

# FOTOGRAMETRİ VE UZAKTAN ALGILAMA UYGULAMALARINDA KULLANILAN VIDEO SİSTEMLERİ VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ

**Gürcan BÜYÜKSALİH  
Hakan AKÇİN**

## ÖZET

Bu çalışmada, fotogrametri ve uzaktan algılama uygulamalarında yoğunlukla kullanılan video sistemlerin ana elemanları ve teknik özellikleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca video sistemlerle elde edilen görüntülerin geometrisi ve çözünürlükleri mevcut fotoğrafik sistemlerle karşılaştırılmıştır. Son olarak, video sisteminin her bir parçasının oluşturduğu ve fotogrametri için çok önemli olan geometrik bozulmalar (distorsiyonlar) ve bunları düzeltme yolları ayrıntılı olarak verilmiştir.

## ABSTRACT

In this study, main components and technical characteristics of video systems which are extensively used in photogrammetric and remote sensing applications have been dealt with. However, geometry and resolution of the images which are obtained by these systems have been compared those of photographic systems. Additionally, the geometric distortions which stem from each components of video systems and have a great importance to the photogrammetrist and thus their correction have been given in detail.

## 1. GİRİŞ

Görme anlamına gelen latin bir kelime olan video, genel konuşmalarda televizyon kelimesi ile birlikte sık sık kullanılmaktadır. Oysaki; başlangıçta video terimi, televizyon sistemleri tarafından oluşturulan resim bilgileri ile ilgili olan devre ve sinyallerle bağlantılı olarak kullanılan çok dar bir anlama sahipti. Bugün bile devreler ve sinyallerle ilgili teknik literatürde yine o anlamda kullanılmaktadır. Fakat, günümüzde televizyon sözcüğü, radyo dalgaları vasıtasıyla yayımlanan resim sinyallerinin nakli ve alımı anlamında kullanılırken, video ise genel anlamda televizyon tekniklerinin çok geniş spektrumlu uygulamalarını ifade etmektedir. Bu nedenle insanlar güvenlik sistemlerinde ve endüstriyel çalışmalarda video kameraların kullanımına gereksinim duyabilirken, kapalı devre televizyon (CCTV) veya yayım sistemleri ile de video kayıt olayına tanık olmaktadır.

Video teknolojisi, fotogrametri ve uzaktan algılama için oldukça cazip birçok özelliklere sahiptir /2/. Bunlar arasında en önemlileri şunlardır:

- ◆ Video kamera ve görüntüleyicilerle elde edilen görüntüler yakın gerçek-zamanlıdır.
- ◆ Video görüntülerin kaydı ve yeniden gösterimi yapılabilir.
- ◆ Video kameralar film kameralardan daha yüksek ışık duyarlılığına sahiptirler. Bu özellikleri onların daha küçük aralıklı spektral bantlarda kullanılmasına izin verir. Ayrıca bu tür kameralar elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesini kapsayacak şekilde daha ileri duyarlık verebilmektedir.
- ◆ Sonraki bilgisayar analizleri için, bunlardan üretilen elektronik sinyallerin anında veya daha sonra çok hızlı bir biçimde dijital dönüşümleri yapılabilir.

Video görüntülerinin yakın gerçek-zamanlı varlığı; onları özellikle çabuk değerlendirme gerektiren doğal afet hasarlarının (sel, geniş çaplı yangınlar) tespiti, askeri hareketler gibi birçok değişik uygulama alanında kullanılmasını olanaklı hale getirmiştir.

Yukarıda sayılan üstünlüklerine ek olarak video sistemleri; taşınabilir, çok yönlü, kolay kullanılabilir, geniş çapta mevcut ve çok değişik ışık şartlarına uyumluluk gibi özelliklere de sahiptir. Ayrıca, video kayıt sistemleri fotoğrafik sistemlere göre oldukça ucuzdur (standart video kasetleri 1milyon TL civarındadır, iki saatlik kayıt süresine sahiptir ve tekrar kullanılabilir) ve fotoğrafik sistemlerde kullanılan filmler gibi çok yoğun ve zaman alıcı değerlendirme işlemleri gerektirmezler. Video teknolojisini kullanmanın diğer bir avantajı, operatöre deney sırasında elde edilen görüntüyü canlı olarak görme ve test etme olanağı vermeleri, böylece elde edilen görüntünün fotoğraftan daha az hatalı olarak kaydını sağlamalarıdır. Bütün bunlara ek olarak, deney sırasında görüntünün gerçek-zamanlı gösterimi kullanıcıya kamerayı ve diğer test araçlarını uygun konuma yerleştirme olanağını tanır. Video teyplerde varolan ses kaydı işlemi, deney sırasında kullanıcıya daha sonra gerekli olabilecek yorumları yapabilme fırsatını vermektedir.

Öte yandan, video-tabanlı görüntülerin en zayıf tarafı, fotoğrafik filme göre düşük çözünürlüğe sahip olmalarıdır. Video görüntülerinin düşük çözünürlüğü için ana sebep onun teknolojisinden kaynaklanmaktadır. Günümüzde video kameralarda mevcut olan vidikon tüpler genellikle yatay yönde 500 piksellik görüntü çözünürlüğü vermektedirler. Bu elektromanyetik spektrumun termal kızılötesi bölgesinde çalıştırılan piroelektrik vidikon tüplerde 200 piksele kadar düşmektedir. Tablo-1'de, 24x36mm formatına sahip 35mm slayt filmin farklı piksel boyutlarında taranınca verdiği çözünürlükler gösterilmiştir. Buradan görülebileceği gibi, çok büyük piksel boyutlarında dahi taranmış 35mm slayt filmin çözünürlüğü, standart video görüntüsünün yaklaşık 2 katı kadardır. Kızılötesi bölgede bu değer yaklaşık 4-5 katına çıkmaktadır.

Tablo-1: Farklı piksel boyutlarında sayısallaştırılmış 35mm slayt filmin verdiği çözünürlükler

Piksel Boyutu	Düşey Yöndeki Piksel Sayısı	Yatay Yöndeki Piksel Sayısı
10 $\mu$ m	2400	3600
20 $\mu$ m	1200	1800
25 $\mu$ m	960	1400

Video görüntülerinin diğer bir sakıncası da, kaydedilmiş video verisinden kağıt baskı alımındaki zorluktur. Günümüzde; kullanıcı kağıt baskı için, ya görüntünün gösteriminin yapıldığı televizyon ekranının fotoğrafını çekmek ya da özel tip video yazıcılar kullanmak zorundadır.

