp DZ domenindeki gerçek frekans içeriğini korumak için kullanılabilir. Şekil 5.6'da bir beş alanlı hareket algılayıcının çıkışına örnek verilmiştir.



Şekil 5.6 Yatay hareket için seçilmiş olan test dizisi için beş alanlı algılayıcıdan elde edilen çıkış

5.2 Hareket Uyarlamalı Yöntemler

Örtüşme elemanlarını bastırmak ve 2-boyutlu DZ frekans boyutundaki gerçek elemanları korumak için, hareket uyarlamalı yavaş geçiş (fading) uygulanmak suretiyle zamansal ve dikey filtreler birleştirilebilir (Achiba ve Ishikura, 1984), (Prodan, 1986). Böylelikle hem zamansal hem de uzaysal filtrelerin faydaları yöntemde bir araya getirilebilir.

Aşağıda verildiği gibi biri hareketli diğeri durgun resimler için belirlenmiş iki çıkış, hareket algılayıcının belirlediği bir karışma oranı ile birleştirilebilir.

$$F_o(\vec{x}, n) = \begin{cases} F(\vec{x}, n) & y \bmod 2 = n \bmod 2 \\ \alpha \cdot f_{dur}(\vec{x}, n) + (1 - \alpha) \cdot F_{har}(\vec{x}, n) & haricinde \end{cases} \quad (5.5)$$

Burada, F_{dur} resmin durgun, F_{har} ise hareketli kısmına ait sonuçları, α ise hareket algılayıcının belirlediği karışma faktörünü temsil eder (Bock, 1994).

İyi tanımlanmış bir DZ filtrenin de en iyi hareket-uyarlamalı filtre kadar iyi sonuçlar verebileceğini düşünenler de vardır. Bunun sebebi olarak, anahtarlama etkisini kaldırmak için yapılan yavaş geçişin DZ filtreleme benzeri bir yapısı olduğunu, hareket algılayıcıya gerek olmadan bu karakteristiğin elde edilebileceği öne sürülmektedir (Seth-Smith ve Walker, 1996).

İkiden fazla dönüştürücü arasında yavaş geçiş yapılması önerilmiştir. Dönüştürülen satır yüksek frekans bilgisi bir önceki satırdan alınabilir. Düşük frekans bilgisi ise bir hareket uyarlamalı dönüştürücü ile belirlenebilir.

$$F_o(\vec{x}, n) = \begin{cases} F(\vec{x}, n) & y \bmod 2 = n \bmod 2 \\ F_{HF}(\vec{x} - \vec{u}_y, n) + \alpha \cdot F_{av}(\vec{x}, n) + (1 - \alpha) \cdot F_{LF}(\vec{x}, n - 1) & haricinde \end{cases} \quad (5.6)$$

Burada, F_{HF} ve F_{LF} girişin alçak ve yüksek geçiren filtreden geçmiş halini temsil eder. α , hareket algılayıcı tarafından kontrol edilir. F_{av} ise aşağıdaki tanımlanmıştır.

$$F_{av} = \frac{F_{LF}(\vec{x} - \vec{u}_y, n) + F_{LF}(\vec{x} + \vec{u}_y, n)}{2} \quad (5.7)$$

Bu yöntem, alanlar arasındaki farktan yararlanır. Hareketin olmadığı durumlarda, alan ekleme; ciddi bir hareket olduğunda ise satır ortalama kullanılır. Küçük resim farklılıkları ara bir sonuç verir (Filliman ve Christopher, 1992).

Bir alan için hareket yerine dikey köşelerin algılanması da önerilmiştir. Kenar algılayıcının çıkışı aşağıdaki gibidir (Hentschel, 1989) , (13, 1990):

$$ED(\vec{x}, n) = g \{ F(\vec{x} - \vec{u}_y, n) - F(\vec{x} + \vec{u}_y, n) \} \quad y \bmod 2 \neq n \bmod 2 \quad (5.8)$$

Burada, g kenarın varlığını belirleyen doğrusal olmayan bir fonksiyondur. g fonksiyonunun çıkışı ya sıfırdır ya birdir. Bu algılayıcı, hareketli ve durağan resimleri birbirinden ayırmak yerine, zamansal dönüştürmenin nerede avantajlı olduğunu göstermektedir.

BÖLÜM 6

DENEYLER ve SONUÇLARI

Önceki bölümlerde şu ana kadar öne sürülmüş olan GT-ST geçiş yöntemlerinin kullanımı en yaygın olanları ve gerçekleşmesi mümkün olanları incelenmiştir. Bu bölümde anlatılan yöntemlerin performansları değerlendirilecek, avantaj ve dezavantajlarının gözlenmesi sağlanacak ve bir sonuca varmak amacıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.

Performansları değerlendirmek için belli içeriklere sahip, yöntemler arasındaki farkları ortaya koyabilecek beş adet test dizisi seçilmiştir. Bu dizilerin ikisi durgun diğerleri ise muhtelif yönlerde hareket içermektedir.

6.1 Deney Aşamaları

İlk olarak test dizilerinin işleme yapılabilir formata getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, test dizileri muhtelif uzunluklarda AVI formatında kaydedilmiştir. Bu formattaki bir dosya MATLAB programına “structure” değişkeni olarak kaydedilebilmektedir.

