

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## Robotlarda Görme ve Görüntü Algılama

Bekir Kaplık

Yüksek Lisans Tezi

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON  
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot R 152  
: 149

Alındığı Yer : FEN BİL. ENS.

Tarih : 24.04.1992

Fatura : - - - - -

Fiyatı : 25.000.000 TL.

Ayniyat No : 1/2

Kayıt No : 48360

UDC : 621.3 378.242

Ek :

+



# YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

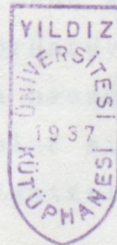
## FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

### ROBOTLARDA GÖRME

ve

### GÖRÜNTÜ ALGILAMA

Elk.Muh. Bekir KAPLIK



İSTANBUL 1991

## Ö N S Ö Z

Günümüzde endüstriyel otomasyon taleplerini karşılamak üzere daha karmaşık, daha akıllı robotlar için gerekli algılayıcıların araştırılması ve geliştirilmesi çok fazla dikkat çekmektedir. Eğer, robotlar kavramadan önce nesnenin tipini, pozisyonunu ve yönünü tanımak için çevre şartlarını ayırt edebiliyorsa, bu durumda uygun veriler; robot davranışının uyumluluğunu kontrol etmek için kullanılır.

Robot algılayıcıları, robot yeteneklerini üç sınıf algılama yaklaşımı kullanarak genişletir. Bunlar; nesnelere temas öncesi görmeyi, yaklaşım ve mesafe algılayıcılarını, nesnelere temas süresince dokunma ve slip algılayıcılarını ve nesnenin elde edilmesinden sonra tutma ve kuvvet-moment algılayıcılarını kullanan algılamayı içine alır. Bu algılayıcılar arasında, nesnelere elde edilmesi ve denetlenmesinde, robotlara yardım etmek için görüntülü geri besleme algılama sistemleri çok büyük araştırma gayretleri gerektirmiştir.

Robot görme; üç boyutlu dünyadan elde edilen görüntülerin verdiği bilgiyi yorumlamak, karakterize etmek olarak tanımlanabilir.

Bu işlem, yaygın olarak makina veya bilgisayar görme olarak ta tanınır. ve altı alt gruba ayrılabilir.

- 1-Algılama 2 Önişleme 3- Kesitlendirme
- 4-Tanımlama 5- Tanıma 6- Yorumlama

Algılama, görüntü oluşturan bir prosesdir. Ön işleme, ayrıntıların arttırılması ve gürültünün azaltılması gibi tekniklerle ilgilenir. Kesitlendirme, bir görüntüyü ilgili nesnelere ayırma prosesidir. Yorumlama ise tanınan nesnelere grubuna bir anlam verir. Bu çalışmada, yukarıdaki alt gruplar sırayla anlatılmış ve robot görme uygulamalarından bazıları tanıtılmıştır.

Akıllı robotların en önemli algılayıcısı olarak bilinen "robotlarda görme ve görüntü algılama". (Robot vision) konusunda, bana

tez hazırlama imkanı veren ve beni teşvik eden Muhterem hocam,  
Sayın Doç.Dr.Halit PASTACI'ya teşekkürü borç bilirim.

SAYFA

Ayrıca Çalışmamda yardımcı olan arkadaşlarıma, tezimin yazılmasında özenle çalışan Sayın Recai SULUOVA ve her zaman bana moral ve destekte bulunan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

|   |      |
|---|------|
| 2.2. Algılayıcı Tabanlı Kontrol Sistemleri  | (6)  |
| 2.3. Çok sayıda Algılayıcı Bulunma Avantajları  | (7)  |
| 2.4. Çok sayıda Algılayıcı İyileştirme Sistemi  | (7)  |
| 3. ROBOTLARDA KULLANILAN ALGILAYICI (SENSÖR) TİPLERİ                                    | (10) |
| 3.1. Dokunma ile İlgili Algılayıcılar (Tactile Sensors)                                 | (10) |
| 3.1.1. İletken Kontak Algılayıcılar   | (10) |
| 3.1.2. Bağımsız Analog Algılayıcılar  | (11) |
| 3.1.3. Matris Algılayıcılar (Matrix Sensors)  | (13) |
| 3.2. Sürme Algılayıcıları (Screw Sensors)   | (15) |
| 3.3. Yaklaşım (Proximity) Algılayıcıları  | (17) |
| 3.3.1. Ultrasonik Algılayıcılar   | (17) |
| 3.3.2. Optik Yaklaşım Algılayıcıları  | (20) |
| 3.3.3. Endüksiyon Akımı Algılayıcıları (Eddy Current)                                   | (21) |
| 3.3.4. Kızıl Örmek (Infrared) Algılayıcıları  | (22) |
| 4. GÖRME SİSTEMİ  | (22) |
| 4.1. Robot Gözleri  | (23) |
| 4.2. Fotoğraf (Fotoğrafik Göz)  | (26) |
| 4.3. Kamera Tipleri   | (30) |
| 4.3.1. Vidyon Kamera Tipinde Kamera Sisteminin Oluşturulması                            | (31) |
| 4.3.2. X-Y Düzleminde Gözetim (Raster Sector Scanning)                                  | (34) |
| 4.3.3. Yukarıdaki Aşam. Gözetim Sığa Satır İzleme ile görüntü Üretimi (Raster Scanning) | (37) |
| 4.4. CCD (Charge Coupled Device) görüntü Algılayıcıları                                 | (34) |
| 4.4.1. Temel CCD Hücreleri  | (34) |
| 4.4.2. CCD'ne Yük Transferi   | (35) |
| 4.4.3. Yüken Gerilime Potansiyelini   | (35) |
| 4.4.4. CCD Tipleri  | (36) |
| 5. GÖRÜNTÜNÜN SAYISALLAŞTIRILMASI (DİJİTALLEŞTİRME)                                     | (40) |
| 5.1. Renk Sinyali İşleme Süreci   | (41) |
| 5.2. Örnekleme İşlemi (Sampling Process)  | (43) |
| 5.3. Görüntü Bilgisayarla Değerlendirilmesi ve Çözünürlük (Resolution)                  | (45) |

Bekir KARLIK

HAZİRAN 1991

## İ Ç İ N D E K İ L E R

## GİRİŞ

S A Y F A

|   |      |
|---|------|
| 1. ROBOT NEDİR- GELİŞİMİ .....  | (1)  |
| 2. NİÇİN SENSÖRLER? .....   | (5)  |
| 2.1. Algılama Sistemi .....   | (6)  |
| 2.2. Algılayıcı Tabanlı Kontrol Sistemleri .....  | (6)  |
| 2.3. Çok sayıda Algılayıcı Kullanım Avantajları .....   | (7)  |
| 2.4. Çok sayıda Algılayıcı işleme sistemi .....   | (7)  |
| 3. ROBOTLARDA KULLANILAN ALGILAYICI (SENSÖR) TİPLERİ .....                                    | (10) |
| 3.1. Dokunma ile ilgili Algılayıcılar (Tactile Sensors).....                                  | (10) |
| 3.1.1. İkili Kontak Algılayıcılar .....   | (10) |
| 3.1.2. Başlıca Analog Algılayıcılar .....   | (11) |
| 3.1.3. Matris Algılayıcılar(Matrix Sensors) .....   | (13) |
| 3.2. Stress Algılayıcıları(Stres Sensors). .....  | (14) |
| 3.3. Yaklaşım (P roximity) Algılayıcıları .....   | (17) |
| 3.3.1. Ultrasonik Algılayıcılar .....   | (17) |
| 3.3.2. Optik Yaklaşım Algılayıcısı .....  | (20) |
| 3.3.3. Endüksiyon Akımı(Algılayıcısı(Eddy Current) .....                                      | (21) |
| 3.3.4. Kızıl Ötesi (Infoa-red) Algılayıcıları .....   | (22) |
| 4. GÖRME SİSTEMİ .....  | (22) |
| 4.1. Robot Gözleri .....  | (23) |
| 4.2. Fotosel (Fotoelektrik hücre).....  | (26) |
| 4.3. Kamera Tüpleri .....   | (30) |
| 4.3.1. Vidicon Kamera Tipinde Görüntü Bilgisinin oluşturulması.....                           | (31) |
| 4.3.2. X-Y. Düzleminde Görüntü Üretimi"Nector Scanning).....                                  | (31) |
| 4.3.3. Yukarıdan Aşağı, Soldan Sağa Satır Tarama ile görüntü<br>Üretimi(Raster Scanning)..... | (32) |
| 4.4. CCD (Charge Coupled Device) görüntü Algılayıcı .....                                     | (34) |
| 4.4.1. Temel CCD Hücresi .....  | (34) |
| 4.4.2. CDD'de Yük Transferi .....   | (35) |
| 4.4.3. Yükün Gerilime Dönüştürülmesi .....  | (35) |
| 4.4.4. CCD Tipleri.....   | (36) |
| 5. GÖRÜNTÜNÜN SAYISALLIŞTIRILMASI(İMAGEDİGİTİZER) .....                                       | (40) |
| 5.1. Resim Sinyali İşleme Devresi .....   | (41) |
| 5.2. Örenkleme İşlemi (Sampling Process) .....  | (43) |
| 5.3. Görüntü Bilgisinin Depolanması ve Çözümleme<br>(Resolution) .....                        | (45) |

|  |      |
|--|------|
| 5.3.1. Yüksek Çözümlemeli Gri-Skala Sistemleri .....                             | (48) |
| 5.3.2. Alçak Rezolusyon ikili Sistemleri .....                                   | (49) |
| 5.4. Görüntü İyileştirme .....   | (50) |
| 6. KARAKTERLERİN EKRA NA ÇIKARTILMASI VE GRAFİK GÖRÜNTÜ<br>ELDE EDİLMESİ: .....  | (53) |
| 6.1. Karakterleki EKrana Çıkarmak İçin Gerekli Hardware<br>ve Açıklamaları ..... | (53) |
| 6.1.1. Karakter Jenaratörü .....   | (53) |
| 6.1.2. Video RAM: .....  | (55) |
| 6.1.3. Karakterlerin Ekra na Çıkartılması .....                                  | (56) |
| 6.2. Grafik Görüntü Elde Edilmesi .....  | (62) |
| 7. AYDINLATMA TEKNİKLERİ VE NESNE AYIRTETME .....                                | (66) |
| 7.1. Aydınlatma Teknikleri .....   | (66) |
| 7.2. Nesne Ayırtetme. ....   | (70) |
| 8. BİR HAREKETLİ KAMERAYLA REAL-TİME ROBOT KONTROLU .....                        | (73) |
| 8.1. Statik Analiz .....   | (73) |
| 8.1.1. Perspektif Derinlik Ölçümü .....  | (73) |
| 8.1.2. Üçgenlere Bölme Derinlik Ölçümü .....                                     | (75) |
| 8.1.3. Alet .....  | (78) |
| 8.2. Dinamik Analiz .....  | (78) |
| 8.2.3. Kol Hareketi İçin Dengeleme .....   | (81) |
| 9. MESAFE TAYİNİ .....   | (83) |
| 9.1. Mesafe Algılayıcısı .....   | (83) |
| 9.2. Görme ve Mesafe Algılayıcılarının Birlikte Çalışması .....                  | (86) |
| 9.2.3. Algılayıcı Bilgisinin Fizyonu Yöntemleri .....                            | (87) |
| 10. BİLGİSAYAR GÖRME TİPLERİ .....   | (89) |
| 10.1. İzole Edilmiş Objelerle ve Binary İmajla İki<br>Boyutlu Görme .....        | (89) |
| 10.1.1. İstatiksel Şekil Tanıma .....  | (91) |
| 10.2. İzole Edilmiş Nesnelere ve Gri-Skala İmajla İki<br>Boyutlu Görme) .....    | (91) |
| 10.3. Birbirine Değen Ya da Üst üste binen nesnelere .....                       | (91) |
| 10.4. İki Boyutlu Teşhis .....   | (91) |
| 10.5. İki Boyutlu Çizgi (Mat) İzleme .....                                       | (92) |
| 10.6. Üç Boyutlu Görme: İzole Edilmiş Nesnelere .....                            | (93) |
| 10.6.1. Tek Görüntü (Monoküler Görme) .....                                      | (93) |
| 10.6.2. Stereovizyon (3 Boyutlu Görme) .....                                     | (95) |

|   |               |
|---|---------------|
| 10.6.3. Yapılanmış Aydınlatma .....                             | (95)          |
| 10.6.4. Mesafe Görüntüleme .....                                | (95)          |
| 10.7. Kümelenmiş Parçalar İçin Uygulanan Üç Boyutlu Görme ..... | (95)          |
| 10.8. Hareketli Robotlar İçin Üç Boyutlu Görünüm Analizi .....  | (96)          |
| 10.9. Kaynak ve Diğer İşlemlerde Görsel Olmayan Algılama .....  | (96)          |
| 11. NESNE TANIMA .....  | (97)          |
| 11.1 Nesne Öğrenme Prosedürü .....                              | (98)          |
| 11.2. Nesne Tipi Pozisyonu ve Yönü İçin Tanıma Prosedürü .....  | (101)         |
| 11.3. Özellik Seçimi ve Özellik Çıkartma .....                  | (104)         |
| 11.3.1. Özellik Seçimi .....                                    | (104)         |
| 11.3.2. Özellik Çıkartımı .....                                 | (106)         |
| 12. REFERANSLAR. ....   | (107,108,109) |

## ROBOT NEDİR? GELİŞİMİ

İnsanoğlu'nun fiziksel kapasitesinin sınırlı olmasından dolayı, istediği fakat kendi yapamadıklarını makinelerin yaptıklarını gördükçe onlara hep hayranlık duymuştur. Aslında insanın yapamadığı işleri, makinalara yaptırmak kolaydır. Fakat, insanların kolayca yaptığı işleri, makinaların taklit etmeleri zordur. İşte bu zorlu problemin, bilim ve teknolojinin çok hızlı ilerlemesi sayesinde çözüme kavuşturmakta olduğunu görmekteyiz. Tabii çözüm rahattır. Bugün fabrikalarda mamul üretmek için kullanılan robotların yakın gelecekte yaşantımızın her sahasında etkin rol aynaması bekleniyor. Bu çapada XXI. yüzyılda kişisel robot çağı demek için girişimler başlamıştır.

Çek, yazar Karel Copek'in 1921 yılında Prag'da sahneye konan "Rossum, Robot adını verdiği, suni insanlar yapan bir cihazdan bahseder. M.I.T. Profesörlerinden Isaac Asimov da bugün "robotların incelenmesi" anlamına gelen Robotics teriminin mucididir.

Robot Institute of America (R.İ.A) robotu şöyle tanımlamaktadır: Robot, çeşitli işleri yapmak üzere değişik programlarla malzeme, parça, takım ve özel aletleri hareket ettirmek için tasarlanmış, tekrar programlanabilen çok fonksiyonlu bir manipulatördür. Bir başka deyişle, robot; harici duyargalarla donatılmış değişik montaj görevlerini yapan genel maksatlı, tekrar programlanabilir manipulatördür.

Endüstriyel robotların gelişmesinde iki teknoloji temel rol oynamıştır.