## 2. VIDEO SİSTEMİ

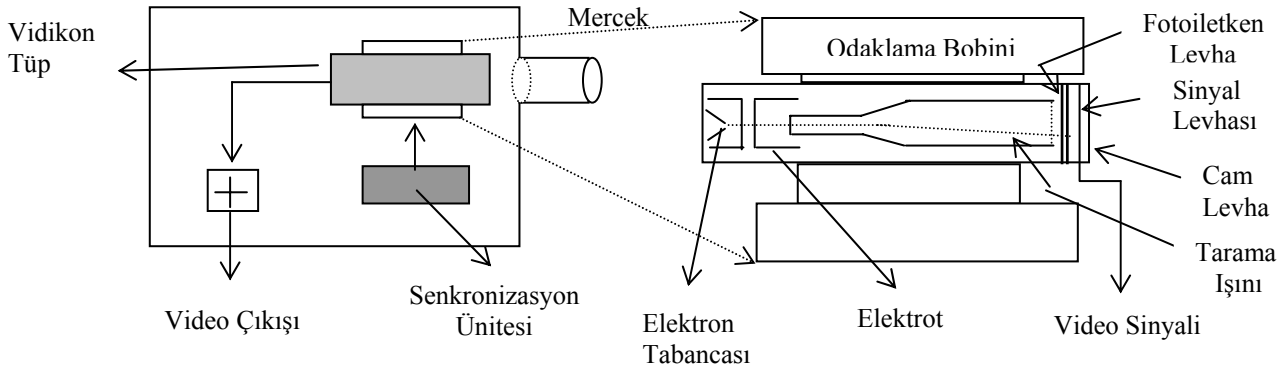
Bir video sistemi üç ana parçayı içermektedir. Bunlar, ya video tüp veya CCD kamera ya da video çerçeve tarayıcısı olabilen video görüntüleyicisi; video teyp ve video monitördür. Herbirinin bu sistem içindeki fonksiyonları aşağıdaki gibidir:

- Görüntü alımı için video görüntüleyicisi,
  - Görüntüyü manyetik kaset üzerine kaydetmek için video teyp,
  - Kaydedilen görüntünün tekrar gösterimi için video monitör.
- Diğer bölümlerde video sistemin herbir elemanı sırasıyla açıklanacaktır.

### a. Video Tüp kamera

Bu tür kameralar, mercekleri tarafından elde edilen görüntüleri veya resimleri kodlanmış video sinyallerine dönüştürürler. Daha sonra bu sinyallerden, video monitör sayesinde tekrar tam bir görüntü veya resim oluşturulur. Optik olarak, video kameralar film kameralara çok benzerler. Ana farklılık, video kamerada fotoğrafik film yerine ışığa duyarlı fotoiletken levhanın kullanılmasıdır.

Bir video kamerada ana elemanlar, kamera tüpü ile ona ekli optik sistemdir. Birçok değişik tipte video kamera tüpü mevcuttur. Bunların başlıcaları, ikonoskop, ortikon, isokon, vidikon, dönen ışıklı vidikon, permakom ve plumbikondur. Bunlardan kullanım alanı en geniş olanı, Şekil-1'de gösterilen vidikon tüptür.



Şekil-1: Vidikon tüpün kesiti

Yeryüzü objesinden kameraya gelen ışık mercek tarafından alınır ve vidikon tüpün sonundaki cam levhaya, oradan da hedef levhasına gönderilir. Bu levha, üzerine ışık düşünce, elektronlar (negatif yüklü tanecikler) açığa çıkaran fotoiletken malzeme içermektedir. Bunun için antimuan trisülfür ( $Sb_2S_3$ ) kullanılır ve hem detektör hem de yük saklayıcı eleman olarak görev yapar. Hedef levhasının çok yoğun ışıklandırılmış bölgesi daha az ışık alan kısmından daha fazla elektron yayar. Daha sonra yayılan bu elektronlar elektroda doğru hareket eder. Levhadan her yayılan elektron geride eşit fakat pozitif yük bırakır. Yüksek pozitif yüklü alanlar görüntünün aydınlık bölgesine karşılık gelirken; düşük yük değerleri de onun karanlık bölümlerine karşılık gelir. Elektron tabancası, elektriksel yük değerlerini elektrik sinyallerine çevirir. Bunun için ışını hedef levhası üzerine toplar ve onu sistematik bir şekilde yukarıdan aşağıya doğru enine tarama (Bu konu elektron ışın taraması ile ilgili bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir). Tarama ışınının hedef levhası boyunca hareketinin kontrolü, vidikon tüpün etrafına yerleştirilmiş odaklama ve saptırma bobinleri ile sağlanır. Hedef levhası tarandığı zaman, açığa çıkan elektronlar sinyal levhası üzerine düşer. Bu levha, şiddeti görüntülenen alandaki ışığın şiddeti ile doğrudan değişen video sinyalini açığa çıkarmak için kullanılır. Elektronların değişen akışı, dalgalı Doğru Akım (DC) voltaj şeklinde analog video sinyali üretir. Bu sinyal, daha sonra doğrudan gösterim amacıyla video monitöre ya da manyetik kasete kayıt için video teypte bir koaksiyel kablo yardımıyla aktarılır.

Şekil-1'den görülebileceği gibi, video kamera ile bağlantılı elektronik devreler, oluşturulan analog video sinyale senkronizasyon sinyalini eklerler. Bu sinyal, kamera tüpünün tarama

ışını ile aynı şekilde hareket etmesi için video monitörün elektron ışını kontrol etmede kullanılır. Senkronizasyon sinyalinin ham analog video sinyaline eklenmesi ile oluşan sinyale bileşik video sinyali adı verilir.

### (1) Elektron Işın Taraması

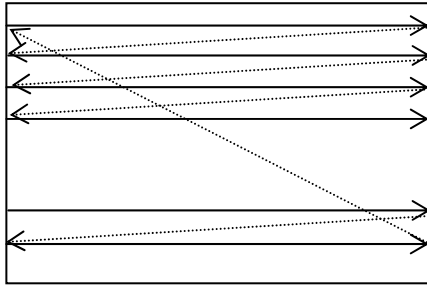
Video kamera tüpünün hedef levhası üzerinde oluşan görüntüyü, elektron tabancasının elektron ışını ile taramada iki farklı yol izlenir:

- Aralıklı olmayan tarama ve
- Aralıklı tarama

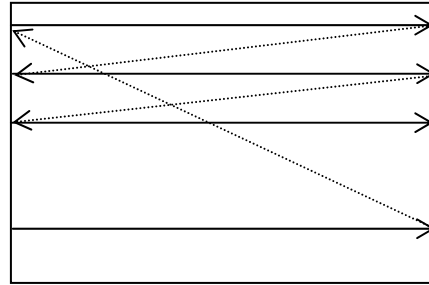
Şekil-2’de her ikisi de gösterilmiştir.

#### (a) Aralıklı Olmayan Tarama

Şekil-2(a)’dan görülebileceği gibi, bu yöntemde, kamera tübünün elektron ışını, soldan sağa doğru sabit bir hızla bir düz satır boyunca hareket eder. Görüntü çerçevesinin, sağ kenarına ulaşıncaya kadar durur ve gelecek satırın yani taranan satıra bitişik satırın başlangıç pozisyonuna sağdan sola doğru yolunu geri izleyerek gelir ve bu sırada elektrik kesiktir. Bu işlem satır-satır elektron ışını bütün hedef levhasını tarayınca kadar devam eder. Elektron ışını görüntü çerçevesinin sonuna ulaşıncaya, bir sonraki çerçeveye başlamak için yolunu tekrar geriye doğru izler ve bunun için tekrar güç kesilir.