Test dizileri MATLAB ortamına kaydedildikten sonra GT-ST geçiş işlemleri uygulanmıştır. Çıkış dizileri elde edildikten sonra sonuçların önyargı ve göz yanılığına fırsat vermeden objektif bir şekilde karşılaştırılması gerekmektedir. Bu amaç için karesel ortalama hata (KOH) kullanılacaktır.

Aşağıda karesel ortalama hataya ait formül verilmiştir :

$$KOH_i(n) = \frac{1}{N_p} \sum_{\vec{x} \in P} [f(\vec{x}, n) - f_{out}(\vec{x}, n)]^2 \quad (6.1)$$

Burada, P ölçüm yapılan pencereyi, N_p , pencere içindeki örnek sayısını, $f(\vec{x}, n)$, n alandaki orijinal örnekleri, $f_o(\vec{x}, n)$, seçilen yöntemden elde edilen çıkışı simgelemektedir. P içindeki tüm satırlar hesaba dahil edilecektir. Burada yapılan işlem, geçiş yöntemiyle elde edilen çerçeve ile orijinal çerçeve arasındaki farkın hesaplanmasıdır.

KOH değerinin yorumlanması şu şekilde olacaktır: Düşük KOH değeri, elde edilen çerçeve ile orijinal arasında farkın az olduğu anlamına gelecek ve yöntemin orijinale yakın

sonuçlar verdiğini gösterecektir. Tam tersi olarak da yüksek KOH değeri yöntemin gerçek değerlere ulaşmada başarılı olamadığını belirtecektir.

Her ne kadar KOH değeri karşılaştırma için sayısal değerler sağlamak adına byknm taşısa da yapılan deneylerde bu değerin bazı durumlarda yanılıcı olabildiğini göstermiştir.

Düşük KOH değerine sahip bir ereve her zaman aslının kabul edilebilir seviyede benzeri olmamaktadır. Örneğin, alan ekleme ve alan ortalama ile elde edilen bazı erevesel düşük hata değerlerine sahip olsalar da hareketin olduğu kısımlarda (ki resimlerin bu kısımları genelde izleyici tarafından takip edilen alanlar olmaktadır) ciddi taraklanma görülmekte ve GT-ST geçişin amacına uymayan sonuçlar doğmaktadır.

Yöntemlerin karşılaştırılması ve performanslarınınllmesi için altı ayrı test dizisi kullanılmıştır :

Yöntemlerin uzaysal dönüşümdeki başarılarını değerlendirmek için bir durağan dizi seçilmiştir. FUBK test resmi, dikey kenar ve ayrıntı içermekte ve yöntemlerin dikey düzlemdeki başarıları hakkında fikir vermektedir.

Yatay hareket eden kenarlarda oluşan hataları incelemek için dikey kenar ve ayrıntıya sahip bir dizi (Ice Age) seçilmiştir.

Dikey hareket esnasında keskin kenarlara sahip cisimlerde oluşabilecek hataların incelenmesi için aşağıdan yukarı hareket eden bir asansörü içeren bir dizi (Star Wars – Asansör) seçilmiştir.

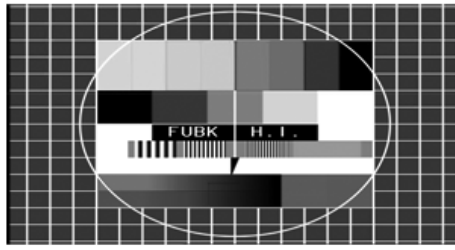
Hareket mümkün olan en çok doğrultuya sahipken oluşabilecek hatalar, yakınılaştırma içeren kontrast ayrıntısı olmayan bir dizi (Star Wars – Kuleler) ile incelenecektir.

Harekete olan hassasiyet ve hareket uyarlamalı yöntemlerin hareketi algılamadaki başarısını değerlendirmek için değişik yönlere hareket eden cisimlerin bulunduğu bir dizi (Star Wars – Arena) seçilmiştir. Seçilen dizilere ait birer ereve Şekil 6.1’de verilmiştir.

Test dizilerine aşağıdaki yöntemler uygulanmıştır:

1. Satır Tekrarı (ST)
2. Satır Ortalama (SO)
3. Alan Tekrarı (AT)
4. Alan Ortalama (AO)

5. Yedi-noktalı Medyan Filtreleme (DZ)
6. Üç-noktalı DZ Medyan Filtreleme (medDZ)
7. Ağırlıklı Medyan Filtreleme (Amed)
8. Kenar Bağımlı Medyan Filtreleme (Kmed)
9. Hareket Uyarlamalı Ağırlıklı Medyan Filtreleme (HU Amed)
10. Hareket Uyarlamalı Kenar Bağımlı Medyan Filtre (HU Kmed)



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 6.1 Test dizilerinden çerçeveler