- 1- Takım tezgahlarının nümerik kontrolü
- 2- Uzaktan manipülasyon (elle kumanda)

Nümerik kontrol bir takım tezgahının hafızaya yerleştirilmiş bilgiye (dataya) bağlı olarak, bir parçayı talaş kaldırarak işlemesidir. Hafızaya sayısal olarak yerleştirilen bilgi, parçanın, takımın koordinatlarını, işlemeye başlama ve işlemeyi, durdurma operas-

yonlarını gerçekleştirmek için gerekli sinyalleri ve işleme için ardışık lojik deyimleri kapsamaktadır. Muhtelif boyut ve şekildeki parçaları işlemek için sadece hafızaya yerleştirililen programları değiştirmek yeterlidir. Nümerik kontrolün önemli rol oynadığı esnek otomasyon, daha küçük sayılarda ve farklı parçaların ekonomik olarak imaline imkan vermektedir. Bugün, endüstriyel robotlar programlanabilir makinalardır.

Robotların doğuşuna ilham sağlayan diğer teknoloji uzaktan robot manipülasyondur. Nükleer enerjinin ortaya çıkması ile birlikte tehlikeli olan radyoaktif maddelerin uzaktan robot manipülasyonu gerekmiştir. Elin hareketinin elektriksel bir sistemle radyoaktif vasatta aynen tekrarlayabilen robot manipülatörlerin geliştirilmesi bu soruna çözüm getirmiştir. Operatörün tuttuğu löye master (ana) manipulatör, bunun hareketinin aynen tekrarlayarak sağlanan mekanik kola takib edici (köle) robot manipülatör adı verilir. Bu teknoloji uzay uygulamalarında ve deniz dibi çalışmalarında da kullanılmıştır. Ç.N.A.E.M (Çekmece Nükleer Araştırma Enstitüsü Merkezi)nde de radio izotopların imalinde mecburi olarak bu tip manipülatörler kullanılmaktadır. Bugünkü endüstriyel robotların bahsettiğimiz iki alandan esinlendikleri, ilham aldıkları belirtilmişti. Bu robotlarda insan operatörü ve master manipülatörü yerine bir kontrol sistemi bir çok operasyonu yapabilmesi için ayarlanabilmektedir. Endüstri robotlarındaki gelişmelerin tarihi şu şekilde olmuştur.

1958 : Programlanabilir malzeme transfer cihazı patenti  
(Programmed Article Transfer)George-C-Devol

1958 : UNIMATION

1962 : UNIMATION ROBOTLARI-UNIMATE 1900

1962 : AMF (USA) VERSATRAN İlk Robot

1963 : Japonya'da ilk UNIMATION

1965 : Stanford Üniversitesinde Robot programı başlatılıyor.

1967 : İngiltere Lisans altında robot imali

1968 : Kawasaki-UNIMATION Lisans anlaşması 200 ROBOT

1968 : İSVEÇ'te Lisansla robot imali

1971 : ALMANYA'da " " "

1972 : FRANSA'da " " "

1973: İTALYA'da Lisansla robot imali

1980: Dünya'da 20.000 robot, Fujitsu Fazue Şirketi, tam otomatik ilk fabrikayı gerçekleştiriyor.

1988: Dünya'da 325.000 Robot

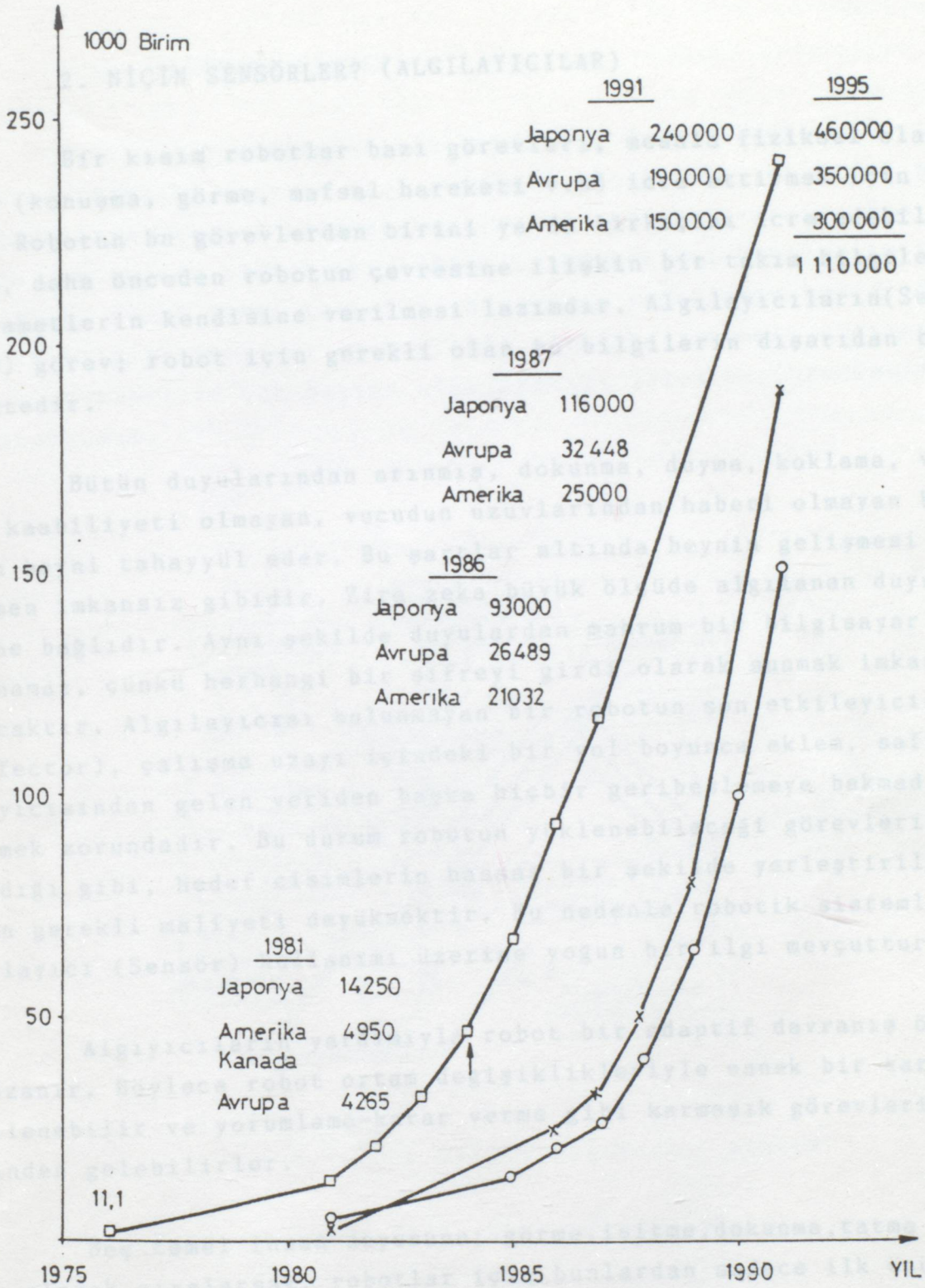
1972'de Dünyadaki robot sayısı 3.000 kadardır. 1980 de bu sayı 20.000'ni geçmeye başlamıştır. Enteresan olan, bu alana A.B.D.'den geç giren Japonya, Amerika ve Avrupa'da endüstride kullanılan akıllı robot sayısı gösterilmiştir.

Robotlar bugün, elektrikli makina üreticileri, otomotiv endüstrisi tezgah yükleme-boşaltma, malzeme transferi, boya yüzey işleme, nokta kaynağı, ark-asetilen kaynağı, plastik endüstri v.b. alanlarda kullanılmaktadır. Bugünkü endüstriyel robotlar ikincil endüstride, yani imalat endüstrisinde tek amaçlı olarak kullanılmaktadır. Gelecekte kullanılacak sensörlerle donatılmış zeki robotlar ise üçüncül endüstride (hizmet sektöründe)tıp alanında,öğretim alanında ve evlerde çeşitli fonksiyonlar yüklenecekleri beklenmektedir.

1983'de 7 endüstri ülkesi(Japonya ve Fransa liderliğinde) Williamsburg dahi zirve toplantısında, robotlar için 9 yeni uygulama alanı tesbit etmişlerdir. 1- Nükleer 2- Okyanus 3 Yangın-Uyarma-Kurtarma 4- Tarım-Hasat-İlaçlama 5- Madencilik 6- İnşaat Mühendisliği- Bakım 7- Tesis işletmesi-Bakımı 8- Kişisel Kullanım- Servis- Sağlık Sektörü 9- Uzay

Kişisel robotların becerikli, insanla uyum sağlayan kolay kullanılabilir, çok fonksiyonlu ve birçok işi yapabilecek kaabiliyette olmaları gerekecektir. Bu da şu 7 temel teknoloji ile sağlanır. 1- Algıyıcılar 2- Sürücüler 3- Manipülasyon- El 4- Yer değiştirme 5- Yapay zeka 6- İnsan- Makina sistemi 7- Sistem mimarisi

Kişisel bilgisayarlarda olduğu gibi, kişisel robotların XXI. yüzyılda hızla artması beklenmektedir.



ENDÜSTRİDE KULLANILAN AKILLI ROBOT SAYISI

Şekil 1.

## 2. NİÇİN SENSÖRLER? (ALGILAYICILAR)

Bir kısım robotlar bazı görevleri, mesala fiziksel olarak bir işi (konuşma, görme, mafsal hareketi v.b) icre ettirmek için yapılırlar Robotun bu görevlerden birini ya da birkaçını icre edebilmesi için, daha önceden robotun çevresine ilişkin bir takım bilgilerin ve parametlerin kendisine verilmesi lazımdır. Algılayıcıların(Sensörlerin) görev; robot için gerekli olan bu bilgilerin dışarıdan temin etmektedir.

Bütün duyularından arınmış, dokunma, duyma, koklama, ve görme kaabiliyeti olmayan, vücudun uzuvlarından haberi olmayan bir insan beyni tahayyül eder. Bu şartlar altında beynin gelişmesi hemen hemen imkansız gibidir. Zira zeka büyük ölçüde algılanan duyuverilere bağlıdır. Aynı şekilde duyulardan mahrum bir bilgisayar programlanamaz, çünkü herhangi bir şifreyi girdi olarak sunmak imkansız olacaktır. Algılayıcısı bulunmayan bir robotun son etkileyicisi (end-effector), çalışma uzayı içindeki bir yol boyunca eklem, saft kodlayıcısından gelen veriden başka hiçbir geribeslemeye bakmadan ilerlemek zorundadır. Bu durum robotun yüklenebileceği görevleri sınırlandırdığı gibi, hedef cisimlerin hassas bir şekilde yerleştirilmesi için gerekli maliyeti de yüksektir. Bu nedenle robotik sistemlerde algılayıcı (Sensör) kullanımı üzerine yoğun bir ilgi mevcuttur.

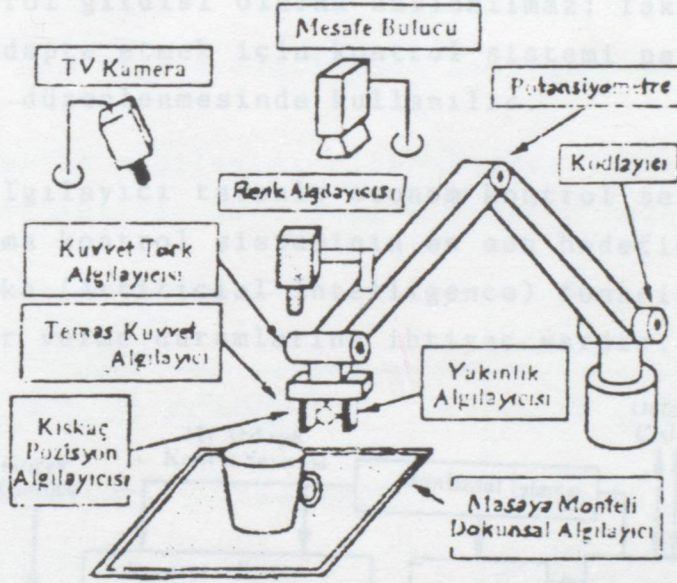
Algılayıcıların yardımıyla robot bir adaptif davranış özelliği kazanır. Böylece robot ortam değişiklikleriyle esnek bir tarzda ilgilenebilir ve yorumlama-karar verme gibi karmaşık görevlerin üstesinden gelebilirler.

Beş temel insan duyusunu; görme, işitme, dokunma, tatma koku alma olarak sıralarsak, robotlar için bunlardan sadece ilk üçü anlamlıdır. Bu üç duyu arasında görme duyusu ise robotik sistemler için en fazla öneme sahip olanıdır.

Son zamanlarda araştırmacıların ilgisi, çok sayıda algılayıcının kullanılmasıyla robot zekasının iyileştirilmesi konusu üzerinde yoğunlaşmaktadır.

## 2.1. ALGILAMA SİSTEMİ

Zeki robot sistemlerinin şekil-2.1 de görüldüğü gibi görme, dokunma(tactik), kuvvet tark ve diğer tip algılayıcılardan gelen geri beslemeye dayanan hareket kontroluna ihtiyacı vardır. Son zamanlarda çok sayıda algılayıcı sistemler dikkatleri üzerlerine toplamaktadırlar. Çünkü ileri teknolojiye dayanan robotların kesin, doğru ve zengin bilgiye ihtiyacı vardır. Bir algılama sistemi; algılayıcı kontrol sistemleri ve çok sayıda algılayıcılı işleme(processing) den oluşmaktadır.



Şekil 1: Çok SAYIDA algılayıcı sistem

## 2.2. Algılayıcı tabanlı kontrol sistemleri:

Robotik algılamanın amaçlarından bir tanesinde algılayıcı tabanlı kontroldür. Bu tip bir kontrol sistemi, robot bir cisimle uğraşırken önemli bir rol oynar. Genelde algılayıcı kontrol sistemleri Şekil 2.2.'de görüldüğü gibi 5 seviyede sınıflandırılır.

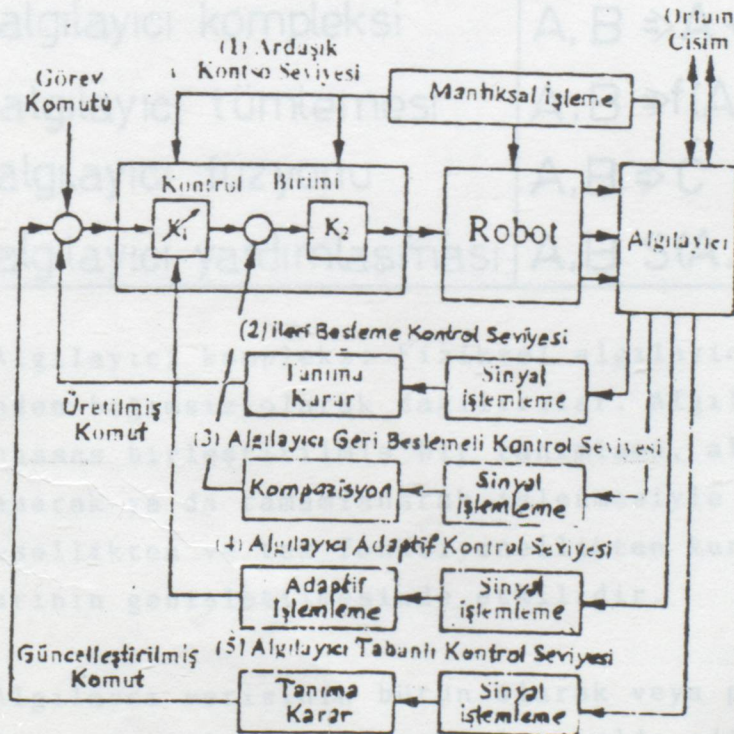
1- Ardışık(Sequential)kontrol seviyesi: Bu seviye açık-kapalı (on,off) algılayıcıların kullanıldığı ardışık kontrole karşılık gelir. Bu en ilkel seviyedir.