(a) Aralıklı Olmayan Tarama Yöntemi



(b) Aralıklı Tarama Yöntemi

Şekil-2: Video tüp kameralarda tarama yöntemleri

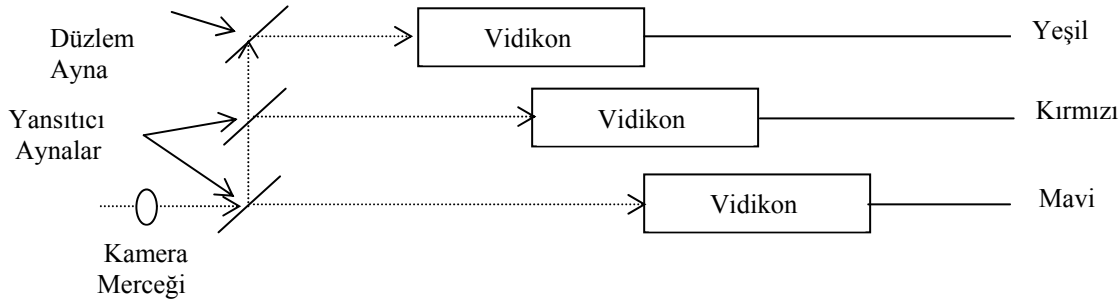
#### (b) Aralıklı Tarama

Şekil-2(b)’den görülebileceği gibi, bu tip taramada, esas olarak ışın aralıklı olmayan taramasına benzer şekilde hareket eder. Fakat, burada ışın ilk önce tek numaralı satırları ardışık olarak tarar, daha sonra geri gelerek çift numaralı satırları tarar. Böylece, her görüntü çerçevesi iki ayrı aralığa sahip alana bölünmüş olur. Bu alanların birincisi tek numaralı satırları, ikincisi çift numaralı satırları içerir. Bu işlem aralıklı tarama olarak adlandırılır.

### (2) Renkli Video Kameralar

Profesyonel yayın organizasyonları tarafından kullanılan renkli video kamerada üç ayrı tüpten yararlanır. Bunların herbirinin önünde renk filtreleri mevcuttur, böylece görünür spektrumun Kırmızı, Yeşil ve Mavi bölgelerinde radyasyona cevap verirler. Şekil-3’de üç tüplü video kameranın diyagramı gösterilmiştir. Bazı video kameralar bağımsız Kırmızı (K),

Yeşil (Y) ve Mavi (M) sinyallerini doğrudan kaydederken, bazıları da görüntüyü Parlaklık (P) ve Renklilik (R) bakımından kaydederler.



Şekil-3: Üç vidikon tüplü renkli video kamera /1/

Pratik veya amatör video kameraların çoğu ya bir ya da iki tüpü olan daha basit sistemler kullanırlar. İki tüplü kamera sisteminde, merceğ tarafından toplanan ışık iki tüpe eşit olarak dağıtılır. Bu tüplerden biri P sinyalini sağlamak için kullanılır. Diğeri ise sıra ile Kırmızı ve Mavi ışığın geçtiği dar düşey çizgiler serisini içeren ve hedef levhasının önüne düşey çizgili renkli filtre yerleştirilmiş özel tüptür. Elektron ışını hedef levhasını tarar taramaz, video çıktısı K ve M sinyalleri arasında sıra ile değişir ve bunlar K ve M çıktı sinyallerini üretmek için kamera elektronik yapısı tarafından ayrılır. Y video sinyali K, M ve P sinyallerinin birleştirilmesiyle oluşturulur.

Tek tüplü kamera sistemlerinde, tüp filtresi K, Y ve M filtre çizgilerini sıra ile değiştirir. Hedef bu filtre çizgilerine karşılık gelen ve üç sete gruplanmış düşey çizgilere bölünmüştür. Bu sanki tüpün renkli filtreleri olan üç aralıklı hedefe sahip olduğu imajını verir. Böylece, P ile R sinyallerini doğuran ve üç renkli çıktı sinyalini veren üç farklı tüp bağlantısı sağlanmış olur.

### 3. VIDEO GÖRÜNTÜLEME SİSTEMLERİ

Vidikon tüp kullanmayan diğere video görüntüleme sistemleri de mevcuttur. Bunlardan biri katı-hal teknolojisini kullanan görüntüleyicilerdir. Bu tip sistemlerde; vidikon tüp, içinde çok sayıda elektronik hücreyi barındıran iki boyutlu CCD dizinlerle yer değiştirmiştir. CCD kameranın görüş alanı ile tanımlanan obje görüntüsü önce katı-hal dizinin görüntüleme yüzeyinde oluşturulur ve detektör dizininin fotovoltaik kısımları tarafından taranır. Bu çeşit sistemlerde vidikon tüp kullanılmamasına rağmen, bunların tasarımının tümünde video teknolojisi kullanılmıştır. Şöyleki, eğer CCD kamera dijital çıktı vermiyorsa, görüntü nakli, kaydı, ve gösteriminde daha önce bahsedilen video teknolojileri kullanılmak zorundadır. Diğere bir tip video görüntüleme sistemi, görüntüleyicinin görüş alanındaki objenin iki ayrı optik-mekanik tarama elemanı kullanılarak tarandığı video çerçeve tarayıcılarıdır. Burada da vidikon tüp kullanılmamakla birlikte, çıktı kısımlarında video teknolojisinden yararlanılmıştır /2/.

### 4. VIDEO GÖRÜNTÜ ÇÖZÜNÜRLÜĞÜ

Çözünürlük, görüntüde detay tanımlama yeteneği olarak ifade edilebilir. Video tüp kamera durumunda, çözünürlük düşey yönde oluşturulan satır sayısına ve yatay yönde tek bir satırda içerilen piksel sayısına eşittir. Bu genellikle televizyon yayım standartlarına bağlıdır ve onlar

tarafından belirlenir. Örnek olarak, eğer kamera PAL format video çıktısı üretiyorsa, oluşacak video görüntüsü 576 (herbir çerçevedeki satır sayısı) \* 768 (herbir satırdaki piksel sayısı) boyutuna sahip olacak ve 4:3 lük en/boy oranında oluşacaktır.

Video görüntüleme, çözünürlük inç veya mm'deki piksel sayısı olarak verilir. Klasik fotogrametride çok kullanılan lp/mm (line pairs per mm – mm'deki çizgi çifti sayısı) ile piksel çözünürlüğü arasında Kell faktörüyle verilen bir bağıntı mevcuttur /9/.

$$1 \text{ lp/mm} = 2.8 \text{ TV çizgisi(satır)} = 2.8 \text{ piksel}$$

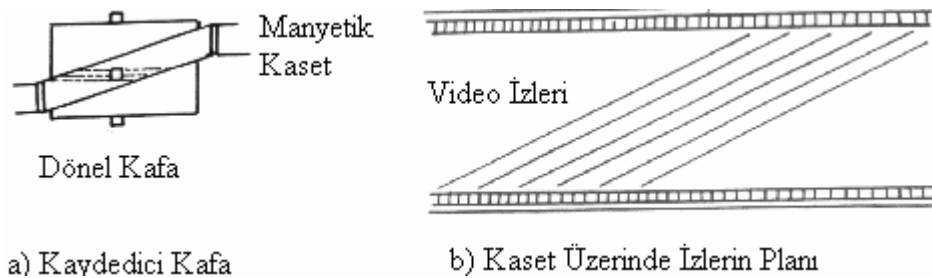
Örneğin, 2000 TV çizgisi/inç (= 78 TV çizgisi/mm) çözünürlüğe sahip video kameranın  $78/2.8 = 28 \text{ lp/mm}$ 'yi çözebildiği düşünülebilir. PAL standardı (576 çizgi) çıktı veren video kamerasının 8 lp/mm'lik çözünürlüğe sahip olduğu düşünülebilir.