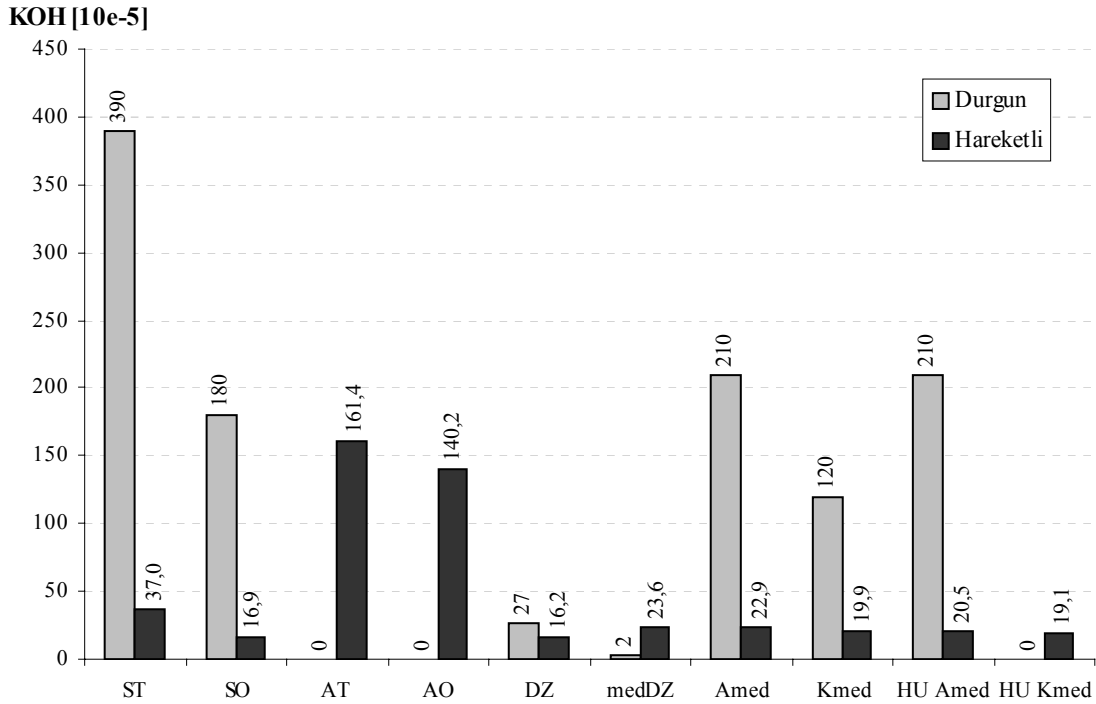
Hareket uyarlamalı yöntemler için daha önce anlatılan beş alanlı hareket algılayıcı kullanılmıştır. Algılayıcıdan alınan sonuçlar, hem hareket miktarını hem de hareketin zamandaki yerini belirtmektedir. Hareketin zamandaki yeri, zamansal dönüşüm yapıldığında hangi alanın (önceki ya da sonraki) dönüşüm için kullanılacağını belirler.

HU ağırlıklı medyan filtrede ağırlıklar, hareket algılayıcıdan gelen hareket miktarına göre durgun, yavaş ya da hızlı harekete uygun olacak şekilde atanmaktadır (Juhola, Nieminen, Salo ve Neuvo, 1989).

HU kenar bağımlı filtrede ise kenar bağımlı medyan filtre ve alan ortalama ile elde edilen iki ayrı sonuç, (5.5) denkleminde verilen yumuşak anahtar kullanılarak çıkış pikseli hesaplanmıştır.

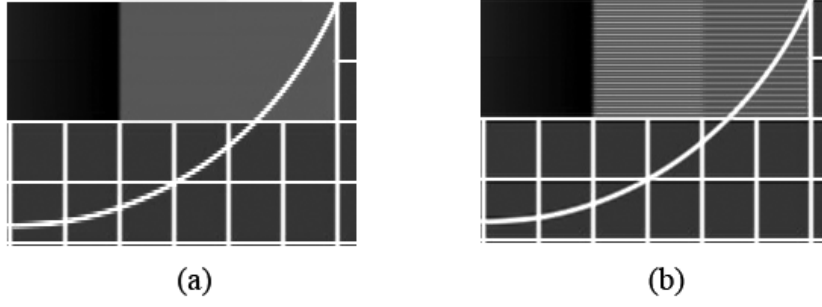
6.2 Deneysel Sonuçları ve Değerlendirmeler

Şekil 6.2’de yöntemlerden elde edilen hata sonuçlarının ortalamalarından oluşan bir karşılaştırma verilmiştir. Durağan ve hareketli dizilerden elde edilen hatalar, ayrı sütunlarda verilmiştir.



Şekil 6.2 Yöntemlerden elde edilen hata değerlerinin durgun ve hareketli dizilere göre ortalama değerlerini içeren KOH grafiği

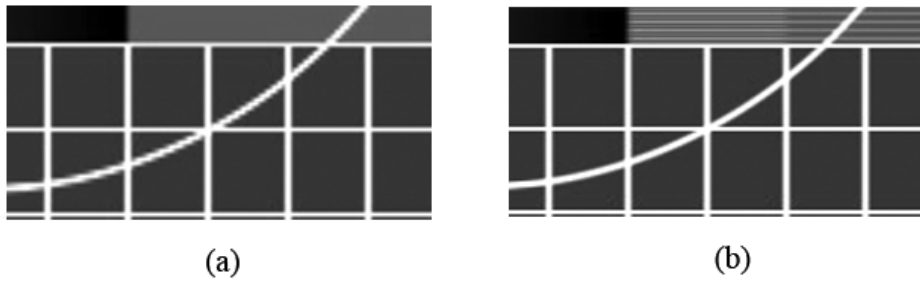
Şekil 6.2’de görüldüğü gibi, ST (satur tekrar) durgun resimler için en çok ortalama hata veren yöntemdir. Bunun sebebi, yöntemin çerçevenin dikey çözünürlüğünü yarıya indirmesi ve eksik satırları mevcutlara eşitlemesidir. Şekil 6.3’te biri ST filtre, diğeri yedi noktalı DZ filtreden elde edilmiş iki çerçeve verilmiştir.