2- İleri besleme kontrol seviyesi: Bu açık-çevrim(open-loop) kontroldür. Sisteme gönderilen komut, görev(fask) için gelen bilgi elde edildikten sonra üretilir. Bu seviye daha fazla işleme zamanı gerektirmesine rağmen belirli bir komut gerekli olduğunda sık, sık kullanılır.

3- Algılayıcı geri beslemeli kontrol seviyesi: Bu seviye, algılayıcı sinyalleriyle yapılan bir geri beslemeli kontroldür ve algılamalı kontrolün temel metodudur. Mesale kavrama/kuvvet kontrolunda temas-kuvvet algılayıcısı (contact force sensor) kullanılan bir PID geri besleme metodu veya yaklaşım algılayıcısı(proximity sensor) tabanlı eğik yüzey izleme kontrolu bu seviyeye karşılık gelir.

4- Algılayıcı adaptif kontrol seviyesi: Algılayıcı bilgisi sisteme kontrol girdisi olarak kullanılmaz; fakat bu bilgi optimize etmek yada adapte etmek için kontrol sistemi parametrelerinin tahmininde veya düzenlenmesinde kullanılır.

5- Algılayıcı tabanlı otonom kontrol seviyesi: Bu seviye robotik algılama kontrol sisteminin en son hedefidir. Bu kontrol metodu, yapay zeka (Artificial Intelligence) fonksiyonuna, tanıma, irdeleme ve karar verme durumlarına ihtiyaç vardır.



Şekil 2.2.

### 2.3. Çok sayıda algılayıcı kullanımının avantajları:

Dışsal algılayıcıların kullanımındaki amaç, mevcut sisteme bulunduğu ortama ait bazı özelliklere dair kullanışlı bilgileri sağlamaktır. Çok sayıda algılayıcıların avantajları arasında, elde edilen bilginin tekrarlılık, tamamlayıcılık ve zamanlama gibi özelliklerini sayabiliriz. Tekrarlanan bilginin tümlenmesi (integration) veya füzyonu (fusion) genel bir belirsizliği azaltıp güvenilirliği ve hassasiyeti arttırabilir. Birbirinden bağımsız olarak çalışan algılayıcılardan gelen bilgi kullanıldığında, tamamlayıcı bilgi, tanınması ve anlaşılması imkansız olan ortamlara ilişkin tanıtıcı bilgiler sağlar. Daha iyi zamanlamaya sahip bir bilgi tek bir algılayıcıdan ziyade çok sayıda algılayıcıdan elde edilebilir.

### 2.4. Çok sayıda algılayıcı işleme sistemi:

Çok sayıda algılayıcı sistemlerde, algılayıcı verilerini işleme metodları tabloda görüldüğü 4 sınıfta toplanabilir.

| TIPLER                   | ALGILAYICI VERİSİ (A, B)  |
|--------------------------|---|
| algılayıcı kompleksi     | $A, B \Rightarrow A + B$  |
| algılayıcı tümlenmesi    | $A, B \Rightarrow f(A+B)$   |
| algılayıcı füzyonu       | $A, B \Rightarrow C$  |
| algılayıcı yardımlaşması | $A, B \text{ S}(A, B \Rightarrow (A \rightarrow B, B \rightarrow A))$ |

a- Algılayıcı kompleksi: Fiziksel algılayıcıların çıktıklarını birbirlerinden bağımsız olarak dağılırlar. Algılanan ortama veya cisme ait hassas birleştirilmiş bir tanımlama, algılayıcı verilerinin toparlanarak ya da tamamlanarak işlenmesiyle elde edilir. Bu yöntem yöresellikten ve tek fonksiyonellikten kurtulmada, ayrıca ölçüm sınırlarının genişletilmesinde etkilidir.

b- Algılayıcı verisinin bütün olarak veya parçalı bir tarzda berleştirilmesiyle anlamlı bir tanımlama elde edilebilir. Bu metod kesinlik ve güvenilirliğin iyileştirilmesinde ve işleme zamanının azaltılmasında etkilidir.

c- Algılayıcı Füzyonu: Yeni ve anlamlı başka bir tanımlama algılayıcı bilgisinin karşılıklı olarak, bir arada veya aynı anda birbirlerine yardımcı olacak şekilde işlenmesiyle elde edilebilir. Steres görmedeki gibi iki gözünde aynı anda kullanımını gerektiren birleşim bu işleme iyi bir örnektir.

d- Algılayıcı yardımlaşması: Algılayıcılar arasındaki karşılıklı ilişkiler, algılayıcı verisinin bir arada birleştirilerek işlenmesiyle oluşturulur. Bu metod önceden sezme, öğrenme, hafızaya alma, modelleme ve başka konularda etkilidir.

Foto dedektör

Lidar array

Alan array

T.V. kamera

Lazer (ışıkla bölme)

Lazer (ışık alanı)

Optik karakter

PİGEP

Kızıl dışı

Radar

Magnetik yaklaşıma veya yakınlık

(proximity)

İyonik radyasyon

Aşağıda bu sensörlerden

Ultrasonik alıcı/verici

Ultrasonik arraylar

Mikrofon(gürültü kontrol)

DOKUNMA (TACTICE)

Probe

Strain gauge(gergi ölçer)

Piezoelektrik

Karbon elektroyeller

Discrete(ayrılık)arraylar

Integrated(Tutulmuş)arraylar



3.1. Dokunma ile ilgili algılayıcılar(Tactile Sensors):

3.1.1. İkili Kontakt Algılayıcılar(Isolated binary contact sensors)

İkili kontakt algılayıcılar alanında teknoloji daha da gelişebilir. Kontakt sensörleri, temel yapıları itibarıyla, açık veya kapalı olmak üzere iki konuma sahiptirler. Değişimle yapılabilecek gelişmeler sınırlı değildir. İkili kontakt algılayıcıları kullandıkları yere göre vazifeleri değişmektedir. Örnek olarak robot koluna yerleştirilene olan anahtar algılayıcı, sadece robotun çevresindeki engellerle olan ilişkisini düzenleyen sinyal verir. Halbuki bu kontakt algılayıcı

### 3. ROBOTLARDA KULLANILAN ALGILAYICI (SENSOR) TİPLERİ

Robot uygulamalarında kullanılan algılayıcılar:- görme (vision) menzil tayini, - tek eksenli ölçme ( veya yerdeğiştirme) - boyutlu yer/pozisyon -3 boyutlu yer/ pozisyon tayini, -termal (ısı tayini) ve - kuvvett'tir. Bunlar için gerekli olan mevcut metodlar ve duyarga devreleri ise şunlardır.

#### GÖRME (VISION)

Foto dedektör  
Lineer array  
Alan array  
T.V. kamera  
Laser (üçgenlere bölme)  
Laser (uçuş zamanı)  
Optik karakter

#### DİĞER

Kızıl ötesi  
Radar  
Magnetik yaklaşım veya yakınlık(praximity)  
Iyonik radyasyon.

#### AKUSTİK

Ultrasonik alıcı/verici  
Ultrasonik arraylar  
Mikrofon(gürültü kontrol)

#### DOKUNMA (TACTİCE)

Probe  
Strain gauge(gergi ölçer)  
Piezoelektrik  
Karbon metaryeller  
Discrete(ayrılık)arraylar  
Integrated(Tümleşik)arraylar

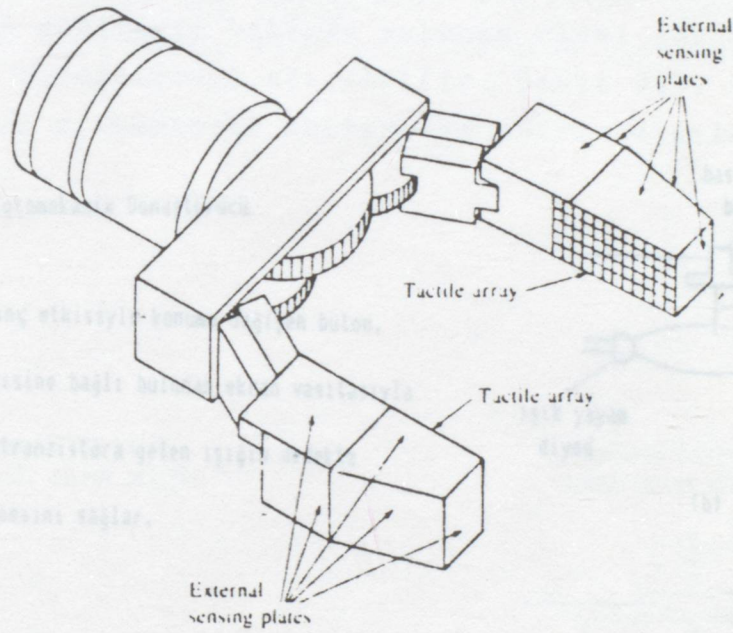
Aşağıda bu sensörlerden bazılarını inceleyeceğiz.

#### 3.1. Dokunma ile ilgili Algılayıcılar(Tactile Sensors):

##### 3.1.1. İkili Kontak Algılayıcılar(Isolated binary concact sensors)

İkili kontak algılayıcılar alanında teknoloji daha da gelişebilir. Ancak anahtar, temel yapısı itibari ile, açık veya kapalı olmak üzere iki konumdan ibarettir. Dolayısıyla yapılabilecek gelişme sınırlı olur. İkili kontak algılayıcılar kullanıldıkları yere göre vazifesi değişmektedir. Örnek olarak robot koluna yerleştirilmiş olan anahtar algılayıcı, sade robotun çevresindeki engellerle olan ilişkisini düzenleyen bilgiler verir. Halbuki bu kontak algılayıcı

bir son-etkileyicinin (end-effector), örneğin şekil 3.1'de görüldüğü gibi bir robot parmaklarının (gripper) üzerine yerleştirildiğinde, burada robot için temin edeceği bilgiler çok daha stratejik bilgiler olacağından, bu bilgiler robot için daha çok önem taşıyacaktır. Tekrarlanabilme özelliğinin sağlandığı bu algılayıcıların rizolüsyonu 1 ile 2 mm arasında değişmektedir.

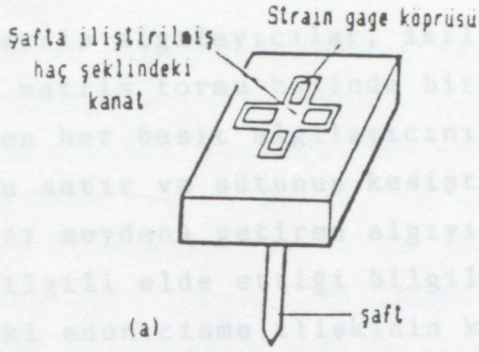


Şekil 3.1

### 3.1.2. Başlıca Algılayıcılar:

Prensip olarak temel bir analog algılayıcı local stresle orantılı olarak çıkış verebilen esnek yapıdaki sistemler olup pozisyon ve stres ölçmek amacıyla kullanılır. Robot yapısındaki konuma bağlı olarak ve diğer algılayıcılarla birlikte bu algılayıcının fonksiyonu değişebilir. Analog algılayıcının pozisyonu genel olarak esas durumuyla tesbit edilir. Şekil 3.2. de bunun üç farklı örneği görülmektedir.

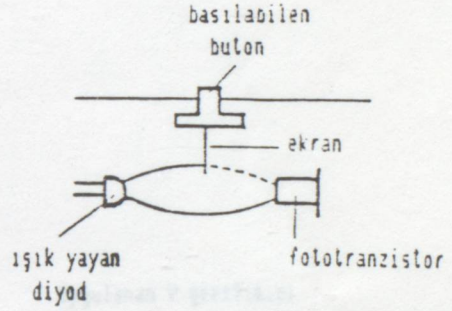
## 3.1.3. Matrix Algılayıcılar (Matrix Sensors):



(a) Duyarga ölçüm Köprüsü

(b) Fotomekanik Dönüştürücü

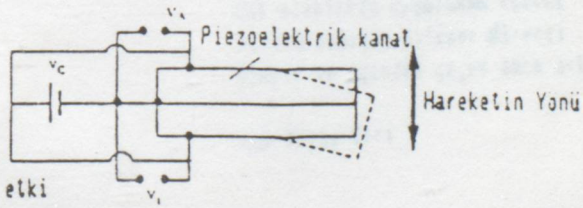
Basınç etkisiyle konumu değişen buton,  
kendisine bağlı bulunan ekran vasıtasıyla  
fototranzistora gelen ışığın dedekte  
edilmesini sağlar.



(b)

$V_A C$  :  $V$  'nin üzerine ilave olunan  
alternatif gerilim

$V_I$  : Kanat ile çevre arasında oluşan  
kuvvet etkisiyle endüklenen gerilim



$V_C$  : Kanadın değişimine etki  
eden sürekli gerilim kaynağı

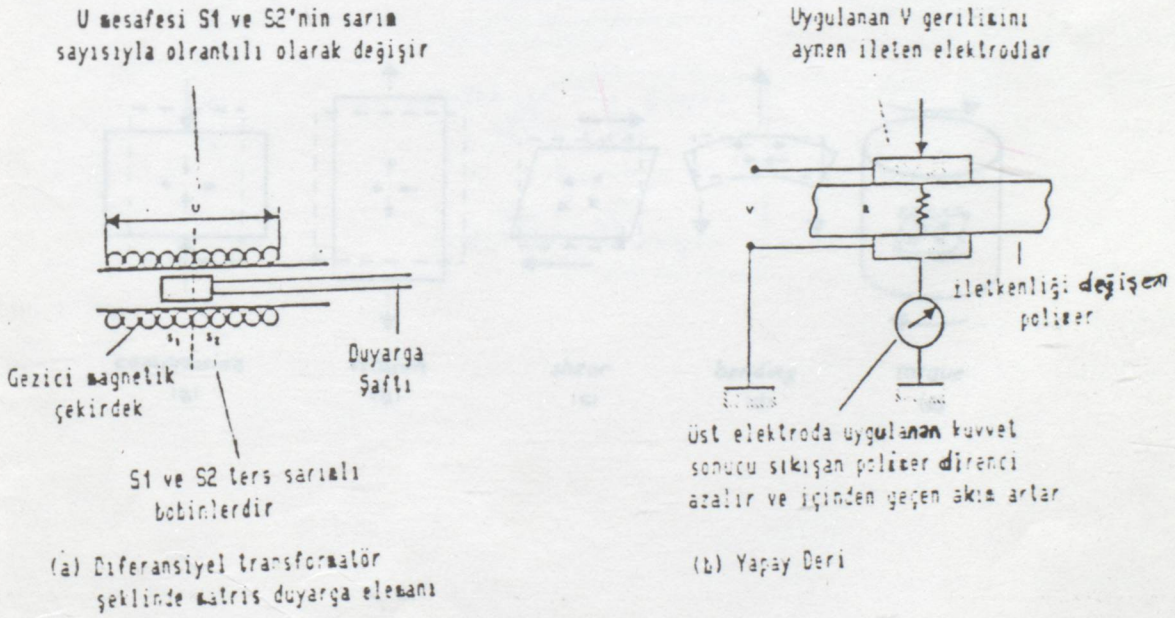
(c)

(c) Dokunma Duyargasıyla kullanılan Mikromaniplatör parmak

Şekil 3.2. Başlıca üç analog duyarga örneği

### 3.1.3. Matris Algılayıcılar (Matrix Sensors):

Matris algılayıcılar, ikili (binary) ve analog algılayıcıların, bir matris formu halinde birleştirilmesinden oluşmuştur. Yerleştirilen her basit algılayıcının matris üzerindeki yeri, üzerinde bulunduğu satır ve sütunun kesiştiği yer ile belirlenir. Algılayıcı ızgarasını meydana getiren algılayıcıların teker keter kuvvet ve pozisyon ile ilgili elde ettiği bilgilerin toplanarak, genelde algılayıcı ağına etki eden cisme ilişkin kuvvet ve pozisyonuyla ilgili karmaşık bilgi elde edilir. Analitik olarak bu bilgilerden yola çıkarak, algılayıcı ile etkileşim halinde bulunan cisim tanıma işlemine "Şekil Tanıma" (form recognition) adı verilir. Şekil 3.3. de, daha henüz gelişmemiş bazı sistemlerde kullanılan matris algılayıcı örnekleri görülmektedir.