## 5. VIDEO GÖRÜNTÜ GEOMETRİSİ

Hava fotoğrafı gibi, vidikon tüp veya CCD kameralarla elde edilen görüntünde merkezi izdüşüme sahip olduğu düşünülebilir. Bu izdüşümün geometrisi; görüntü boyutu (format) ile kameranın odak uzaklığının kombinasyonu (bunlar kamera açısal örtme oranını belirler) ve ana noktanın konumu tarafından belirlenir. Video görüntüleyici tarafından alınan görüntü sabit bir boyuta ve bu nedenle de hava fotoğrafı gibi sabit bir ölçeğe sahiptir. Bunun yanı sıra, hava fotoğrafı nasıl farklı büyültme ve küçültmelerle sergilenebiliyorsa, video görüntüsü de büyültülmüş ve küçültülmüş boyut görüntüleri vermek için farklı gösterim boyutlarında video monitör tarafından gösterilebilir. Ayrıca hava fotoğrafınıninkine benzer olarak, video görüntüsünün ölçeği, gösterilen görüntüdeki uzaklıkla onun yerdeki karşılığının oranı olarak tanımlanabilir.

## 6. VIDEO KAYDI

Video kameralar tarafından oluşturulan video sinyalleri video teypler kullanılarak manyetik video kasetleri üzerine kaydedilir. Kaydetmede yaygın olarak çift yönlü helezoni tarama yöntemi kullanılır. Burada, iki kaydedici kafa, Şekil-4(a)'da görülebileceği gibi, 180° aralıkla dönen tekerlek etrafında yerleştirilmişlerdir. Kaset tekerlek etrafında helezoni yolla sarılır, böylece her bir kafa, tekerleğin yarım dönüşünde kasete değer. Sonuç olarak, Şekil-4(b)'de olduğu gibi, kafalar kasete enlemesine ve köşegensel iz boyunca dokunur.



Şekil-4: Çift yönlü helezoni tarama

Günümüzde çiftli helezoni tarama tekniği kullanan dört tane ana video teyp sistemi mevcuttur. Bunlar:

- ◆ Yüksek kaliteli profesyonel U-matic sistemler,
- ◆ Video Home System (VHS),
- ◆ Betamax ,
- ◆ Video 2000 sistemleridir.

#### **a. U-matic Video Teyp**

U-matic makineler endüstriyel ve profesyonel kullanımlar için tasarlanmışlardır. Bunlar  $\frac{3}{4}$  inç (19mm) genişliğinde manyetik kasetler kullanırlar. Bu sistemler 8.54m/sn lik yazım hızına sahiptir. U-matic teyp kasetlerinin boyutları 219\*138\*31mm dir. Profesyonel kullanımlar bakımından, U-matic sistemler küçük, mobil, ucuz, kullanımı kolay ve iyi resim kalitesi veren kayıt aletleri olarak kabul edilirler.

#### **b. VHS, Betamax ve Video 2000 Video Teyp Sistemleri**

Bu üç sistem genelde ev ve ticari kullanım amaçlarına yöneliktir. Bunların hepsi  $\frac{1}{2}$  inç (12.5mm) genişliğinde kaset kullanırlar. VHS makinesinin yazım hızı, 4.85m/sn, Betamax'ın 6.6m/sn ve Video 2000 ise 5m/sn dir. Bunlar aynı resim kalitesi vermelerine rağmen ürettikleri resim formatı oldukça farklıdır. Böylece, video izlerinin kasette oluşturduğu plan farklı olduğundan, herhangi bir sistemle kaydedilmiş kaset, diğer bir sistemle çalışan makinelerde kullanılamamaktadır. Son yıllarda, JVC (Japan Victor Company-Japon Viktor Firması), S-VHS (Super VHS) olarak adlandırılan gelişmiş bir video teyp sistemi ortaya koymuştur. Bu sistemde  $\frac{1}{2}$  inç genişliğinde kaset formatı kullanırken, diğerleri ile karşılaştırıldığında çok daha yüksek yatay çözünürlüğe sahip olduğu görülmektedir. VHS maksimum 240 piksellik çözünürlük sağlarken, S-VHS yatay yönde 400 pikselden daha fazla çözünürlük sunmaktadır /7/.

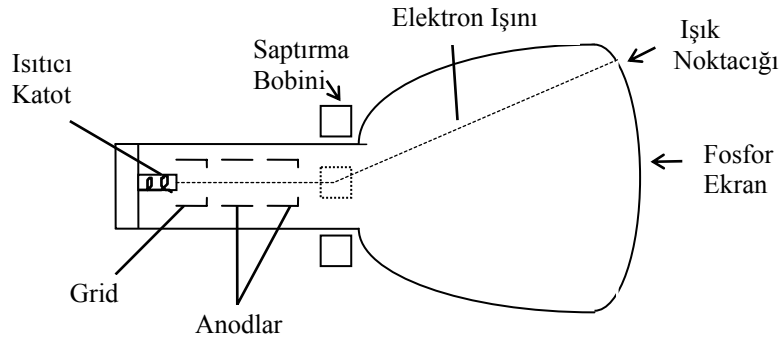
### **7. VIDEO GÖSTERİMCİLER**

Video kamera tarafından oluşturulan veya video teyp tarafından tekrar sarılan video sinyali, gösterim için bir kablo aracılığıyla video monitöre veya bir televizyona gönderilir. Normal TV'lerden farklı olarak, video monitörlerin çoğu, video kameradan veya video teypden video girdisi alacak şekilde tasarlanmışlardır. Video monitörler, normal televizyonlar gibi farklı kanallara ayarlanamazlar ve sesi tekrar geri veremezler. Öte yandan, video monitörlerin resim tüpleri, ekran üzerinde doğru odaklamayı yapabilecek oldukça küçük nokta çapına ve böylece çok üstün çözünürlük ve oldukça titreşimsiz resim verebilme özelliklerine sahiptirler. Ayrıca video monitörler televizyon yayım sistemlerinin format ve çözünürlükleri ile sınırlandırılmazlar. Buna ek olarak, yeni televizyonların video kamera veya video teyplerden video sinyali almak için özel kanala sahip oldukları da bilinmektedir.