Şekil 6.3 a) ST ve b) DZ filtrenin dikey çözünürlüğe etkisi

Diğer yandan, hareketin olmaması alan tekrarı ve alan ortalamasının hatasız sonuç vermesine imkan vermektedir. Aynı zamanda üç noktalı medyan ve yedi noktalı DZ filtre de durgun resimler için oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Bunun sebebi, bu iki filtrenin geçmiş alanlarla olan bağıntının kuvvetli olmasıdır.

Satır ortalama (SO) hareketli resimlerde iyi sonuçlar vermiş olmasında karşın durgun resimler için aynı durum söz konusu değildir. Dikey ayrıntı ve yüksek dikey frekanslı kısımlarda satırların ortalanmasından dolayı ayrıntı ve keskinlik azalır. Satır ortalamadan kaynaklanan yan etkilere bir örnek Şekil 6.4'te verilmiştir.



Şekil 6.4 a) Satır ortalama ile elde edilen çıkışta, çözünürlüğün azalmasından dolayı kenarların devamlılığının bozulması
b) FUBK resminin aslı

Kenar bağımlı ve ağırlıklı medyan filtreler, her ne kadar belli karar adımlarına sahip olsalar da sonuçta yaptıkları işlem satır ortalama olduğundan durgun dizideki hataları yüksek olmaktadır. Kenarlara olan bağımlılıkları, hatalarının satır ortalamaya göre daha yüksek olmasına neden olur. Dikey ayrıntıdan dolayı yöntem, çıkış resmini aşağı doğru kaydırma eğilimindedir.

Hareket uyarlamalı yöntemlerden HU Amed, algılanan harekete göre ağırlıkları zamansal ve uzaysal dönüşüme göre belirler. Ancak durgun pikseller için çıkış satır ortalama ve alan eklemeyen elde edilen sonucun ortalaması olduğu için satır ortalamadan gelen hata, durgun resimlerdeki performansı düşürür.

HU Kmed ise algılanan hareketi yumuşak anahtarda kullandığı için piksel durgun olduğunda çıkış alan ekleme olacaktır. Bu nedenle HU Kmed durgun resimlerde hata yapmaz.

Durgun dizilerde hiç hata yapmayan HU Kmed yöntemi, hareketli dizilerde iyi sonuç vermiştir. HU Kmed yönteminden elde edilen sonucun Kmed yöntemine yakın olmasının sebebi, test edilen dizilerde hemen hemen çerçevelerin tümünün hareketli olması ve HU Kmed çıkışının uzaysal dönüşüme yani Kmede yakın olmasıdır. Ancak karşılaştırma açısından bakılırsa Kmed durgun dizide oldukça kötü sonuç vermektedir.

Şekil 6.2’de görüldüğü gibi, hareketli dizilerde en kötü sonuçlar AT ve AO yöntemlerinden gelmiştir. Bunun sebebi, arka arkaya gelen alanlarda hareketli kısımların birbirini tutmaması ve hataya sebep olmasıdır. Tahmin edilebileceği gibi hareketin yatay olması ve hızı hatanın artmasına sebep olacaktır. Hareketlerin yavaş olduğu Star Wars – Kuleler ve Star Wars – Arena dizilerinde AT ve AO’nun hatalarının düşük olmasının sebebi budur. Bu dizilere ilişkin hata grafikleri Şekil 6.10 ve 6.11’de verilmiştir.

Hareketli dizilerde en iyi sonuç DZ filtreden elde edilmiştir. Hem uzaysal hem de zamansal dönüşüm yapması sebebiyle hareketli ve hareketsiz diziler için elde edilen sonuç kabul edilebilir seviyededir.

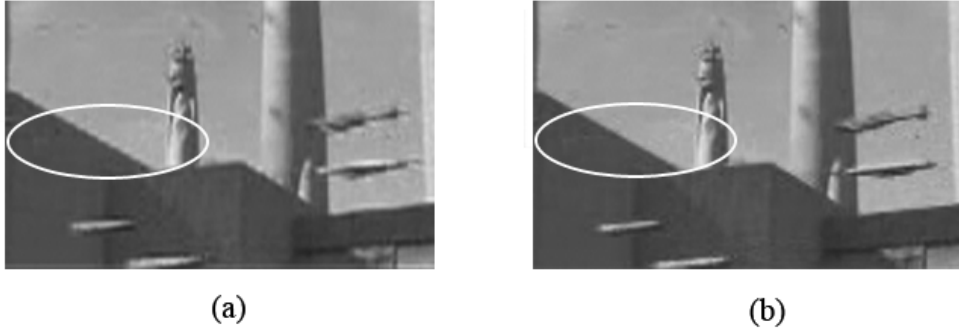
Ancak yatay harekette iyi sonuçlar veren DZ filtreler dikey hareketlerde Şekil 6.5’te verilen yan etkilere sebep olmaktadır. Bu durum satır kırışmasının oluşmasına sebep olmaktadır. Alanda eksik olan satır tekrar elde edilemediğinden bir sonraki alan ile satır olarak fark oluşur ve kırışma görülür.