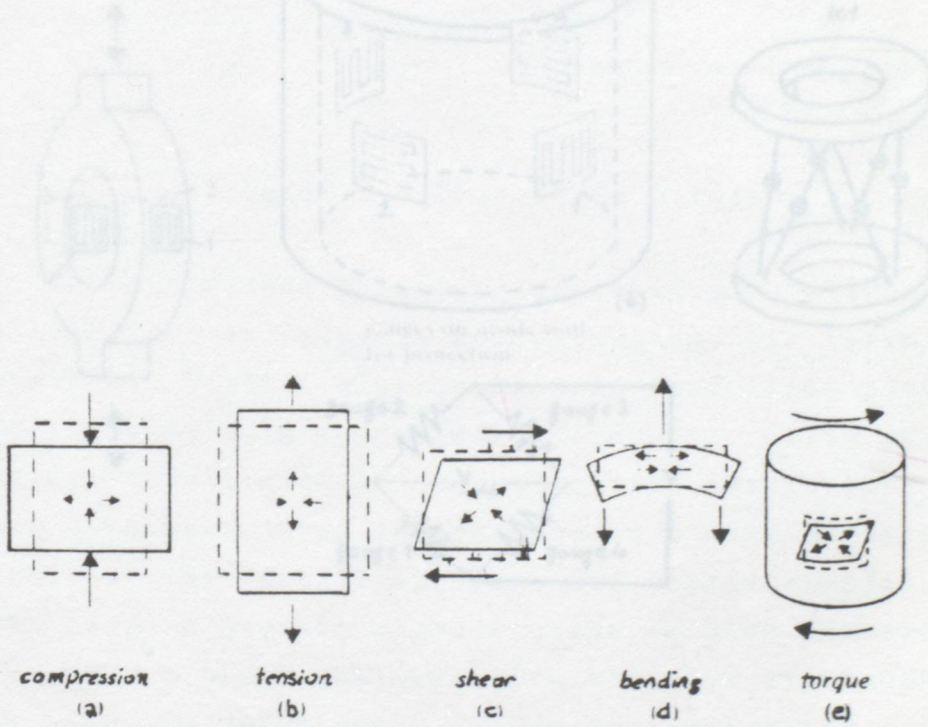


Şekil 3.3.

Günümüzde gergi ölçer teknolojisi çok gelişmiştir. Çok değişik şekilde gergi ölçerler yapılmaktadır. Bunların her çeşit malzemenin statik Şekil 3.3 iki adet Matris Algılayıcısı örneği kopulmuş bir veya iki koluna bağlanarak kullanılır. Şekil 3.3'de değişik yapıdaki bir gergi ölçer uygulamaları gösterilmiştir.

### 3.2. Stres Algılayıcıları(Stress Sensors):

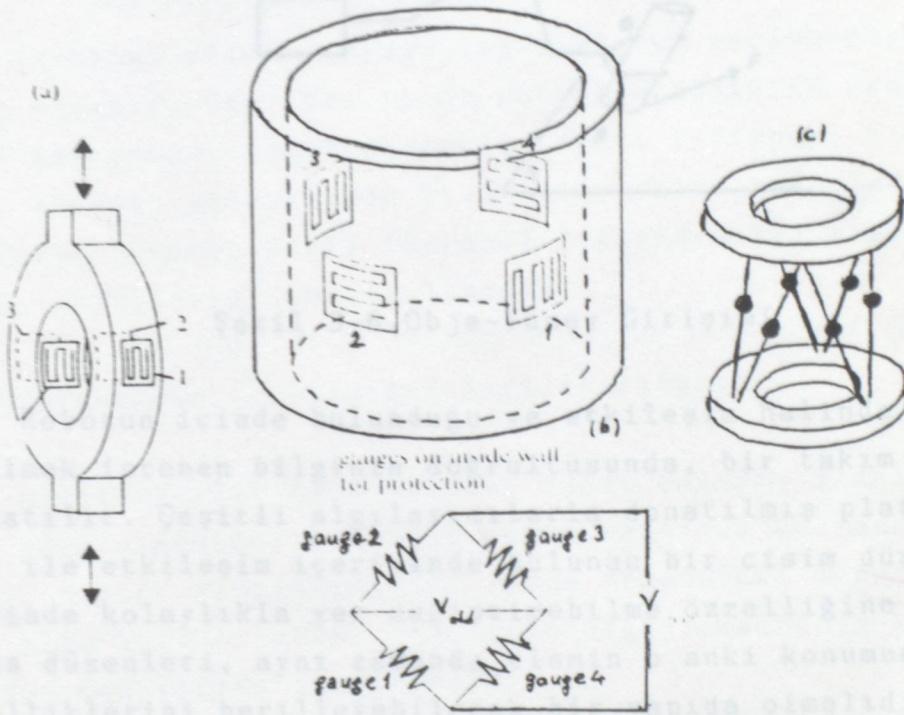
Stres algılayıcıları içerisinde en duyarlı olanı strain gage-lerdir. (gergi ölçer). Robot-çevre arasındaki karşılıklı etkileşimde, dedekte etme, yerleştirme ve tepki kuvvetlerini karakterize etme büyük önem taşır. Bu yüzden elde edilen bu bilgi robotun uygulayacağı iş stratejisinde büyük ölçüde kullanılır. Bu algılayıcılar, metal veya yarı iletken malzemedendir. üzerine yapıştırıldığı malzemenin deformasyonuna bağlı olarak gergi ölçerinin direnci değişir. Duyarlılığı direnç ve boy değişimine bağlıdır. Şekil 3.4 de çeşitli kuvvet tipleri tarafından elde edilen lokal gerilme ve büzülmeler görülmektedir.



Şekil 3.4.

Günümüzde gergi ölçer teknolojisi çok gelişmiştir. Çok değişik şekilde gergi ölçerler yapılmaktadır. Bunlarla her çeşit malzemenin statik ve dinamik gerilmeleri ölçülebilir. BİR wheststone köprüsünün bir veya iki kolna bağlanarak kullanılır. Şekil 3.5'de değişik yapıdaki birkaç gergi ölçer uygulamaları gösterilmiştir.

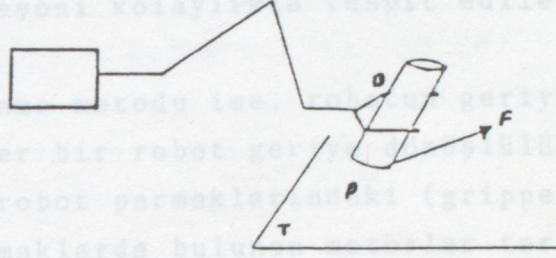
Cisim statik kuvvet  $F$ , kullanılan yüzey  $T$ , robot parçaları (gripper) tarafından tutulan cisim  $D$  olmak üzere, şekil 3.5'deki durumu inceleyelim. Burada robotun, çevresinde bulunan objelerden gelecek bilgileri derinlendirebilmesi için, gerekli olan algılayıcı donanımı ile ilgili olarak, uygulanabilecek üç farklı yöntemden bahsetmek mümkündür.



Şekil 3.5

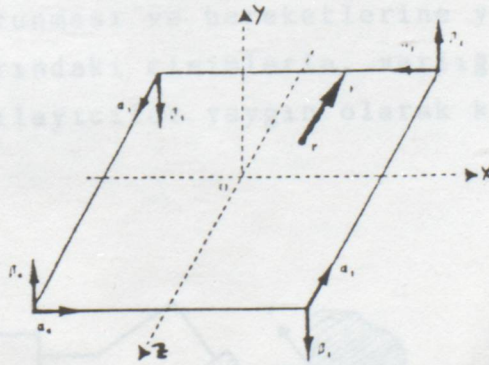
Şekil 3-7 Boyarğa Donanımı sağlanmış platforma.

Cisme etkiyen kuvvet  $F$ , kullanılan yüzey  $T$ , robot parmakları (gripper) tarafından tutulan cisim  $D$  olmak üzere, şekil 3.6 daki örneği inceleyelim. Burada robotun, çevresinde bulunan objelerden gelecek bilgileri değerlendirebilmesi için, gerekli olan algılayıcı donanımı ile ilgili olarak, uygulanabilecek üç farklı yöntemden bahsetmek mümkündür.



Şekil 3-6. Objeye-Yüzey Girişimi

1. Robotun içinde bulunduğu ve etkileşim halinde olduğu çevre, edinilmek istenen bilginin doğrultusunda, bir takım algılayıcılarla donatılır. Çeşitli algılayıcılarla donatılmış platform üzerinde, robot ile etkileşim içerisinde bulunan bir cisim düşünelim Platform üzerinde kolaylıkla yer değiştirebilme özelliğine sahip olan çok hassas düzenleri, aynı zamanda cismin o anki konumunu ve diğer bazı özelliklerini berilleyebilecek bir yapıda olmalıdır. Böylece, platformda yeralan çeşitli algılayıcılar ve ölçü düzenleri yardımı ile XYZ koordinat eksen takımına göre konum ve uygulanan kuvvet belirlenmiş olur. Bu durum şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3-7 Duyarga Donanımı sağlanmış platform.

2. Robotun. çevresinde yeralan birtakım cisimler hakkında bilgi edinilmesini sağlamak için kullanılabilir. İkinci yöntem ise, şekil 3-8'de görüldüğü gibi, rahat bileğinin çeşitli ölçü cihazları ile donatılması şeklinde açıklanabilir. Bu yapıda prensip olarak, yukarıda anlatılan ölçü düzenleri ile donatılmış platformun çalışma prensibine dayanır. Fakat sözkonusu kabiliyetler, platformdan farklı olarak robotun en uç yerinde toplanmıştır. Bu nedenle bilekte bulunan koordinat sistemi yardımıyla, cismin yaptığı üç farklı hareketle üç ayrı hareket bileşeni kolaylıkla tespit edilebilir.

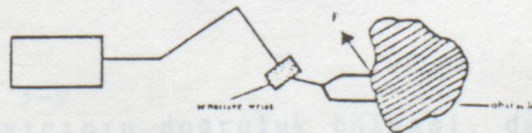
3. Bu bilgi edinme metodu ise, robotun geriye dönüşlü olma özelliğine dayanır. Eğer bir robot geriye dönüşlülük (reversible) özelliğini taşıyorsa, robot parmaklarındaki (gripper) F kuvvetinin sarfettiği kuvvet, parmaklarda bulunan motorlar tarafından hissedilir. Motorların brulmasındaki (torque) değişime faydalanarak, tepkiyen kuvvetin karakteristiği çıkartılabilir.

### 3.3. Yaklaşım (Proximity) Algılayıcıları:

Bu algılayıcılar daha ziyade, rahat çalışma alanında bir nesnenin var olup olmadığının tesbit etmek amacıyla kullanılan algılayıcılardır. Ayrıca algılayıcı ile nesne arasındaki mesafeyi de tahmin etmek için kullanılırlar. Yaklaşım algılayıcılarında kullanılan yöntemlerden bazılarını inceleyelim.

#### 3.3.1. Ultrasonik Algılayıcılar:

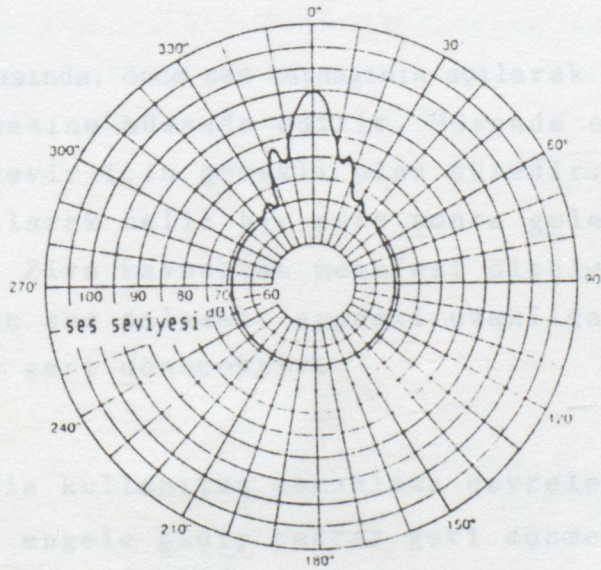
Gezici robotların çevresindeki engellerden haberdar olması, duruma göre onlardan korunması ve hareketlerine yön vermesi için, mesafe ölçmek veya civarındaki cisimlerin, varlığını tesbit etmek amacıyla ultrasonik algılayıcılar yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3-8 Engelleri sezebilen duyarlı kollu robot.

Darbeli akustik bzmelere (pulsed acoustic beams), robot yaklaşım algılayıcılarında kullanılması, daha ucuz ve daha uygun bir hale gelmiştir. Bu tip algılayıcıların en iyi bilineni, cisimlerin buldukları uzaklıkları ölçmek için kullanılan, polaroid Kamera Ses Algılayıcısı'dır. (Polaroid camera sonic sensor). Bu algılayıcı, uzaklık ölçümü esnasında sef edilebilen bir zamanlama ve mercek sistemine sahiptir. Algılayıcı, saniyede 7 ile 8 arasında değişen sayıda bir darbe üretir. Her darbe 1.2 msec uzunluğunda bir civıltı şeklindeki olup, 4 farklı frekanslarda 56 cycle'den meydana gelmiştir. Bunlar 60 K Hz'de 8 cyle, 57 K Hz'de 8 cyle, 53 kHz.'de 16 cycle, 50 kHz.'de 24 cycle'dir. Bu frekans dağılım şekli, nesnenin bulunduğu mesafenin, ses dalga boyunun tam katı olması halinde meydana gelecek olan duran dalgalarındaki ha tayı önler.

Ses ayarlamalı algılayıcıların bir doğrultuda olan karakteristikleri oldukça iyidir. Şekil 3-9'da görüldüğü gibi, işaretin seviyesi 10 derece açıda bile 10 desibel aşağıdır. Özel amaçlar için tayin edilmiş bu tür algılayıcılarda vardır.



Şekil 3-9

Algılayıcının doğruluk bölgesi, darbeli ses dalgasının frekansının ve kontrol için kullanılan elektronik malzemelerin karakteristiklerinin bir fonksiyonudur.

Ultrasonik Eko Ayarlamasının (Ultrasonic Echo Rangin) kullanımıyla ilgili olarak, mesafe ölçümünde sağlanacak daha büyük doğruluk ancak daha yüksek frekanslarda mümkündür. Zira havadaki sesin dalga boyu, frekansı ile ters orantılıdır. Aşağıdaki bilgilerin kullanılmasıyla havadaki ses dalgasının dalga boyu hesaplanabilir.