#### **a. Monokrom Gösterim**

Monokromatik video monitörün ana parçası Şekil-5'de gösterilen monokrom CRT (Cathode Ray Tube – Katod Işın Tübü) dir. Bu cam tüp koniye açılan silindirik bir boyun ve sonunda video görüntüsü veya resmin gösterildiği bükülmüş cam levhaya sahiptir. Tübün boyun kısmında kamera tüptekine benzer elektron tabanca mekanizması bulunur. Katodun önüne yerleştirilmiş olan ızgara elektrodu, ısıtıcı katod tarafından doğurulan elektron ışının şiddetini ve böylece de ekran üzerinde ışın noktalarının parlaklığını kontrol etmede kullanılır.

İki anod, cam ekranın gerisi üzerine elektron ışını odaklamakta kullanılır. Bunlara ek olarak, dört saptırma bobini, saptırma alanları oluşturmak için tütün boyun kısmının etrafında yerleştirilmişlerdir. Bu saptırma bobinlerinin ikisi ışını aşağı ve yukarı yönde, diğer ikisi ise sağ ve sola doğru sapmasını sağlar. Elektronlar odaklanır ve cam levhanın içini kaplayan ve üzerinde görüntünün üretildiği gerçek ekranı oluşturan fosfor malzemeyi etkiler. Fosfor elektron saldırısına uğrayınca, fosfor kızılıığı ışık noktacığı oluşturur. Bu noktacığın parlaklığı elektron ışınının şiddetine bağlıdır. Tüm resim veya görüntüyü yaratmak için, elektron ışını bütün ekran üzerinde aynı kamera tüpü tarafından taranan orjinal alan görüntüsüne benzer yolla yatay çizgi serileri halinde taranmak zorundadır. Monitör ekran, üzerinde üretilen monokromatik görüntü genellikle farklı koyuluk veya şiddetteki beyazın siyah arka plan üzerinde oluşturulmasıyla meydana gelen gri düzeylerini kapsar.



Şekil-5: Katot ışın tüpü

## b. Renkli Gösterimler

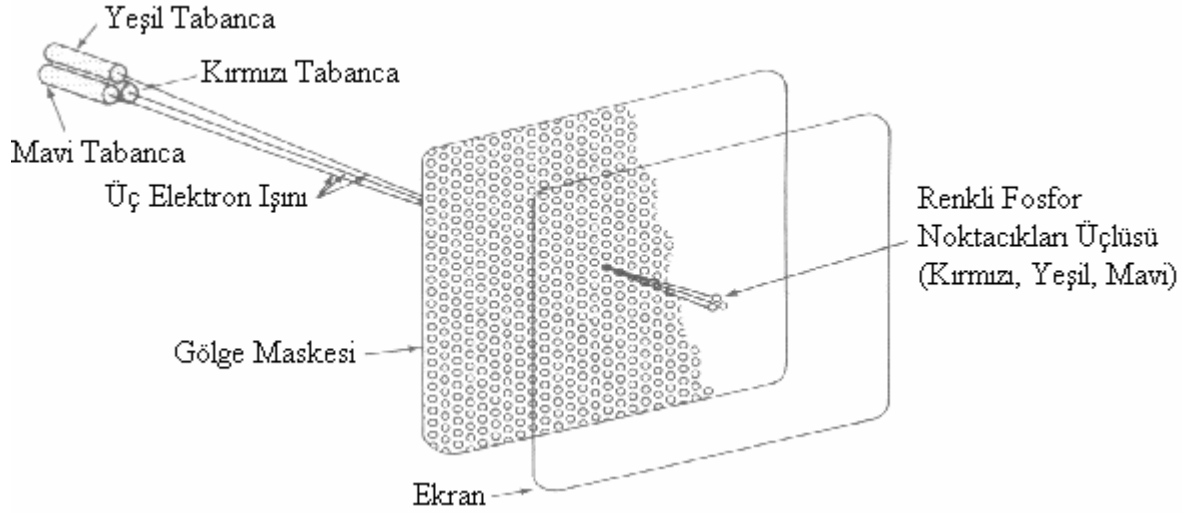
Renkli monitörler ya bileşik renkli video girdisine ya da ayrı Kırmızı, Yeşil ve Mavi girdisine sahip olmak zorundadır. Çok yaygın kullanılan gösterim teknolojisi, herbiri üç temel renk için olan üç elektron tabancalı tek tüp kullanır. Bunlar tütün boyun kısmında ışınları fosfor kaplı ekran üzerinde tek bir pozisyonda buluşacak şekilde üçgensel bir planda düzenlenmişlerdir. Monitör tarafından alınan bileşik sinyal, üç renk parçasını ve senkronizasyon sinyalini verecek şekilde çözülür.

Normal monokrom fosfor kaplama yerine, bütün ekran, üçlü gruplar halinde düzenlenmiş çok küçük Kırmızı, Yeşil ve Mavi fosfor noktacıkları elektron tabancalarının düzenleriyle uyuşacak şekilde üçgensel formda düzenlenmiştir. Ekranla tabancalar arasında, ekran üzerinde herbir üçlü noktacığın için küçük deliklerden oluşan çelik gölge maskesi bulunur. Maske üzerindeki delikler elektron tabancalarının düzenlerine ve ekran üzerindeki noktacıklara göre ayarlanmışlardır. Öyleki, kırmızı tabancadan çıkan ışın, maskedeki deliği geçtikten sonra ekran üzerindeki kırmızı noktacığa düşmelidir, benzer şekilde aynı delikten geçen Yeşil ve Mavi ışınlar uygun yeşil ve mavi noktacıklarla buluşmalıdırlar. Bu olay Şekil-6'da gösterilmiştir. Video sinyali ekran üzerinde spesifik pozisyona uygulandığı zaman, kırmızı tabancadan çıkan elektronlar ekran üzerinde kırmızı nokta görüntüsü üretirlerken, aynı şekilde yeşil ve mavi tabancalarda kırmızının yanında yeşil ve mavi nokta görüntülerini üretirler. Bu üç noktacığın birbirine çok yakın ve küçük olduğundan, onları gözleyen kişi onları tek tek noktacıklar şeklinde algılayamayaz ve gözü o ekran pozisyonunda bileşik renk görüntüsünü oluşturacak şekilde bu üç noktacığın görüntüsünü birleştirir.



### c. Bilgisayar Grafik Gösterimleri

Bu aşamaya kadar, sadece video kameralar tarafından oluşturulan ve video monitörlerce gösterimi yapılan video görüntüleri üzerinde durulmuştur. Ancak, görüntünün başka yollarla oluşturulduğu ve daha sonra dijital olarak bilgisayar bellekleri tarafından sunulduğu diğer durumlarda söz konusudur. Bunlar ya bilgisayar ya da video monitör üzerinde gösterilebilir. Bunlara örnek, obje görüntüsünün tamamen matematiksel olarak yaratıldığı resimlerin bilgisayar simülasyonudur.



Şekil- 6: Renkli video monitörlerde gölge maskesi /2/

Diğer bir örnek, yüksek yoğunluklu video kasetler üzerine direkt olarak kaydedilen ve uydular veya uzay platformalarında yer alan tarayıcılarla elde edilen görüntülerdir. Kullanıcıya ulaşımı için, bu görüntüler daha sonra bilgisayar tarafından okunabilen ve video monitörlerce tekrar gösterimi yapılabilen Bilgisayar Uyuşumlu Kasetler (Computer Compatible Tapes- CCT) üzerine yazılır.