Şekil 6.5 DZ filtrelerin dikey kenarlarda oluşturdukları yan etkiler

- a) DZ filtreden elde edilen çerçeve
b) Asıl çerçeve

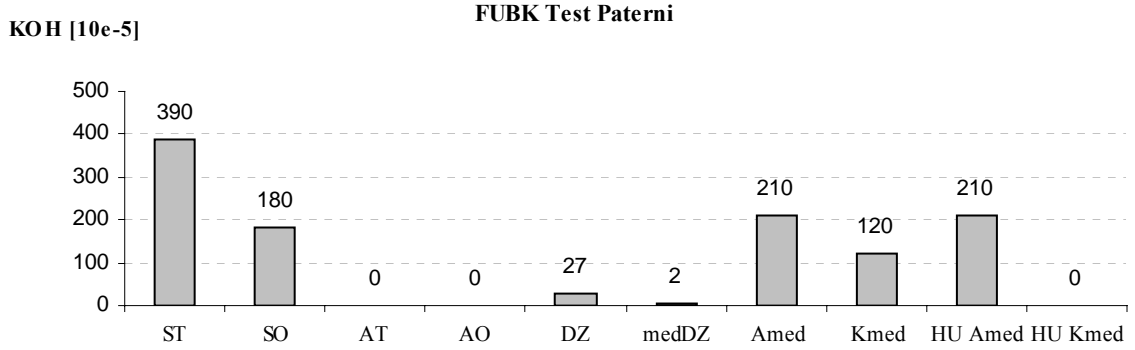
Ayrıca DZ filtre, dikey keskinliği azaltma ve kenarlarda yumuşamaya sebep olmaktadır. Bunun sebebi, pikseli hem dikey hem de zamansal komşularının ortalamasından elde etmesidir. Yapılan ortalama işlemi, kenarlardaki keskinliği azaltmaktadır. Şekil 6.6'da buna bir örnek verilmiştir.



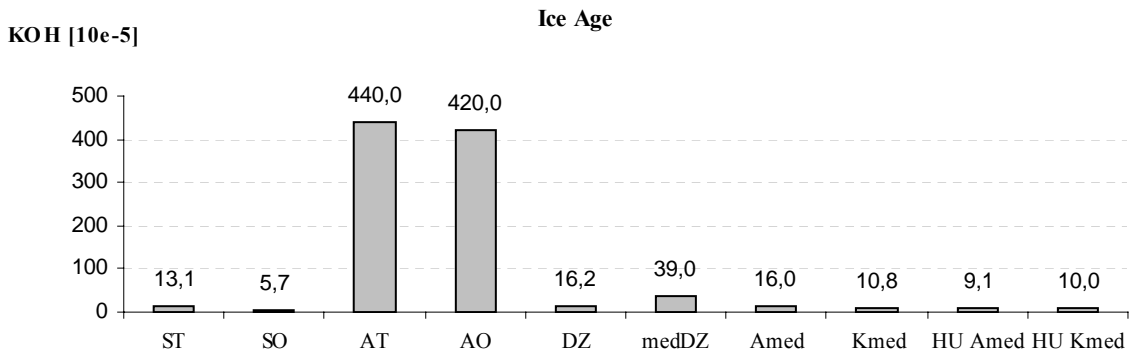
Şekil 6.6 DZ Filtrenin sebep olduğu dikey keskinlikteki azalma

- a) DZ filtreden elde edilen çerçeve
b) Asıl çerçeve

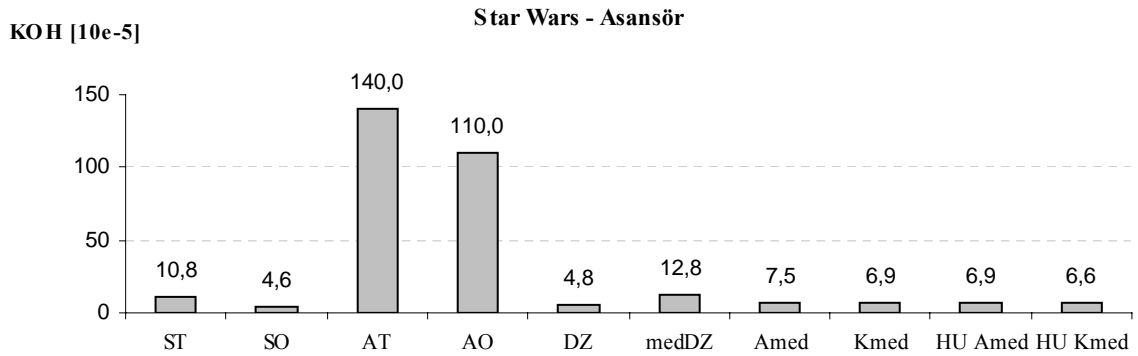
Yöntemlerin karşılaştırmasını daha kolay hale getirmek için test dizilerine göre hata grafikleri aşağıda verilmiştir.