$V_m$  = Hava, su, çelik v.b. gibi ortamlardaki sesin hızı

$V_a$  = Havadaki sesin hızı (20 C'de, saniyede ve 1 Atm.basınçta) 1.129 feet

$w$  = Ortamdaki ses dalgasının dalga boyu

$f$  = Hert olarak (1 / cycle ) dalgasının frekansı

$$w = \frac{V_m}{f} \quad \text{hava için} \quad w_a = \frac{V_a}{f}$$

$$f = 26.000 \text{ Hertz için;}$$

$$w_a = 1.129/26.000 = 0,0434 \text{ ft} = 0.52 \text{ in.}$$

$$f = 200.000 = \text{Hert için}$$

$$w_a = 1,129 \times 12 / 200.000 = 0.067 \text{ in}$$

$$(1 \text{ inch} = 2,54 \text{ cm}, \quad 1 \text{ feet} = 30,48 \text{ cm})$$

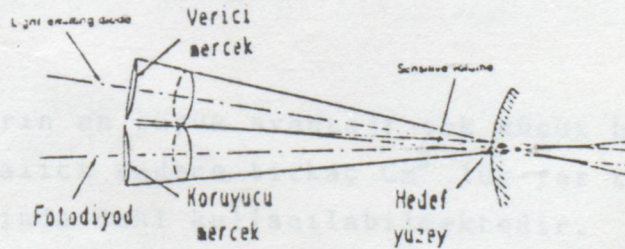
Ölçme esnasında, önce ses kaynağının açılarak çok kısa bir süre için işaret göndermesine müsaade edilir. Müsaade edilen bu süre, genellikle birkaç devir için gerekli olan süredir. Daha sonra ise, ses kaynağı kapatılarak belli bir süre sonra gelecek olan eko için beklemeye alınır. Zira kaynaktan mesafesi ölçülecek hedefe yahut engele gönderilen ses dalgası, aradaki uzaklığa bağlı olarak belli bir süre sonra geri dönecektir.

Bu amaçla kullanılan zamanlama devreleri ise, gönderilen ses dalgasının engele gidip tekrar geri dönmesi için gerekli olan zamanı tesbit eder. Kaynak ile hedef arasındaki mesafede, ortamda, bilinen ses hızının yardımıyla ölçülen zamanın yarısı alınarak elde edilir.

Ses çeşitli cisimlerin kalınlıklarının ölçülmesinde de kullanılabilir. Bunun için akustik dönüştürücü, kalınlığı ölçülecek olan cisme sıkıca temas ettirilir. Kalınlık ölçecek dönüştürücünün, katı eleman ile temas halinde iken, daha yüksek frekanslardaki işaretlerle daha yüksek rezolüsyonlu ölçüm yapması mümkündür. Bu gibi algılayıcıların, doğrudan yaklaşım ölçümleri için kullanımları pek verimli değildir. Çünkü sesin havadaki zayıflaması, çok yüksek frekanslarda birkaç yüz kHz.'dekiler göre daha yüksektir. Bu sebepten, yüksek frekans algılayıcılarının sualtı çalışmalarında ve araştırmalarında kullanılmaları daha iyidir. Benzer olarak sonar sistemler de denizaltılarda büyük ölçüde kullanılmaktadır. Ayrıca ses algılayıcıları robotların denizaltı çalışmalarına katılmasına da imkan tanımaktadır.

### 3.3.2. Optik Yaklaşım Algılayıcısı:

Robot kolunun yolu üzerindeki cisimlerin dedeksiyonu için uygun bir yol, bir ışık kaynağı (örn: LED) ve ışığa karşı duyarlı olan bir fotoselin kullanılması ile gerçekleştirilebilir. LED veya ışık kaynağının görüntüsünü, hedef yüzey üzerinde yoğunlaştırmak ve yüzeyden yansıyan ışık demetinin, fotodiyod ya da fotosensöre ulaşmasını sağlamak üzere, bir takım mercekler kullanılır. Kurulan bu düzenleme şekli, robotun çalışma uzayında var olan cisimleri saptaması için kullanılabilir basit bir yoldur. Böyle bir sistemin geometrisi, Şekil 3-10'da şematik olarak görülmektedir.



Şekil 3-10 Optik Yaklaşım Doyargası.

### 3.3.3. Endüksiyon Akımı Algılayıcısı (Eddy Current Sensor):

Eddy akımı, homojen olmayan manyetik alan yada manyetik alanı sürekli olarak değişen bir alan içinden geçen, iletkende endüklenen akımdır.

Eddy akımı algılayıcısının çalışma prensibi; algılayıcının çalışması esnasında çevresine yaydığı çok düşük radyo frekanslarındaki dalganın, çevrede oluşturduğu alçak seviyedeki alanın yakınında bulunan iletkenlerde meydana getirdiği akıma dayanır. Algılayıcının çalışma frekansı 200 kHz. civarındadır. Ortamda bulunan iletkenlerde meydana gelen eddy akımları, algılayıcının empedansını aşağı yukarı lineer olarak düşürür. Değişen bu algılayıcı empedansı, uygun bir elektronik devre kullanılarak, elektriksel bir gerilim haline dönüştürülür. Bu elektronik devre yardımıyla, hedef obje ve ölçü lüzeni arasındaki mesafe tesbit edilir. Mesafe bilgisi, uygun bir elektronik devrenin kullanılmasıyla torque, kuvvet veya basınç bilgisine dönüştürülebilir.

### 3.3.4. Infra-red (kızıl ötesi) Algılayıcıları:

Çalışma prensibi olarak bu tip algılayıcılar, üzerinde bulunan emetör (infra-red diyodu), varlığı tesbit edilecek veya uzaklığı hakkında malumat edinilerek cisme doğru kızıl ötesi (infra-red) ışını göndererek çalışırlar. Gönderilen bu ışın demeti cisme gelir, yansır ve alıcıya (fototranzistör) geri döner. Bir karışıklığa meydan vermemek için, emetörden cisme gönderilen ışık demeti modüle edilir. veya (birkaç Khz.) darbelenir. ve ışık demeti alındığında ise filtrelendir.

Bu algılayıcıların en büyük avantajı çok küçük hacimli olmasıdır. Keza emetör ve alıcı sadece birkaç  $\text{Cm}^3$  lük yer tutması nedeniyle, robot parmaklarında dahi kullanılabilir.

#### 4. GÖRME SİSTEMİ

Görme duyusu, belkide insanın sahip olduğu en önemli algılama yeteneğidir. öyleki; insan gözünü çok kısa bir süre dahi olsa açıp kapaması esnasında, görme organının çevresiyle ilgili olarak kendisine kazandıracığı bilgi bir hayli fazladır. Görme işlemi, kişiye en zengin bilgileri kazandırmakla birlikte, çevre hakkında bir çok önemli görüntüleride yansıtır. Bu ise yapay görüntüleride yansıtır. Bu ise yapay görüntü sistemlerinde, algılama cihazlarının ne kadar kompleks elde edilen bilgilerin işlenmesi için de bir hayli bilgiye sahip olunmasının gerekliliğini yansıtır.

Pratikte, insanın çalışmasının çeşitli duyu organlarınının referans alınmasıyla meydana getirilmeye çalışılan robotlar, insanın kısmen de olsa simule edilmesinden öte gidememiştir. Bunun için insanda tabii olarak sahip olduğu duyu organlarına karşılık, robotlarda da çeşitli duyargalar (algılayıcılar) karşılık düşürülmek istenmiştir. İnsanlar için geçerli olan görme olayı aslında, başlı başına relatif bir kavram olup, sadece gözlerin bir fonksiyonu olan bir kavram değildir. Zira bir kimse, gelecekteki olacak olaylar hakkında birtakım öngörüler yapabiliyorsa, yada birinin duygularını hissedebiliyorsa, bu kimsenin görme kaabiliyetinden bahsetmek mümkündür. (Görmek bakmak değildir.) Ama birçok robot sistemleri, bu söylediğimiz anlamda bir görme yeteneğine sahip değildirler.

Bu bölümde görme işlemi ve robotun çevresindekileri görme yeteneği incelenerek, aralarındaki ilişki üzerinde durulacaktır. Dolayısıyla, burada insan gözü ve görme olayı emule edilecektir.

Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın robot yapay görüntü sistemi şu özellikleri ihtiva ederler:

1. Bir yada daha fazla sayıda, gerek doğal gerekse yapay(Laser) işaret kaynağı.

2. Değişen işaretleri alabilen bir ya da daha fazla sayıda algılayıcı (örn:kamera)

3. Görüntünün, makinanın kabul edeceği ve işleyebileceği bir hale getirilmesi imkanı.(örn: Optik işaretlerin elektrik işaretlerine dönüştürülmesi en yaygın olarak kullanılan transformasyon şeklidir.)

4. Görüntüde oluşan hataların düzeltilmesi ya da temizlenmesi v.s. işlemler.

5. Görüntünün gerekli olan bilgiye dönüştürülmesi (görüntü gösterilimi)

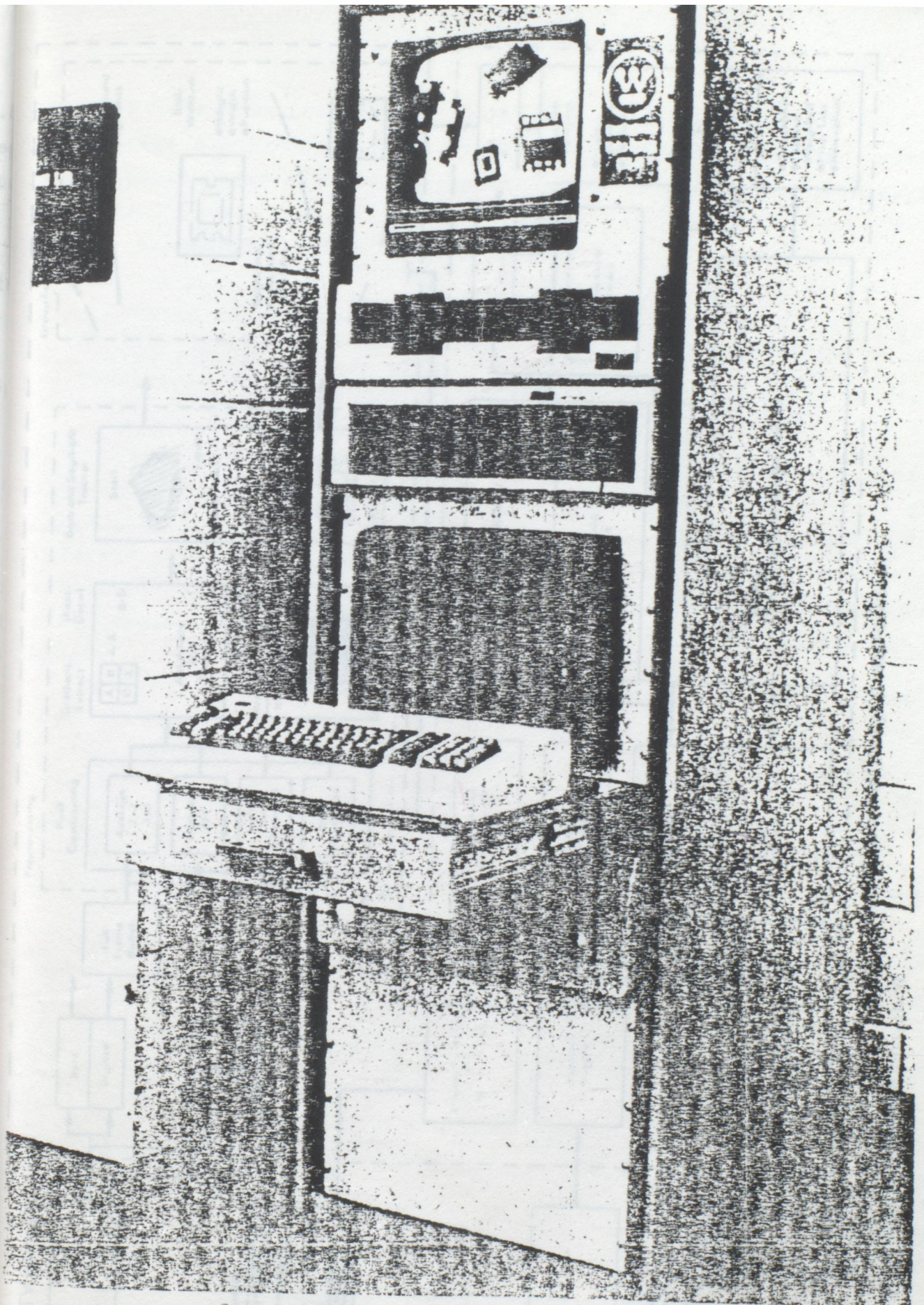
6. Özellik çıkarma; farklı tanımlardan algoritma ve diğer kriterlerden sonuç çıkararak ilgili bilgiyi elde etme.

7. Tanıma katı (recognition stage); burada elde edilen karakteristikler ile daha önce eğitim esnasında kaydedilmiş karakteristiklerin mukayesesi yapılır. Bu mukayese göre tanıma, tamamen tanıma, kısmen tanıma ya da tanıyamama şeklinde yorumlanır. Sonuç ne olursa olsun robot yapacağı prosese ilişkin bir sonuca varmalıdır. Performanstaki belirsizlikler ve hatalar bu katta ortaya çıkar. Şekil 4.1'de Westinghouse şirketine ait bir görüntü sisteminin kendisi, Şekil 4.2'de ise yukarıdaki özellikleri ihtiva eden komple bir donanı gösterilmiştir.

Bu donanımdan istifade ederek; bir robot görme sisteminini algılama elemanından (robot gözleri) başlayarak, görüntü ilave ve nesne tanıma özelliğine kadar sırayla inceleyelim.