Uygulamada, raster ve vektör yürütümlü olmak üzere iki tür video-tabanlı bilgisayar grafik gösterimi mevcut olup, aralarındaki temel farklılıklar, görüntü verisinin video monitör üzerinde nasıl düzenleneceği ve yazılacağı üzerine odaklanmaktadır. Vektör yürütümü alettaki gösterim dosyası sadece ekran üzerine çizilecek spesifik nokta, çizgi ve karakterleri içeren bilgileri kapsar. Ekran üzerinde boş alanlar önemsenmez ve gösterilen vektör bilgisinin yoğunluğundaki değişimlerin sunumu genellikle mümkün değildir. Öte yandan, raster yürütümlü gösterimde ise bütün ekranı kapsayan dörtgen matris üzerindeki herbir noktacık veya pikselin taraması yapılır. Esasta, bu şekil gösterim televizyonlardakine benzerdir.

## 8. VIDEO SİSTEMİNDEKİ BOZULMALAR

Video sisteminden doğan bozulmalar, sistemin kendisi üç ana parçayı kapsadığı için üç ayrı bölümde incelenebilir. Bunlar:

- ◆ Video tüp kameradaki bozulmalar
- ◆ Video teypten doğan bozulmalar
- ◆ CRT-tabanlı video monitörlerdeki bozulmalar

### a. Video Kameradaki Bozulmalar

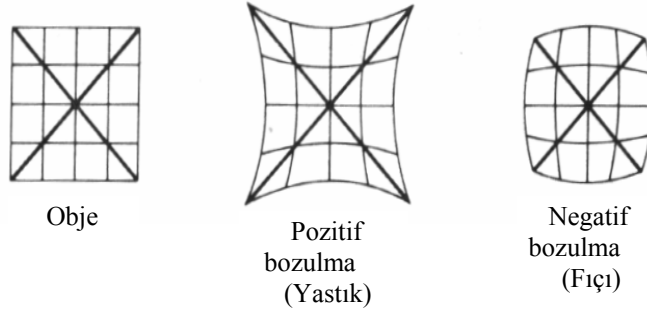
Video tüp kameradaki bozulmalar da kendi içinde iki ana bölüme ayrılabilir:

- Vidikon tüpte mevcut olan bozulmalar
- Kamera merceğinden kaynaklanan bozulmalar

#### (1) Vidikon Tüpteki Bozulmalar

Daha önce belirtildiği gibi, hedef levhasını taramak için, kamera tübünün elektron ışını onun üzerinde odaklanmalıdır ve buna ek olarak, onu taraması için saptırılmalıdır. Genelde, elektron ışınları, elektrik veya manyetik saptırma alanları tarafından saptırılır. Elektrik saptırma ilk televizyonlarda kullanılmıştır, manyetik saptırma ise şu an hem televizyon kamera tüplerinde hem de televizyon monitörlerinde kullanılmaktadır. Bu manyetik saptırma vidikon tüp kameralarda görülen bozulmaların ana kaynağıdır.

Saptırma bobinleri arasında kalan alan, merkezlerde düzgün iken, kenarlarda eğik bir durum almaya başlar. Tarama ışını alanın kenarlarına ulaşınca hem yatay hem de düşey bileşen tarafından etkilenebilir. Bu tarama ışının şeklini bozmakla birlikte vidikon tüp levhası üzerindeki tarama izini de etkiler. Şöyle ki; ilk başta dairesel nokta veya ışın düşünüldüğünde, alan kenarlarında, düşey bileşen gerekli saptırmayı meydana getirerek, yatay bileşen daireyi ana ekseni saptırma yönüne dik olan elipse dönüştürür. Eğer tarama için iki manyetik alan kullanılırsa, birleşmiş eğiklikler hedefin köşelerinde ışın noktası üzerinde etkili olur ve onu uzatılmış köşe veya yastık şekli oluşturacak biçimde dışarı doğru iter (Şekil-7(a)). Öte yandan, alan biçimi konkavsa, hedef üzerinde oluşacak şekil içeri çekilmiş köşelerle birlikte fiçi biçimli olur (Şekil-7(b)).



Şekil-7(a) ve (b): Yastık ve fiçi biçimli bozulmalar /8/

Vidikon tüp kameralarda oluşan bu tür elektronik bozulmalar araştırılmış ve kalibre edilmiştir /11/. Bunun için, video tüpün fotoiletken yüzeyi üzerine yerleştirilmiş ve kalibre edilmiş reseau işaretlerini içeren bir grid (astronömide yıldız fotoğraflarını almada referans olarak kullanılan çok küçük kaneviçe biçimli bir kare ağı) kullanılmış ve elektronik bozulmaların oldukça sistematik olduğu ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca elektronik bozulmanın büyük bir kısmının video görüntüsünün yatay ve düşey eksenleri arasındaki ölçek farklılığından kaynaklandığı tesbit edilmiştir. Bu çalışmalar ışığı altında; video görüntüsünde mevcut olan bozulmanın büyük miktarı afin dönüşümle sağlanacak ölçek düzeltmesiyle, geri kalan küçük miktarlı artık bozulma ise, yüksek dereceli polinom enterpolasyonu ile giderilebilir.

## (2) Mercek Bozulmaları

Küresel sapınç, koma, renksel sapınç ve astiğmat gibi değişik mercek etkileri görüntünün radyometrik kalitesi bakımından önemli faktörlerdir. Bu tür aberasyonların birleşik etkileri, fotogrametri ile uğraşanları sadece görüntünün radyometrik kalitesini düşürünce yani, bu etki onun gerekli detayları tanımak ve algılamaktan alıkoyduğu veya ölçünün kesinliliğini azalttığı zaman rahatsız eder. Halbuki, mercek bozulması görüntü düzleminde görüntü noktasının yerinde meydana gelen değişikliklerle ilgilidir, bunun radyometrik kalite ile hiçbir ilgisi yoktur. Bundan dolayı herhangi bir geometrik bozulmanın varlığı, fotogrametrik uygulamalar için çok önemlidir ve görüntü üzerinden herhangi bir metrik ölçüm yapılacağı zaman dikkate alınmalı ve mümkünse kameranın geometrik kalibrasyonu ile ortadan kaldırılmalıdır.

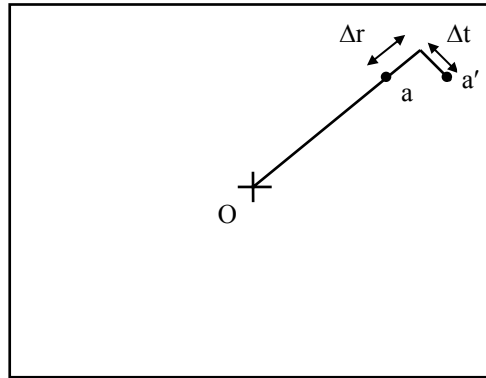
Video kameralarda iki ana mercek bozulumu söz konusudur. Bunlar:

- Radyal bozulma,
- Teğetsel bozulmadır.