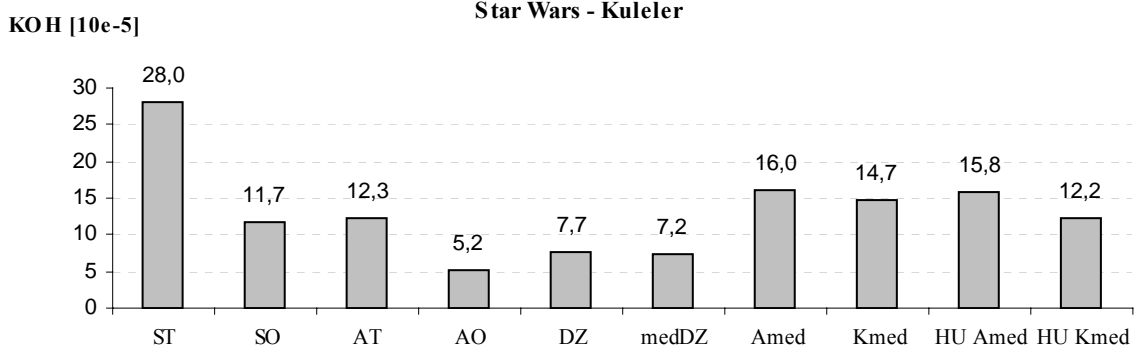
Şekil 6.7 Yöntemlerin durgun dizide sebep oldukları karesel ortalama hata grafiği



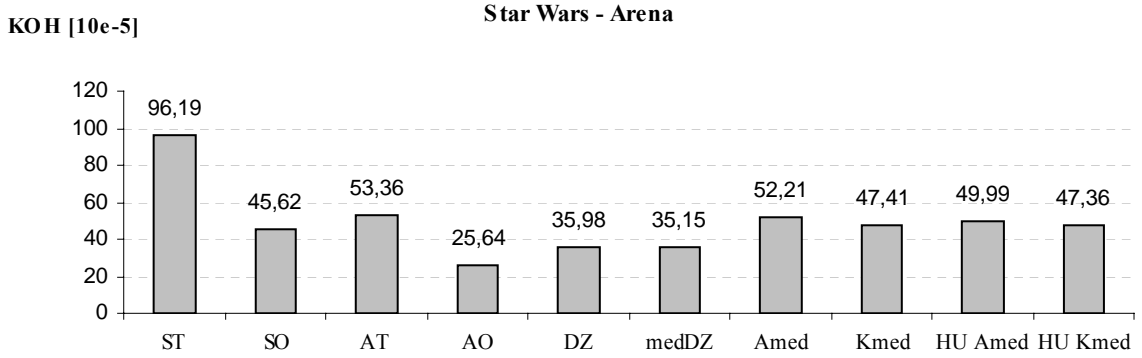
Şekil 6.8 Yöntemlerin yatay hareket içeren dizide sebep oldukları karesel ortalama hata grafiği



Şekil 6.9 Yöntemlerin dikey hareket içeren dizide sebep oldukları karesel ortalama hata grafiği



Şekil 6.10 Yöntemlerin yakınlaştırma içeren dizide sebep oldukları karesel ortalama hata grafiği



Şekil 6.11 Yöntemlerin karma hareket içeren dizide sebep oldukları karesel ortalama hata grafiği

Elde edilen sonuçlara göre iki yöntem ön plana çıkmaktadır. Bunlardan biri, düşük maliyetli uygulamalar diğeri ise orta seviyeli uygulamalar için uygun olacaktır.

Yedi noktalı DZ filtre, hem performans hem de maliyet açısından kabul edilebilir seviyede olup, düşük maliyetli uygulamalarda kullanılabilir. Maliyetinin düşük olmasının sebebi, hareket algılamaya ihtiyaç duymamasından (dolayısıyla sadece bir alan için fazladan hafıza kullanılması gerekir) ve basit matematik işlemlerle sonuca varmasından kaynaklanmaktadır.

HU Kmed ise mevcut dahil olmak üzere beş alanlık hafızaya ihtiyaç duyar. Bunun yanında çıkış için yapılan işlemler karşılaştırma şeklinde olduğundan işlemcinin hızının ve kapasitesinin de yüksek olmasını gerektirir. Bu nedenle ancak orta maliyetli uygulamalarda kullanılabilir. Maliyetinin yüksek olmasına karşın, tüm yöntemlerle karşılaştırıldığında hem

durgun hem de hareketli dizilerde en düşük ortalama hata değerine sahip olması en büyük tercih sebebidir.

Aşağıda tüm yöntemleri içeren bir karşılaştırma tablosu verilmiştir.

Yöntem	Avantajları	Dezavantajları	İşlem Basitliği	Gereken hafıza
ST	Uygulama Basitliği	Dikey znrlkte Azalma	Temel işlemler	1 satır
SO	Uygulama Basitliği	Dikey çözünürlükte ve Keskinlikte Azalma	Temel işlemler	2 satır
AT	Hareketsiz Dizilerde Hatasız	Hareket Varken Hata Yüksek	Temel işlemler	1 alan
AO	Hareketsiz Dizilerde Hatasız	Hareket Varken Hata Yüksek	Temel işlemler	3 alan
DZ	Düşük Maliyetle Kabul Edilebilir Sonuçlar	Dikey Ayrıntı ve Keskinlikte Azalma	Temel işlemler	2 alan
medDZ	Hareketsiz Dizilerde DZ'den Daha Başarılı	Hareketli Dizilerde Dikey Ayrıntıda Azalma	Karşılaştırma ve Temel İşlemler	2 alan
Amed	Kenarları ve Keskinliği Korunur	Dikey Ayrıntıda Azalma	Karşılaştırma ve Temel İşlemler	2 alan
Kmed	Kenarları ve Keskinliği Korunur	Dikey Ayrıntıda Azalma	Karşılaştırma ve Temel İşlemler	2 alan
HU Amed	HU Kmede göre Daha Az İşlem Gerektirir	Hareketli Dizilerde Yüksek Hata ve Maliyet Yüksekliği	Karşılaştırma ve Temel İşlemler	5 alan
HU Kmed	Hem Hareketli Hem Hareketsiz Dizilerde En Düşük Hata Oranı	Ayrıntıda Azalma ve Maliyet Yüksekliği	Karşılaştırma ve Temel İşlemler	5 alan