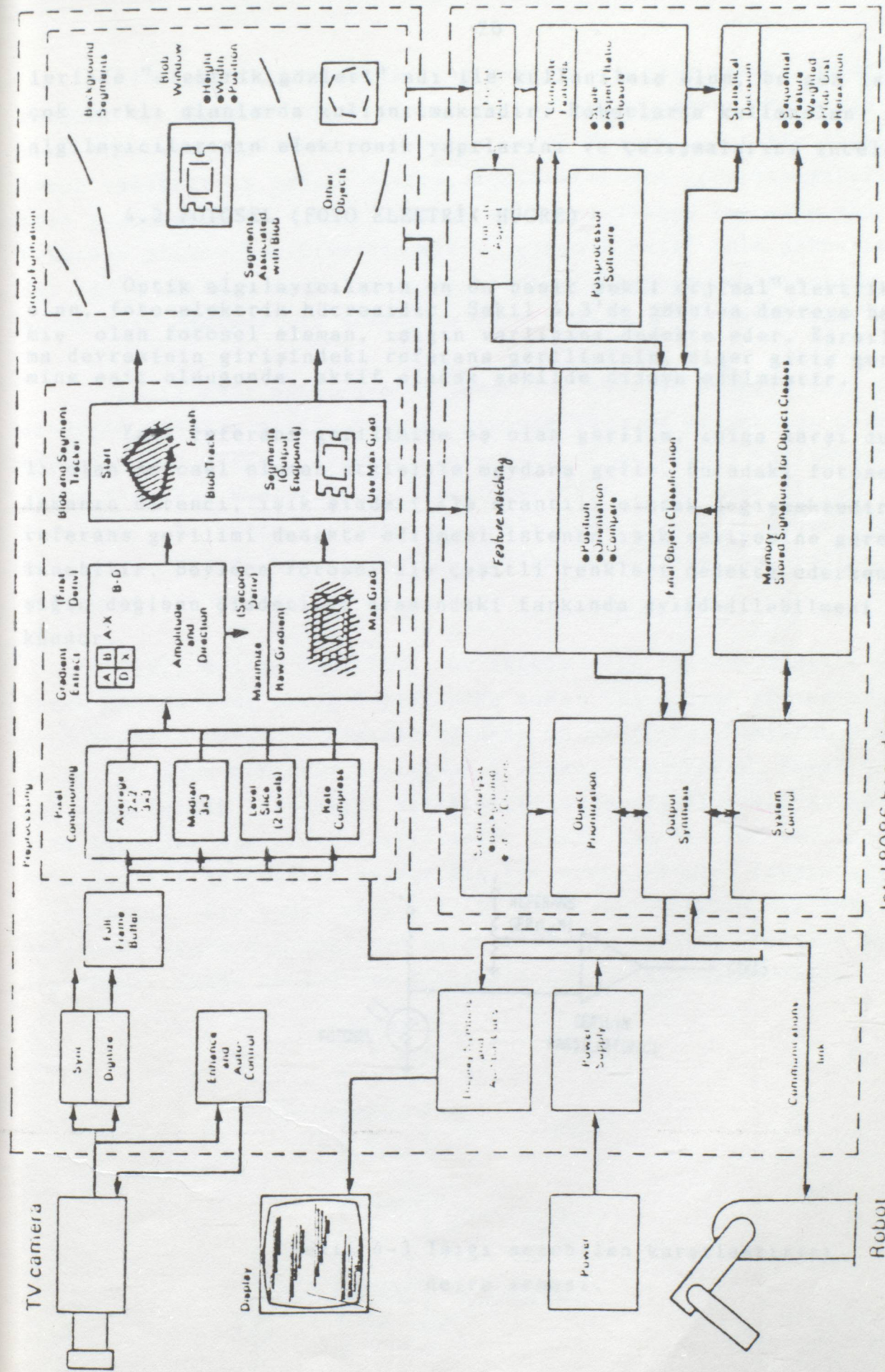
#### 4.1. ROBOT GÖZLERİ:

Robot gözleri adı verilen ve robotla görme fonksiyonunu üslenen bölüm, robotun çalışma ortamında yaptığı işe uygunluk gösterilmelidir. Dolayısıyla bunların dizaynı kullanım amacına göre olmalıdır. Mesela oldukça küçük bir kola sahip olan bir robot, bir takım küçük parçaları mikroskopla yerleştirme işinde kullanılacaksa, bu durumda bir TV kamerası (örn: Fll-blown TV camera) ve ultrasonik mesafe ölçme sistemi tercih edilebilir. Aslında limit algılama gözleri olarak adlandırılan algılayıcı çeşidi, foto elektrik limit algılayıcıları ihtiva eder. Bu algılayıcılar yıllarca güvenlik sistem-



Şekil 4-1

*General view of the grey scale vision system.*



Intel 8086 based image postprocessor

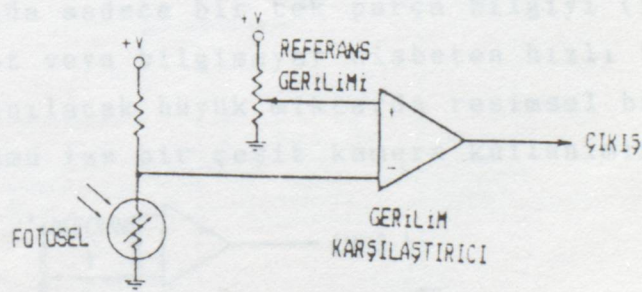
Fig. 2. Westinghouse grey scale vision system.

lerinde "elektrik gözleri" adı ile kullanılmış olup, bu gün ise çok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Robotlarda kullanılan, görüş algılayıcılarının elektronik yapılarını ve çalışmalarını inceleyelim.

#### 4.2 FOTOSEL (FOTO ELEKTRİK HÜCRE)

Optik algılayıcıların en ön basit şekli orjinal "elektrik göz" olan, foto-elektrik hücredir. Şekil 4.3'de görülen devreye bağlanmış olan fotosel eleman, ışığın varlığını dedekte eder. Karşılaştırma devresinin girişindeki referans geriliminin, diğer giriş gerilimine eşit olduğunda, aktif olacak şekilde dizayn edilmiştir.

Yani referans gerilimine eş olan gerilim, ışığa karşı duyarlı olan fotosel eleman etkisiyle meydana gelir. Buradaki fotosel elemanın direnci, ışık şiddeti ile orantılı olarak değişmektedir. Bu referans gerilimi dedekte edilmesi istenen ışık seviyesine göre ayarlanabilir. Böylece fotosel ile çeşitli renkleri dedekte ederken, ışığın değişen şiddetleri arasındaki farkında ayırdedilebilmesi mümkündür.

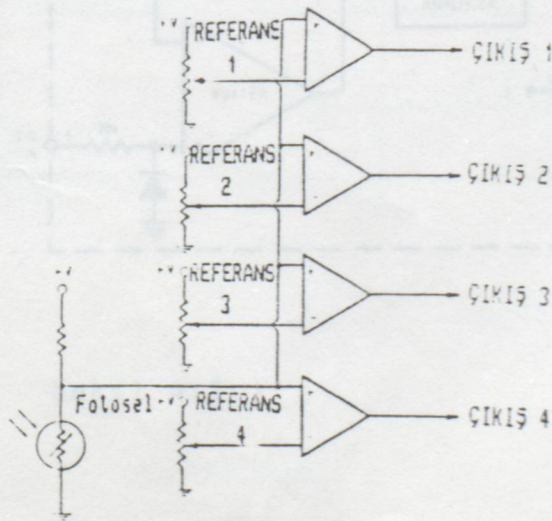


Şekil 4-3 Işığı sezebilen karşılaştırıcı devre şeması.

Test numunesine gönderilen keskin bir ışık demeti, hedefin rengine ve biçimine uygun olarak geriye doğru yansır. Yansıyan bu ışık demetinin şiddeti, yine ışığa karşı duyarlı olan bir fotosel eleman vasıtasıyla tespit edilir. Komparatordaki referans gerilimi, test numunesinin bir lamba alıtan yerleştirilmesi ile elde edilir. Referans potansiyometresinin ayarı, çıkışın aktif hale gelmesine kadar devam edilir. Bu kalibrasyon işleminden sonra, materyalden yansıyan ışık seviyesinin miktarına göre çıkışta bir işaret elde edilir.

Şekil 4-4; Şekil 4-3'de tanıtılan devreye eşdeğer dört adet devreden meydana gelenler. Burada, girişte bulunan ışığakarşı duyarlı olan fotosel eleman, tüm komparatorlara ortak olarak bağlanmıştır. Fakat, her bir komparatora ilişkin referans gerilimide birbirinden farklıdır. Bu devre birbirinden farklı dört ayrı renk tonunu dedekte edecek şekilde ayarlanabilir. Kullanılan fotoselin gerilimi 5~0 volt arasında değişir.

Şekil 4-5'de fotoselin, on farklı renk tonunun dedekte edilecek LM3914 tipi entegre devresine nasıl bağlandığı gösterilmektedir. Böylece yonga içerisinde bulunan bu on farklı komparator sayesinde, on adet çıkıştan faydalanmak mümkün olmaktadır. Şekil 4-6'da ise daha yüksek rizolüsyon sağlamak için gerçekleştirilen kaskat bağlama biçimine bir örnek teşkil eder. Fakat tek bir fotosel, zamanın herhangi bir noktasında sadece bir tek parça bilgiyi (resim bilgisi) taşıyabilir. Bir robot veya bilgisayar nisbeten hızlı bir şekilde sağlanmak üzere kullanılacak büyük miktarda resimsel bilgiye ihtiyaç duyar. Bunun çözümü ise bir çeşit kamera kullanımındadır.



Şekil 4-4 Dört farklı ışık seviyesini sezabilen devre.





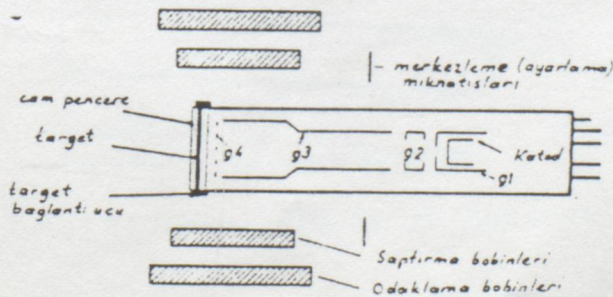
### 4.3 KAMERA TÜPLERİ

Kamera tüpleri, video digitizer (sayısallaştırıcı) ile birlikte kullanılan yüksek rizolüsyonlu görüntü algılayıcılarıdır. Vidicon, Plumbicon, Newvicon, silicon-Target Vidicon, orticon, Satican gibi çeşitli tipleri mevcuttur. Her ne kadar farklı olsalarda, hepside ışık enerjisine gerilime benzer yollarla çevirirler.

Kamera tüplerinde; görüntüden gelen ışınlar mercek sistemiyle odaklanarak, target (hayal plakası) üzerine düşürülür. Bir elektron hüzmesi targeti içten satır-satır ve yukarıdan-aşağıya tarar. Görüntüden gelen ışınların hayal plakası üzerinde meydana getirdiği foto elektrik etkiyle, plakanın arka yüzeyinden video çıkış sinyali olarak adlandırılan görüntünün elektriksel işaretleri alınır. Targetin foto-elektrik madde olması, ışık şiddetindeki değişimle orantılı değişen elektriksel işaretler elde edilmesini sağlar.

Elektriksel işaretlerin elde edilmesi genel olarak üç ayrı yöntemle yapılır. Bunlar; foto-emisyon, foto-iletkenlik ve foto-voltaik etkilerdir. Foto-emisyon yönteminde, çıkan elektronlar ışık şiddeti ile orantılı olarak artar. Bu yöntem Hayal Orticon tüplerde kullanılır. Foto-iletkenlik yönteminde; iletkenlik veya direnç değişir. Işığın artması, devre direncinin düşürür. Vidicon ve Plumbicon tüplerde bu yöntemden faydalanılır. Foto-voltaik yöntemde ise; bir yarı iletken birleşme yüzeyine düşen ışık yarı iletken uçlarında potansiyel fark oluşturur. Silicon-Target Vidicon tüpler bu yöntem göre yapılırlar

Robot gözü olarak en çok kullanılan kamera tüpü olan vidicon kameranın yapısı ve çalışmasını incelemekle yetineceğiz. Zira diğerlerinin görüntü bilgisinin durumu oluşumu vidicon'a benzerdir.



Şekil 4-7 VIDICON KAMERA TÜPÜ

#### 4.3.1 Vidicon kamera tüpünde görüntü bilgisinin oluşturulması:

Uygun dalga boyuna sahip bir foton özel maddeden yapılmış yüzeye çarptığında, bir kuantum yük (bir elektron deliği çifti) oluşturur. Yüzeydeki maddenin iletkenliği oldukça uzalana kadar, yükler buldukları alan içinde kalma eğilimindedir. Lokal alan içindeki yük (q);

$$q = \int_0^{t_f} i dt \quad \text{şeklinde ifade edilir. Burada;}$$

i: fotonlarda ölçülen saniyedeki ani ışık şiddeti

t<sub>f</sub>: çevreleme süresi (frame time)

Şayet ani ışık şiddeti integrasyon süresince sabitse, bu halde;  $q = it_f$  olur.

Yükün okunması için gerekli mekanizma, (videolarda olduğu gibi elektron demeti veya CCD kameralardaki gibi yük kublajı olabilir.) Her zaman yükün, mümkün olduğu kadar çoğu sıfırlanacak şekilde tasarlanır. Entegrasyon işlemine sıfır yük ile başlanır. Lokal ışık şiddetiyle orantılı bir yük oluşturulur. ve daha sonra bu okunur. Bu sebepten, bir noktada okunan sinyal hem bu noktadaki ışık şiddetine hemde okuma işlemleri arasındaki zaman miktarıyla orantılı olacaktır. Sadece ışık şiddetlerini dikkate alıp, integrasyon süresi gözardı edilirse, entegrasyon süresinin etkisini; ışık şiddetini resmin her yerinde aynı kılarak giderebiliriz. Bu işleme "tarama" denir. Bu işlemden önce yüzeydeki her noktanın kontrol edilmesi gerekir. Sonra, yük birimi tekrar tekrar ve periyodik olarak sıfırlanır. Şekil Şekil 4-7 de bir vidicon kamera tüpü gösterilmiştir. Videcon kamere tüpünde görüntü üretimi temel olarak iki yöntemle gerçekleştirilir.



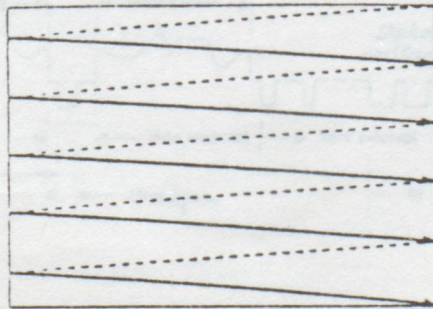
Şekil 4-7 (a) Vidicon kamera tüpünün temel yapıları

#### 4.3.2. X-Y düzleminde görüntü üretimi (Vector Scanning).

Bu yöntemde elektron tabancasının ekrana yolladığı elektron demeti; yatay ve dikey saptırma devrelerine verilen işaretler ile saptırılarak, görüntü oluşturulur. Ekrandaki görüntünün sabit kalmasını sağlamak için, saptırma devrelerine verilen işaretler belli bir frekansta tekrarlanır. Bu tip görüntü üretiminde çözümüleme (resolution), sadece kullanılan videcon tübün bant genişliğine bağlı olduğundan yüksektir. Bu nedenle üç boyutlu görüntü üretimi görüntünün belli bir bölgesinin büyütülmesi gibi yüksek çözümüleme (resolution) gerektiren ileri seviyede grafik görüntü çizimi için kullanılır.

#### 4.3.3. Yukarıdan aşağı, soldan sağa satır tarama ile

görüntü üretimi (Raster Scanning): En çok kullanılan metoddur. Videcon'da birikmiş (pozitif) yükü nötralle etmek için bir elektron demeti kullanılır. Yükün silinmesi devreye nötralle edilmiş yükle orantılı bir akım akmasına neden olur. Elektronların sapması, elektron demetini yüzeye dik olarak yönlendirir. Işın daha sonra yok olur ve en soldaki, bir sonraki en düşük satırda yeniden oluşur. (Şekil 4-8) demetin yok olduğu süre boşluk (blanking) olarak nitelendirilir. Bu işlem bütün yüzey yükten tamamen süpürülüp temizlenene kadar devam eder. Mamafih, ışın yüzeyin en altındaki yükü nötralle etmekle meşgulken, en üstte yük yeniden oluşmaktadır. Her seferinde vidicon yüzeyde de tamamen yük oluşmaya devam ettiğinden, ışının acilen yüzeyin tepesine dönüp taramaya başlaması gerekmektedir. Işının (elektron demeti) ekranın en alt satırının taramasını bitirdiğinde yani ekranın sağ alt köşesine ulaştığında, vidiconu bir çerçeve sonu işareti verilir.