### (a) Radyal Bozulma

Eksen dışı bir hedefin görüntüsü ana noktadan radyal olarak uzak veya yakın yer değiştirmişse, görüntü radyal olarak bozuluma uğramış demektir. Yukarıda tartışılan fiçı ve yastık bozulmaları, sırasıyla ana noktadan uzak veya yakın radyal olarak bozuluma uğramış dörtgen şeklin görüntüsüdürler. Radyal bozulma için simetri noktası kesinlikle ana nokta olmayabilir, fakat genellikle ana nokta başlangıç olarak kabul edilir.

Şekil-8'de gelen ışık ışını doğru yer olan  $a$  yerine  $a'$  konumunda görüntülenir. Burada radyal bozulma miktarı  $\Delta r$ , teğetsel bozulma ise  $\Delta t$  kadardır.



Şekil- 8: Radyal ve teğetsel bozulma

Bir merceğin radyal bozulma eğrisi, radyal bozulmayı ordinat, radyal uzaklığı ise absis almak suretiyle çizilebilir. Bu çeşit bir eğri örneği Şekil-9'da gösterilmiştir. Radyal bozulmayı düzeltmek için iki farklı yöntem izlenir /10/:

- Gerekli düzeltmeleri radyal bozulma eğrisinde okumakla,
- Radyal bozulma eğrisinin bir polinomla tanımlandığı nümerik yöntemlerle.

İlk durumda ana noktadan olan radyal uzaklık;

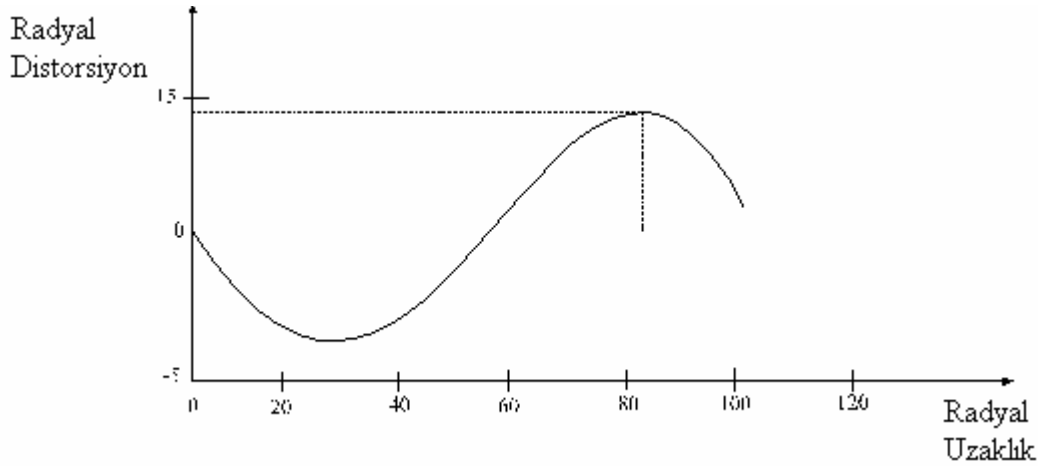
$$r = ((x-x_p)^2+(y-y_p)^2)^{1/2}$$

bağıntısıyla hesaplanır. Burada:

$r$  : Radyal uzaklık

$x, y$  : Görüntü noktasının koordinatları

$x_p, y_p$  : Ana nokta koordinatlarıdır.



Şekil- 9: Radyal bozulma eğrisi

$r$  değerini Şekil-9'daki absiste bulduktan ve ardından düşey olarak hareket edip bozulma eğrisiyle kestirdikten sonra yatay olarak sola doğru ordinat ölçeğine hareket edilirse (Şekil-9'da kesik çizgi), radyal bozulma  $\Delta r$  okunur. Buradan düzeltilmiş radyal uzaklık;

$$r' = r - \Delta r$$

eşitliğinden bulunur ve düzeltilmiş görüntü noktası koordinatları  $x'$  ve  $y'$  ;

$$x' = (r' / r)x$$

$$y' = (r' / r)y$$

eşitlikleri yardımıyla elde edilir.

Radyal bozulmayı polinom yoluyla belirlemek ve tanımlamak oldukça karmaşıktır. Ama, bilgisayarla çözüm açısından oldukça uygundur. Bu yöntemde radyal bozulma bir polinom eşitliği ile şu şekilde tanımlanır.

$$\Delta r = K_0r + K_1r^3 + K_2r^5 + K_3r^7 + \dots$$

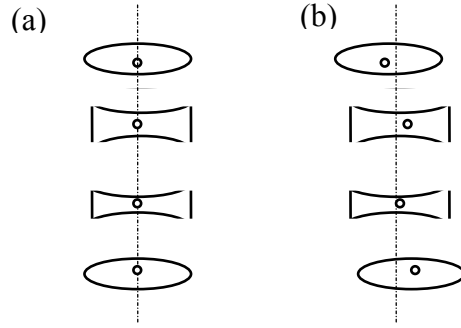
Burada,  $K_0, K_1, K_2$  ve  $K_3$  radyal bozulma katsayılarıdır.

Yukarıdaki eşitlikte  $K$  katsayıları eğrinin şeklini tanımlar. Bunlar en küçük karelerle eğri uyumlandırması hesabı ile belirlenir. Bu yöntemde eğri, kamera kalibrasyonu sonucu üretilmiş radyal bozulma değerleri ile uyuşturulur.

### (b) Teğetsel Bozulma

Mercek sisteminin bütün elemanları aynı doğrultuda olmalıdır ve buna fabrikasyon aşamasında özellikle dikkat edilmelidir. Doğrultudaki herhangi bir sapma, görüntüde tanjant bozulma adı verilen geometrik yerdeğiştirmeye neden olmaktadır (Şekil 10).

Bu tür bozulma, her zaman radyal bozulmada bir asimetriye neden olur. Örneğin; Rus AFA topoğrafik kamerasında kullanılan Russar 29b tipi süper geniş açıklıklı mercekleri test edilmiş ve çok yüksek miktarda asimetric bozulmayla karşılaşmıştır /6/. Bunun mercek elemanları arasındaki doğrultu eksikliğinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür. Bu bozulma ancak özel asimetric mercek bozulması düzeltme plakaları ile düzeltilebilmiştir. Çok yakın zamanda Rus uydu kameralarında bu şekil asimetric bozulmalarla karşılaşıldığı açıklanmıştır /5/.



Şekil-10: Mercek elemanlarının aynı doğrultuda olmaması: (a) merkezlendirilmiş mercek sistemi; (b) merkezlendirilmemiş mercek sistemi

Teğetsel bozulmanın, noktanın görüntü koordinatlarına verdiği etki aşağıdaki şekilde verilebilir /3/:

$$\Delta x_s = (1 - (c / S)) [ P_1(r^2 + 2(x - x_p)^2) + 2P_2(x - x_p)(y - y_p) ]$$
$$\Delta y_s = (1 - (c / S)) [ P_2(r^2 + 2(y - y_p)^2) + 2P_1(x - x_p)(y - y_p) ]$$

Burada:

- $\Delta x_s, \Delta y_s$  :x, y görüntü noktasındaki tanjant bozulma bileşenleri,  
 $P_1, P_2$  :T anjant bozulma katsayıları,  
 $c$  : Mercek odak uzaklığı,  
 $S$  : Mercekten olan obje uzaklığıdır.