Çizelge 6.1 GT-ST Geçiş yöntemlerinin karşılaştırılması

BÖLÜM 7

SONUÇLAR

Sıralı taramayla çalışan ekranların yaygın kullanımına başlanmasıyla televizyonlarda GT-ST geçişin gerekmesinin nedenleri incelenmiş, maddeler halinde verilmiştir. GT-ST geçişin resim kalitesine olan etkileri olumlu ve olumsuz açılardan anlatılmaya çalışılmış ve sıralı tarama ile geçmeli tarama arasında bir karşılaştırma verilerek konunun daha iyi anlaşılmasına çalışılmıştır.

Ekran tipleri, eski teknolojidен yeniye doğru çalışma mantığı ve tarama tipi açılarından incelenmiş ve tablo halinde bir karşılaştırma verilmiştir.

Şimdiye kadar öne sürülmüş olan ve kullanımı yaygın yöntemler; çalışma mantığı, matematiksel model, elde edilen sonucun kalitesi, avantaj ve dezavantajları açılarından incelenmiş ve sonuçların değerlendirilmesi için gereken temelin oluşması sağlanmıştır.

Yöntemler, MATLAB programında modellenerek, sıralı taramaya sahip kaynaklardan alınan (DVD gibi) alınan test videolarına uygulanmıştır. Sonuçlar gerek sayısal gerekse görsel açıdan değerlendirilmiştir. Hataların sayısal karşılaştırmada kullanılabilmesi için yöntemlerden elde edilen çıkışların karesel ortalama hataları hesaplanmış ve grafik olarak verilmiştir.

Resimler arası yöntemlerin durgun dizilerde mükemmel yakın sonuçlar verdiği, hareketin olduğu dizilerde ise zayıf kaldıkları görülmüştür. Diğer yandan resim içi yöntemler hareketin yoğun olduğu dizilerde iyi sonuçlar vermiş, durgun resimlerde ise çözünürlüğe olumsuz etki yapmıştır.

Medyan tipi filtrelerin kenarlarda iyi sonuçlar verdiği ancak resmin tümündeki detayı azalttıkları görülmüştür. Öte yandan hem hareketli hem de durgun resimler için ağırlıkları belirlenmiş olan ağırlıklı medyan filtreler aslına yakın sonuçlar vermiştir.

Elde edilen sonuçlardan doğrusal DZ filtrelerin hem elde edilen sonucun gerçeğe yakınlığı hem de donanımla gerçekleştirilmeye uygunluğu açısından ekonomik uygulamalar için en iyi yöntem olduğu anlaşılmıştır. Daha karmaşık uygulamalar için ise hareket uyarlamalı medyan filtreler ön plana çıkmaktadır. Böylelikle hem durgun hem de hareketli sahnelerde iyi sonuçların elde edilebildiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

Achiha M., Ishikura K. ve Fukinuki T., "A motion-adaptive high definition converter for NTSC color TV signals" SMPTE J., vol 93, no 5, pp 470-476, Mayıs 1984.

Annegarn, M. J. C., Doyle, T., Frencken, P. H. ve van Hees, D. A., "Video signal processing circuit for processing an interlaced video signal," US Patent 4 740 842, 26 Nisan 1998.

Ayazifar, B. ve Lim, J. S., "Pel-adaptive model-based interpolation of spatially subsampled images" IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Volume :3, 1992, pp. 181-184.

Bellers, E.B. ve De HAAN, G., "Advanced De-interlacing Techniques", Proc. ProRISC/IEEE Workshop Circ., Syst. And Sig. Proc., Mierlo, The Netherlands, Kasım 27-28, 1996, sayfa : 7-17

Bellers, E.B. ve De HAAN, G., "Advanced Motion Estimation and Motion Compensated Deinterlacing", Proc. Int. Workshop HDTV, Los Angeles, CA, Ekim 1996, Oturum A2.

BHATT, B., "Grand Alliance HDTV Multiformat Scan Converter", IEEE Trans. On Consumer Electronics, Vol 41 Issue 4, Kasım 1994, sayfa : 1020-1094.

Bock, A. M., "Motion-adaptive standards conversion between formats of similar field rates, signal processing" Image Commun vol 6, no 3, pp 275-280, Haziran 1994.

Byun, M., Park, M. K. ve Kang, M. G., "EDI-Based Deinterlacing Using Edge Patterns", IEEE International Conference on Image Processing, 2005, sayfa : 1018-1021.

De HAAN, G. ve BELLERS, E.B., "Deinterlacing – An Overview" in Proceedings of the IEEE, Volume: 86 Issue: 9, Sept. 1998, Pages: 1839-1857.