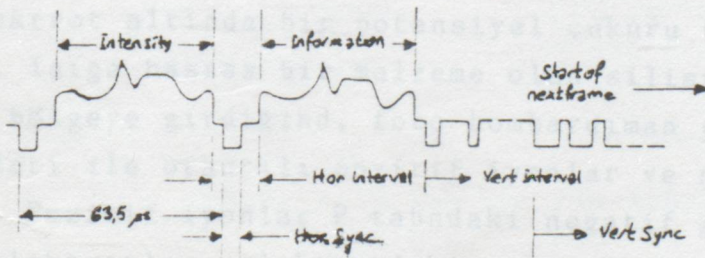
Şekil 4-8 (A) Televizyonda görüntünün tarama işlemi

(Dikey senkronizasyon) Bu işaretin verilmesiyle ışın, ilk satırın taranmasının başladığı noktaya yönlendirilir. Elektron demeti(ışını)-elektron tabancası(elektron beam) ından şiddeti değişerek çıkar.

Tarama işlemi saniyede birçok kez yapılmaktadır. Amerikan T.V. da 33,33 ms (milisaniye) de bir bütün yüzey taranır. (Avrupada, çevreleme süresi 40 ms'dir). Elektron ışınının(demetinin) ne kadar hızlı hareket ettiğini hesaplama için şu işlem yapılır.

$$\frac{1 \text{ sec}}{30 \text{ frame}} \div \frac{525 \text{ satır}}{\text{frame}} = 63,5 \mu\text{s}/\text{line}(\text{satır})$$

Tipik bir yatay süpürme frekansı 15,75 kHz ve düşey frekansı 30 Hz dir. Amerikan televizyon sisteminde video bilgisinin 525 satırı bulunmaktadır. Ülkemizde kullanılan televizyon yayın sisteminde ekran, 625 satır halinde taranır. Satır tarama ile görüntü üretimi iki yöntemle gerçekleştirilir. Bunlardan birincisi olan geçmeli tarama yönteminde görüntü, ilk taramada tek satırlar, ikinci taramada çift satırlar taranarak iki aşamada elde edilir. Daha çok hareketli görüntülerin elde edilmesinde kullanılır. Geçmesiz tarama yönteminde görüntü, tek veya çift satır gruplarından biri taranarak elde edilir. Bilgisayar çıkışları genellikle haraketsiz görüntüler olduğundan, monitörlerde çoğunlukla geçmesiz tarama yöntemi kullanılır.



Şekil 4-9

Şekil 4-9'da tipik bir video giriş işareti gösterilmiştir. Negatif olan darbeler düşey ve yatay senkronizasyon işaretleridir. ve değişken genellik işaretleri ise video şiddet seviyeleridir. Düşey senkronizasyon darbeleri arasında, mevcut olan bir bilgi alanı vardır. Ekrandaki her spot pixel adını alır. Pixel tanımlanabilen en küçük video resim elemanı olup, değişen şiddet seviyelerine sahiptir.

Standart grafik terminallerinde bu şiddet seviye aralığı, 4-256 arasında değişmektedir. Bu ise her pixel için, 2-8 bit arasında değişen sayıdaki bitlerle ifade edilebilir. Bu şiddet bilgisi analog/digital çevirici yardımıyla ikili koda çevrilmelidir. (Bakınız: bölüm 4.5.)

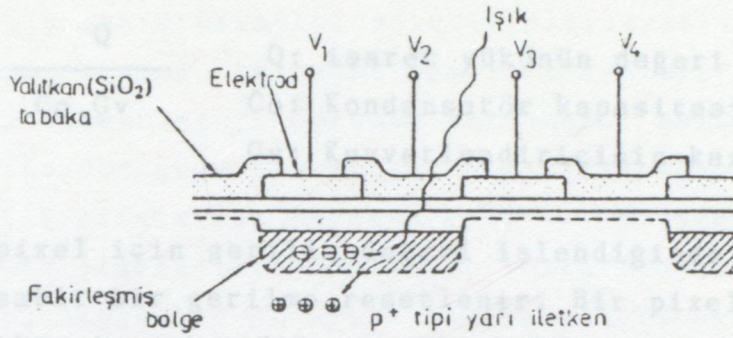
#### 4.4. CCD (Charge Coupled Device) Görüntü Algılayıcı:

Algılayıcı elemanlarının yıldızı olarak kabul edilen ve 1969 yılında BELL laboratuvarı tarafından geliştirilen CCD; bir kaydırıcı yazmaç (shift register) ile birleştirilmiş, ışığa hassas elemanlardan oluşur

##### 4.4.1. Temel CCD Hücresi:

Charge Coupled Device (yük kuplaflı cihaz)'ın çalışma prensibi; bir mercek yoluyla yarı iletken parça üzerindeki sıralı foto-diyotlar üzerine düşen ışığın optik enerjiden elektriksel yüke dönüştürülmesi esasına dayanmaktadır. Her eleman basit bir yapıya sahip olup, kapı olarak adlandırılan metalik bir elektrot, silisyumdioksit bir yalıtkan ve P tipi bir silisyum tabandan meydana gelmektedir.

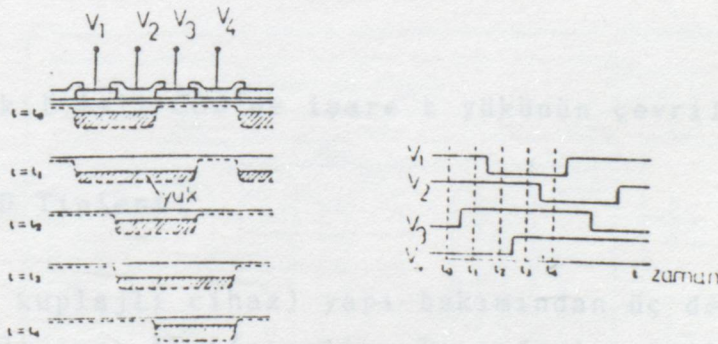
Elektroda uygulanan pozitif gerilim sebebiyle artan elektrik alanı, elektrot altında bir potansiyel çukuru (Fakirleşmiş bölge) oluşturur. Işığa hassas bir malzeme olan silisyumdan geçen ışık fakirleşmiş bölgeye girdiğinde, foto bombardıman yoluyla kanal içerisinde şiddeti ile orantılı pozitif iyonlar ve negatif elektronlar oluşturur. Pozitif iyonlar P tabandaki negatif gerilim tarafından yutulurken elektronlar, elektrottaki pozitif gerilim tarafından çekilirler ve yük paketleri şekline gelirler.



Şekil 4-10

#### 4.4.2 CCD'de Yük Transferi:

Ardışık elektrodlar arasında yük sırayla nakledilebilir. Yükü kaybetmeden nakletmek için her iki elektrot gerilimin kısa bir süre için aynı seviyeye çekmek gerekir. Yük nakledilirken önce ikinci elektrod, birinciden pozitif yapılır ve böylece birinci elektrotdan fazla yük çekilir. Birinci elektrod negatif veya nötr olduğundan, ikinci elektrot yönündeki tüm elektronlar çekilmiş olur. Benzer işlemler üçüncü elektrod için tekrarlanır. Yük paketleri farklı değerler alabildiğinden analog kaymalı yazmaç olarak düşünülür.



Şekil 4-11 CCD'de yük transferi

#### 4.4.3 Yükün Gerilime Dönüştürülmesi:

Transfer edilerek algılayıcının sonuna ulaşan yük paketi bir kondansatörde depo edilir. ve bir transistörün baz gerilimi olarak

sezilir. Çıkış işaretinin gerilim  $V_o$  aşağıdaki gibi ifade edilir.

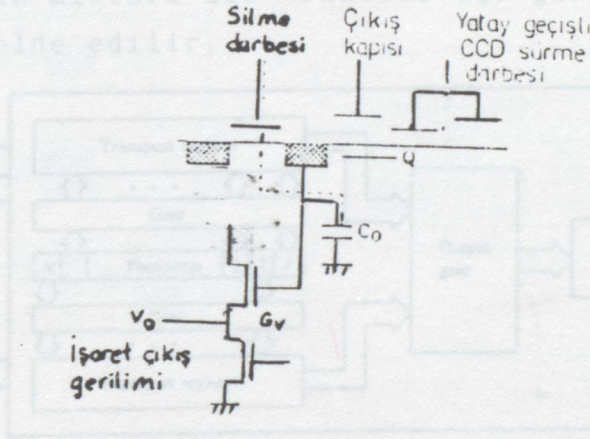
$$V_o = \frac{Q}{C_o \cdot G_v}$$

$Q$ : işaret yükünün değeri

$C_o$ : Kondansatör kapasitesi

$G_v$ : Kuvvetlendiricinin kazancı

Bir pixel için gerilim değeri işlendiğinde kondansatör silme darbesiyle sabit bir gerilme resetlenir. Bir pixel boyunca gerilimin sabit kalabilmesi; çıkış konumu yüksek bir giriş direncine sahip FET lerle yapılabilir.



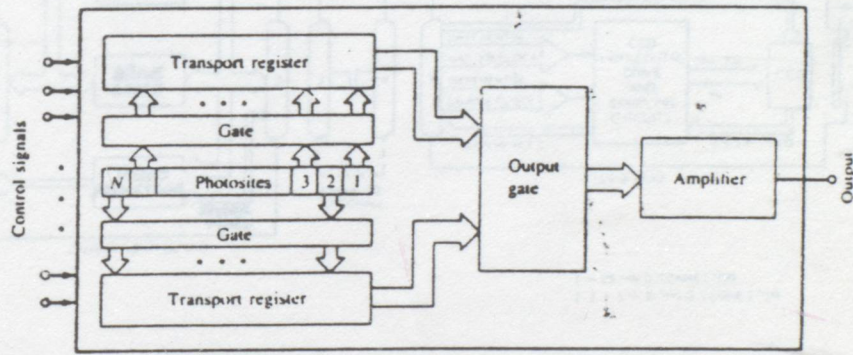
Şekil 4-12 CCD'de işaret yükünün çevrilmesi.

#### 4.4.4 CCD Tipleri:

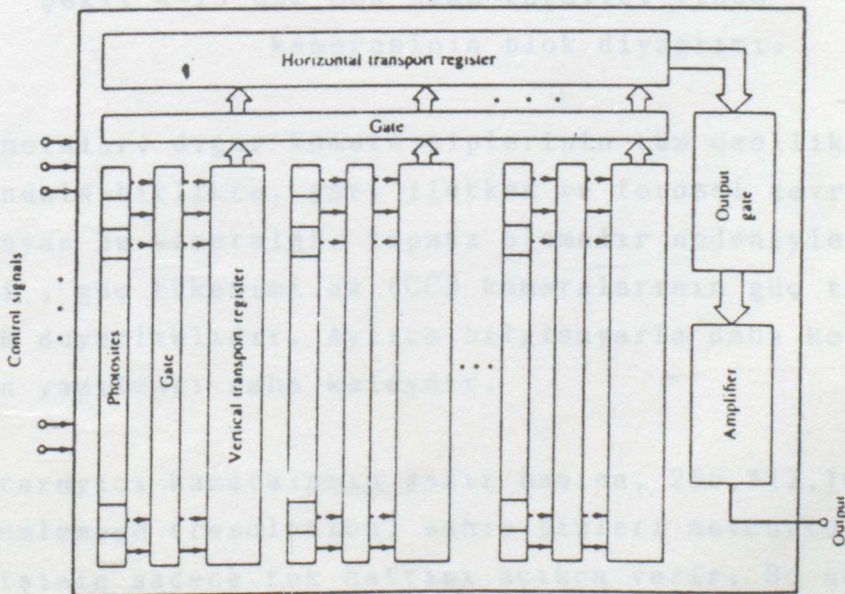
CCD (yük kuplajlı cihaz) yapı bakımından üç değişik tipte gerçekleştirilir. Bunlar; IT (Interline Transfer) satırlararası geçişli FT (Frame Transfer) çerçeve geçişli ve FIT (Frame Interline Transfer) çevre satırlararası geçişli diye isimlendirilir. CCD'nin değişik tipleri arasında farklılıklar olmasına rağmen, bir CCD'de en önemli komponentleri; foto,elektrik dönüşüm ünitesi, düşey geçiş ünitesi yatay geçiş ünitesi ve işaret sezici ünitedir.

CCD görüntü algılayıcılarını tarama tipi olarak; satır tara-

yıcı ve alan tarayıcı olmak üzere iki kısma ayırmak uygundur. Temel olarak bir satır tarayıcı görüntü algılayıcısı; ışığa hassas görüntü eleman dizisi, iki adet taşıyıcı register ve bir çıkış yükselticisinden oluşmuştur. Görüntü fotonları, şeffaf çok kristalli silikon kapılardan geçer ve silikon kristale absorbe edilir. Bunlar elektron delik çiftlerine meydana getirir. Meydana gelen foto elektronlar görüntü algılayıcılarında toplanır. Algılayıcılar üzerine düşkün ışık, yoğunluğu ile orantılı yük paketleri üretir. Bu yük paketleri daha sonra paralel olarak iki fazlı zamanlayıcı ile tetiklenen iki analog taşıyıcı registere aktarılır. Daha sonra yük paketlerine karşılık gelen gerilim seviyelerine dönüştürdükleri yükseltici kata aktarılır. Sonuç olarak Şekil 4.12-a da gösterildiği gibi görüntü algılayıcılarının miktarı ile orantılı bir gerilim işareti çıkışta darbe şeklinde elde edilir.



(a)

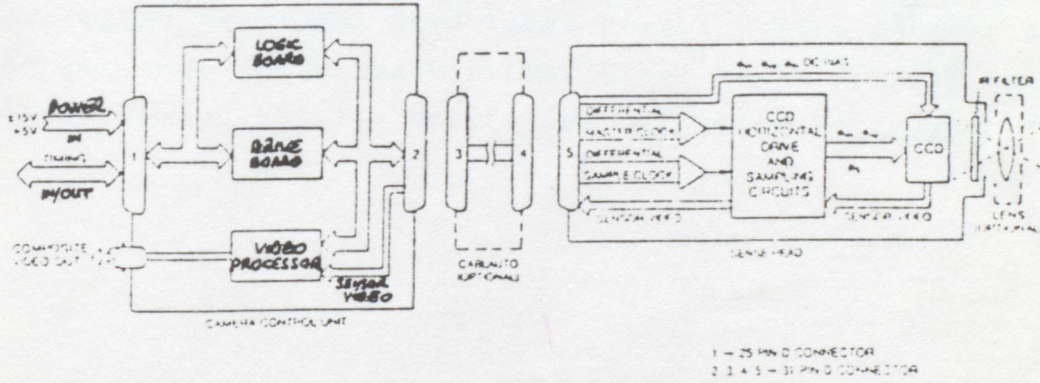


(b)

Şekil 4-12 a- CCD satır tarayıcı (Scan Line array)

b- CCD alan tarayıcı (Area array)

Yük kuplajlı olan tarayıcılar, satır tarayıcı algılayıcı elemanlarına benzer. İstisna olarak, Şekil 4-12-b'de gösterildiği gibi, görüntü algılayıcı elemanlarının sütunu ve kapı taşıyıcı register arasında matrisiyel bir yapıdadır. Çok sayıda görüntü algılayıcı elemanlarındaki bilgiler önce kapıya, sonra düşey taşıyıcı register'e daha sonra yatay taşıyıcı register'e aktarılır. Bu register'deki bilgi bir video hattına giden yükselticiyi besler. Bu işlemler TV ekran alanı tamamlanıncaya kadar devam eder. Tarama işlemi saniye 30 kez tekrarlanır. Şekil 4-13 de, bir CCD olan tarayıcı kullanılmış, bir video kameranın blok diagramı gösterilmiştir.