### b. Video Teypten Kaynaklanan Bozulmalar

Video teypdeki mevcut bozulmanın kaynağı, video teypin kaseti geri sarma işlemidir. Video teyp, bilgiyi kaydettiği hıza eşit bir hızla geri sardırmadığı için, geri sarma işlemi sonucu oluşacak bilgi, görüntü kaydedildiği zaman oluşan ile hassas olarak aynı olmayacaktır. Video teypin aynı hızda bilgiyi geri sardırmasına “ana zaman hatası” adı verilir. Vidikon tüpteki elektron tabanca için bir video satırını taramak 63.5µs alır. Öyleyse, eğer yeniden gösterimde sinyal olması gereken yerden 63.5µs farklı yerde olursa, o zaman bir satırlık hata oluşacaktır. Ana zaman hatası ile ilgilenmek video teyp kaydında önemli bir unsurdur. Eğer

hata miktarı küçükse bu düzeltilebilir ve görüntü sorunu en az düzeyde olur. Fakat, büyük hatalar görüntüde titreme, sıçrama ve dönmelere yol açacaktır. Ana zaman hatası ayrıca teybin işleyişindeki herhangi bir problemde, hava sıcaklığındaki değişikliklerden, nemden, video teybin konumundan ve hareketinden kaynaklanabilir. Bütün bu faktörler teypten yeniden gösterimde ne kadar ana zaman hatası beklenmesi gerektiğini belirlemede rol oynar. Bu hata stüdyo makinelerinde bir satırdan az, arazi teyplerinde ise 20 veya 30 satıra kadar ulaşmaktadır /4/. Bu hata, ana zaman düzelticisi denilen ve video teyp kadar pahalı bir aletle düzeltilebilir. Ana zaman düzelticisi video teypten gelen hatalı sinyali alır ve onu düzeltilmiş hale getirerek sunar.

### **c. CRT-Tabanlı Video Monitörlerdeki Bozulmalar**

Video tüp kameralarda olduğu gibi, CRT kullanan video monitörlerdeki ana bozulma kaynağı elektron ışınının tarama işlemidir. CRT’de elektron ışınının uygun saptırması birbirine dik iki manyetik alan ile sağlanır. 7.a bölümünde açıklandığı gibi, iki çift manyetik bobin CRT’nin boyun kısmına yerleştirilmiştir. Pratikte, bunlarla mükemmel bir homojenlikte olan manyetik alan yaratmak kolay değildir. Homojenliğin sağlanamadığı bu gibi durumlarda, 8.a bölümünde de açıklandığı gibi yastık veya fiçı biçimli manyetik alanlar oluşur. Diğer bir önemli bozulma, homojen olmayan tarama oranı nedeniyle oluşan satır titreşimleridir.

## **9. SONUÇLAR**

Görüntü alımında kullanılan sistem eğer dijital veri üretmiyorsa, görüntünün elde edimi, kaydı ve yeniden gösterimi gibi aşamaları, video teknolojisinin yöntemleri ile gerçekleştirilmek zorundadır. Gerçekten, dijital sistemlerin yüksek maliyeti sebebiyle günümüz kamera ve tarayıcılarının çoğunluğu video-tabanlıdır. Bunlarla elde edilen görüntülerin kullanıcının değerlendirme veya işleme sistemine aktarımı universal olarak kabul edilen televizyon standartları ve karakteristikleri tanımlanan analog video sinyalleri ile sağlanmaktadır.

Video sistemler görüntü alımında iki boyutlu CCD dizinleri veya dönen ayna çalıştıran optik-mekanik tarayıcılar kullanabileceği gibi, genelde bu işlem için vidikon tüplerden yararlanırlar. Bu tür sistemlerle üretilen görüntüler hava fotoğrafına benzer, yani perspektif geometriye sahip olmalarına rağmen onlarda hiç karşılaşılmayan geometrik bozulmalara sahiptirler. Özellikle, vidikon tüp içerisindeki bobinlerin arasında oluşan manyetik alanların tarama ışını saptırma sonucu oluşan elektronik bozulma bunlara örnek verilebilir. Sonuç olarak oluşan bozulma çoğunlukla iğneli yastık veya fiçı biçimli olacaktır. Bu bozulmanın nitelikleri uydu sistemlerinde kullanılan vidikon kameralar üzerinde araştırılmıştır /11/. Bu kameraların elektronik bozulmalarının oldukça sistematik olduğu ve video görüntüsünün x ve y eksenleri arasındaki ölçek farklılığından kaynaklandığı bulunmuştur. Mercek bozulması vidikon tüp tabanlı video kameralarda mevcut diğer önemli bozulmadır. Bu nedenle, radyal ve teğetsel bozulmalarla video sistemlerle üretilen görüntülerde büyük ihtimalle karşılaşılacaktır. Doğal olarak, elektronik ve mercek bozulmalarının varlığı fotogrametriciler için oldukça önemlidir ve bunların miktarı ve kaynakları geometrik kalibrasyon işlemi ile belirlenmeli ve ortadan kaldırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

- /1/ Amin, A.M. : Geometrical Analysis and Rectification of Thermal Infrared Video Frame Scanner Imagery and Its Potential Applications to Topographic Mapping, Ph.D Thesis, University of Glasgow, 1986.
- /2/ Büyüksalih, G. : Geometric and Radiometric Calibration of Video Infrared Imagers for Photogrammetric Applications, Ph.D Thesis, University of Glasgow, 1997.
- /3/ Fryer, J.G. : Camera Calibration. In: K.B.Atkinson (ed), Close Range Photogrammetry and Machine Vision, Whittles Publishing, 1997.
- /4/ Hartwig, R.L. : Basic TV Technology. Focal Press, 1995.
- /5/ Jacobsen, K. : Comparative Analysis of the Potential of Satellite Images for Mapping. Proceedings, Workshop and Conference on "International Mapping from Space", ISPRS Working Group IV/2, Hannover, 1993.
- /6/ Kalao, M.A. and Petrie, G. : Testing Russar Super-Wide Angle Photography. Photogrammetric Record, 8(45), 1975.
- /7/ Lee, C.K. and Faig, W. : Vibration Monitoring With Video Cameras. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 31(B5), 1996.
- /8/ Sherr, S. : Electronic Displays. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1979.
- /9/ Vlcek, J. : Nature of Video Images. First Workshop on Videography, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1988.
- /10/ Wolf, P.R. : Elements of Photogrammetry (2<sup>nd</sup> Edition). McGraw-Hill Book Company, Inc., 1983.
- /11/ Wong, K.W. : Analysis of RBV Television System. Photogrammetric Engineering, 39(8), 1973.