Doyle, T. ve Looymans, M., "Progressive Scan Conversion Using Edge Information", Signal Processing of HDTV II, L. Chiariglione, Ed. Amsterdam, The Netherlands : Elsevier, 1990, sayfa : 711-721.

Filliman, P.D., Christopher, T. J. ve Keen, R. T., "Interlace to progressive scan converter for IDTV" IEEE Trans Consumer Electronics, vol 38, pp 135-144, Ağustos 1992.

Haavisto, P., Juhola, J., ve Neuvo, Y., "Scan rate up-conversion using adaptive weighted median filtering," in Signal Processing of HDTV II, L. Chiariglione, Ed. Amsterdam, The Netherlands : Elsevier, 199

Henng, B., "Application of deinterlacing for the enhancement of surveillance video" master tezi, Mayıs 2001, Massachusetts Teknoloji Enstitüsü.

Hentschel, C., "Comparison between median filtering and vertical edge controlled interpolation for flicker reduction" IEEE Trans Consumer Electronics, vol 35, pp 279-289, Ağustos 1989

Hwang, H., Lee, M. H. ve Song, D. I., "Interlaced to progressive scan conversion with double smoothing," IEEE Trans. Consumer Electron., vol. 39, pp. 241–246, Aug. 1993
Jain, R., Fundamentals of Digital Image Processing, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1989.

Juhola, J., Nieminen, A., Salo, J., Neuvo, Y., "Scan Conversions Using Weighted Median Filtering", ISCAS '89, 1989, sayfa: 433-436.

Kim, Y. ve Cho, Y., "Motion adaptive deinterlacing algorithm based on wide vector correlations and edge dependent motion switching," in Proc. HDTV Workshop'95, pp. 8B9–8B16

LEE, C., CHANG, S. ve JEN, C., "Motion Detection and Motion Adaptive Proscan Conversion", International Symposium on Circuits and Systems, 1991, sayfa : 666-669
Lethonen, A. ve Renfors, M., "Non-linear quincunx interpolation filtering," in Proc. Visual Communication and Image Processing '90, Lausanne, Switzerland, Oct. 1990, pp. 135-142

LI, R., ZENG, B. ve LIOU, M.L., "Reliable Motion Detection-Compensation and its Applications to Deinterlacing", IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology, Vol 10, Issue 1, Şubat 2000, sayfa

Martinez, D. M. ve Lim, J. S., "Spatial interpolation of deinterlaced television pictures" IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Volume :3, 1989, pp. 1886-1889.

Microsoft Corp., "Broadcast-enabled computer hardware requirements" in WinHEC'97; Broadcast Technologies White Paper, 1997, sayfa: 11-12

MORGÜL, Avni, "Dijital Televizyon, Uydu ve Karasal Yayın Sistemleri", Özlem Grafik, 2002, İstanbul.

Nieminen, A., Heinonen, P. ve Neuvo, Y., "A new class of detail-preserving filters for image processing", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-9, No.1, 1987, pp. 74-90

Philips Semiconductors, "Datasheet SAA4990, PROZONIC," 1995.

Prodan, R. S., "Multidimensional digital signal processing for television scan conversion" Philips J. Res, vol 41, no 6, pp 576-603, 1986.

Salo, J., Nuevo, Y. ve Hameenaho, V., "Improving TV picture quality with linear-median type operations," IEEE Trans. Consumer Electron., vol. 34, no. 3, pp 373-379, Aug 1988.

Salonen, J. ve Kalli, S., "Edge adaptive interpolation for scanning rate conversion" in Signal Processing of HDTV IV, E. Dubiors ve L. Chiariglione, Eds. Amsterdam, The Netherlands, Elsevier, 1993, pp 757.

Seth-Smith, N. ve Walker, G., "Flexible up-conversion for high quality TV and multimedya displays" in Proc. ICCL, Chicago, IL, Haziran 1996, pp 338-339

Simonetti, R., Carrato, S., Ramponi, G. ve Filisan, A., "Deinterlacing of HDTV images for multimedia applications", in Signal Processing of HDTV IV, E. Dubois and L. Chiariglione, Eds. Amsterdam, The Neth.

Smith, S. W., (1997), The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing, California Technical Publishing, California.

Tekalp, A. M., Digital Video Processing, Englewood Cliffs, , NJ:Prentice Hall, 1995
Tonge, G. J., "Television Motion Portrayal", Les Asises des Jeunes Chercheurs, Rennes, France, Eylül 1985.

Van den Enden, A. W. M. ve Verhoeckx, N. A. M., Discrete Time Signal Processing, Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall, 1989

INTERNET KAYNAKLARI

- [1] www.dlptvreview.com
- [2] <http://neuron2.net/LVG/interlacing.html>
- [3] www.plasmatvscience.org
- [4] www.projectorcentral.com/lcos.htm
- [5] www.samsung.com
- [6] www.theprojectorpros.com
- [7] www.wikipedia.org

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	22.05.1981	
Doğum Yeri	Kars	
Lise	1996-1999	Özel Tercüman Lisesi
Lisans	1999-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fak. Elektronik ve Hab. Müh. Bölümü
Yüksek Lisans	2003-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Müh. Anabilim Dalı Elektronik Programı

Çalıştığı Kurumlar

2004-Devam	Profilo Telra Elektronik San. Ve Tic. A.Ş. AR-GE Elektronik Tasarım Laboratuvarı Donanım Tasarım Müh.
------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------