Şekil 4-13 Bir CCD alan tarayıcı video kamerasının blok diyagramı.

CCD kameralar, diğer kamere tiplerinin tüm özelliklerini ihtiva eder. Bununla birlikte, yarı iletken ve fotosel devreler ile görüntü algılayan bu kameralar, tüpsüz olmaları nedeniyle; daha dayanıklı, hafif, güç tüketimi az (CCD kameralarının güç tüketimi 14 W'dır.) yüksek duyarlıklılıdır. Ayrıca bilgisayarla daha kolay bilgi alış verişinin yapılması daha kolaydır.

Satır tarayıcı kameraların satır başına, 256,512,1024 ve 2048 elemanlık çözülemeye (resolution) sahip tipleri mevcuttur. Bunlar bir resim girişinin sadece tek hattını açıkça verir. Bu nedenle özellikle hareket halindeki nesnelere optik verilerin elde edilmesinde çok faydalıdır.

Alan kameraları özellikle endüstriyel uygulamalar için çok idealdir. 256 X 256 elemanlık, dikdörtgen noktalardan oluşan düzenli bir görüntü verisi çıkışı sağlanır. Bu çıkış bir merkezi işlemci (CPU) tarafından otomatik muayene tanıma ve robot klavuzluğu gibi amaçlarda değerlendirilmesini sağlar. Bu tür kameralar oldukça küçük tek parça kamera olarak kullanılabileceği gibi bir kamere kontrol sistemine bağlı veya robotlarla monteli olarak da kullanılabilir. 480 x 380 ve 1024 x 1024 elemanlık yüksek çözünümlü görüntü veri çıkışı tipleri de vardır.



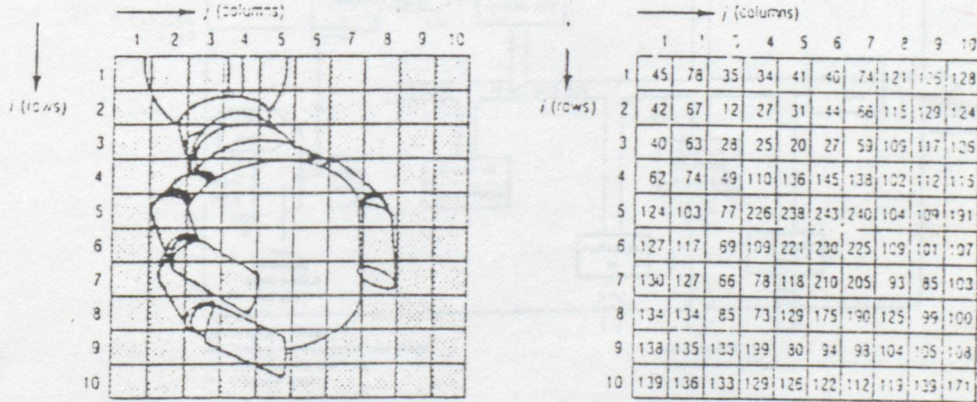
|    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1  | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 2  | 11 | 21 | 31 | 41 | 51 | 61 | 71 | 81 | 91 | 101 |
| 3  | 12 | 22 | 32 | 42 | 52 | 62 | 72 | 82 | 92 | 102 |
| 4  | 13 | 23 | 33 | 43 | 53 | 63 | 73 | 83 | 93 | 103 |
| 5  | 14 | 24 | 34 | 44 | 54 | 64 | 74 | 84 | 94 | 104 |
| 6  | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 |
| 7  | 16 | 26 | 36 | 46 | 56 | 66 | 76 | 86 | 96 | 106 |
| 8  | 17 | 27 | 37 | 47 | 57 | 67 | 77 | 87 | 97 | 107 |
| 9  | 18 | 28 | 38 | 48 | 58 | 68 | 78 | 88 | 98 | 108 |
| 10 | 19 | 29 | 39 | 49 | 59 | 69 | 79 | 89 | 99 | 109 |

Şekil 3-1: 10 x 10 pikselde sayısallaştırılmış resim ve sayısal sonuçları.

Her piksel'in bir adresi (satır ve sütun numarası) ve "grilik"

## 5. GÖRÜNTÜNÜN SAYISALLAŞTIRILMASI (IMAGE DIGITIZER):

Bilgisayarlar sayısal değerlerle çalıştığından, görüntü, işlenmeden evvel örnekleyici ile sayısal hale getirilmelidir. Şekil 5-1 de bir sayısallaştırılmış resim gösterilmiştir. İlk adımda görüntü, "resim elemanı" (Picture element) veya bunun kısaltılmışı "pixel" adındaki satır ve sütun şeklinde, matrisiyel bir biçimde küçük parçalara bölünerek adreslenir. En çok kullanılan bölmeleme dikdörtgen veya küre şeklindedir. Solda abartılmış bir şekilde parçalara ayrılmış resim gösterilmiştir. Her pixel noktasındaki görüntünün parlaklığını ve koyuluğunu temsil eden bir tamsayı bulunur. Bütün pixeller için bu iş gerçekleştirildiğinde görüntü, şeklin sağında gösterildiği gibi tamsayılardan oluşmuş bir matris şeklinde elde edilir. Bu resim, ışık seviyesini depolamak için local pixeli 8 bite ihtiyaç gösteren  $2^8 = 256$  seviyede sayısallaştırılmış oldu. Resim bilgisi bu biçime getirildiği zaman, yazılım tarafından işlenmeye hazırdır



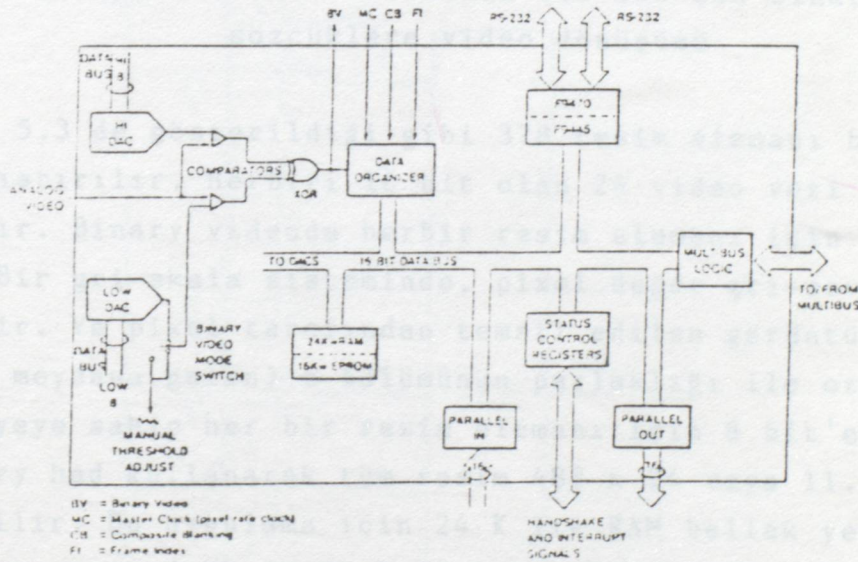
Şekil 5-1: 10 x 10 pixelle sayısallaştırılmış resim ve sayısal sonuçları.

Her pixel'in bir adresi (satır ve sütun numarası) ve "grilik

bağlı olarak binary 1 veya binary 0'a dönüştürülür. Bu işlemler "seviyesi" adında bir tamsayı değeri vardır. Yukarıdaki şekle göre IA(L,J) matrisindeki pixellerin değeri 1'den 256'ya kadar değişir ve bu değer 256 grilik seviyesinden birine karşılık düşmektedir.

### 5.1. RESİM SİNYALİ İŞLEME DEVRESİ.

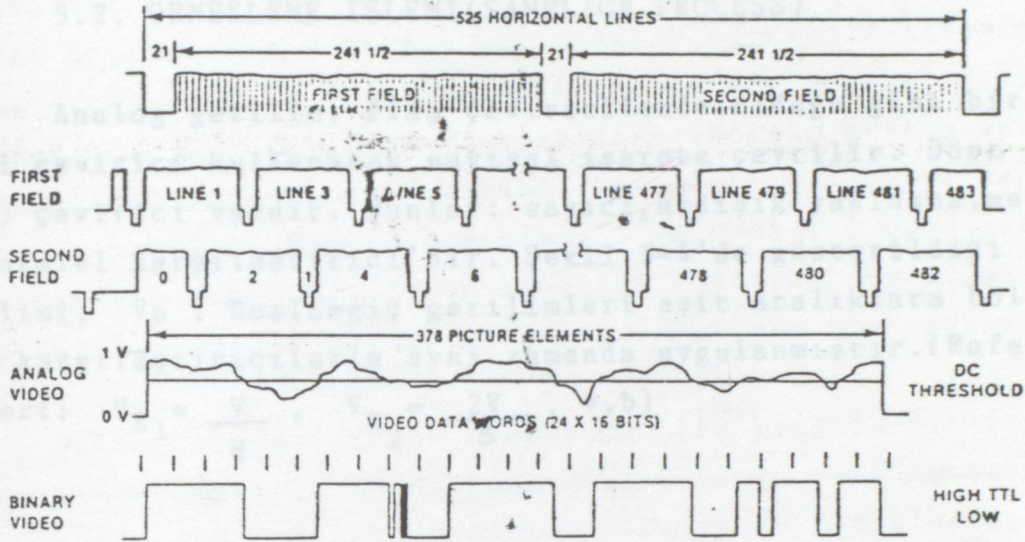
Temel olarak bir resim sinyali arabirimi; zamanlayıcı ve örnek-tut devresi içinden kendi çıkış işaretini işlemesi için lojik kontrol temin etmek maksadıyla bir işaret şartlandırma devresi, analog sinyali sayısala dönüştüren A/D çevirici devresi, dönüştürülmüş sayısal işareti derecelendiren nüans düzeltme ve ikili sistem nicelleştirme /araton işleme devresi, bir görüntü belleği ve görüntü belleğinin içeriğini optik işarete çeviren bir çıkış katından meydana gelir. Şekil 5.2'de bir görüntü işleme ara birimin blok diagramı verilmiştir.



Şekil 5.2 Görüntü işleme arabirim devresinin diagramı

Kamera tarafından algılanan, analog video girişi iki analog tan digitale dönüştüren çeviriciler tarafından analog sinyaller, digital sinyallere çevrilerek sayısallaştırılır. 16, bitlik mikrobilgisayar (F9445) tarafından RAM'a depolanır ve analiz edilir. Video sinyallerinin belirli bir eşit değeri aşmasına veya aşmamasına

bağlı olarak binary 1 veya binary 0'a dönüştürülür. Bu işlem Şekil 5-3 de izah edilmiştir.



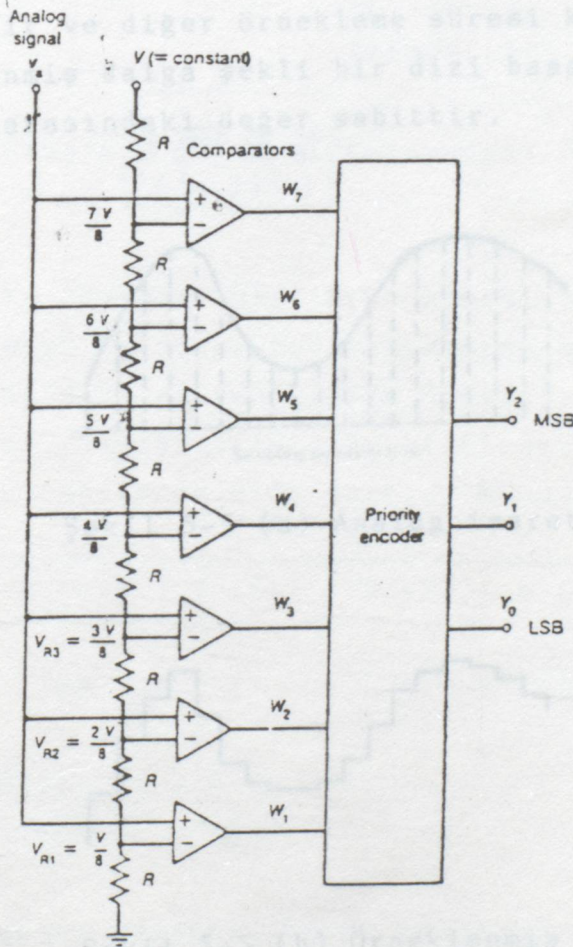
Şekil 5-3 Resim verisinin CCD 300'den binary sözcüklere video dönüşümü

Şekil 5.3 de gösterildiği gibi 378 resim elemanı bir video satırına sıkıştırılır. Herbiri 16 bit olan 24 video veri sözcüklerine depolanır. Binary videoda herbir resim elemanı için bir bit geçerlidir. Bir gri skala sisteminde, pixel değer gri-seviye olarak isimlendirilir. Ve pixel tarafından temsil edilen görüntünün (nokta nokta resmin meydana gelen) o bölümünün parlaklığı ile orantılıdır. 256 gri seviyeye sahip her bir resim elemanı için 8 bit'e ihtiyaç vardır. Binary had kullanarak tüm resim 488 x 24 veya 11.712 sözcükde depolanabilir. Bu uygulama için 24 K lık RAM bellek yeterlidir. Başka uygulamalar için daha büyük bellek gelebilir. Mesal2 128 x 128 bir siyah beyaz görüntü bilgisini saklamak için 16384 bitlik bir belgeye ihtiyaç vardır. Dikkat edilirse, oluşturulan görüntün renk seviyesini sadece siyah ve beyaz olduğu farzedilmiştir. Ayrıca görüntünün renk tonları arasındaki değerlere de sahip olması istenirse, çok daha geniş kapasiteli belgeye ihtiyaç duyulacağı aşikardır. Bu durumda her pixel, taşıyacağı renk şiddeti içinde kodlanmalıdır. Örneğin 256 farklı renk seviyesi için, gerekli olan görüntü(resim)bellegi 16384 X 8 bit /pixel veya 131.072 bellek gözüdür. Gerçekte bir

çok robot uygulamalarında, siyah ve beyaz renklerden meydana gelmiş olan görüntü, yeteri kadar amaca hizmet etmektedir.

## 5.2. ÖRNEKLEME İŞLEMİ(SAMPLIGN PROCESS)

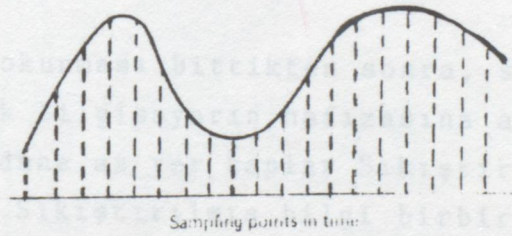
Analog gerilim, flaş çeviricilerde olduğu gibi bir analog dıfital çevirici kullanarak sayısal işarete çevrilir. Dört ana tipte (A/D) çevirici vardır. Bunlar: sayıcı, ardışık yaklaşma, metrik oran ve paralel karşılaştırıcı'dır. Şekil 5-4'de gösterildiği gibi analog gerilimi,  $V_a$ , Başlangıç gerilimleri eşit aralıklara bölünmüş bir sıra karşılaştırıcılarla aynı zamanda uygulanmıştır. (Referans gerilimleri:  $V_{R1} = \frac{V}{8}$ ,  $V_{R2} = \frac{2V}{8}$ , v.b)



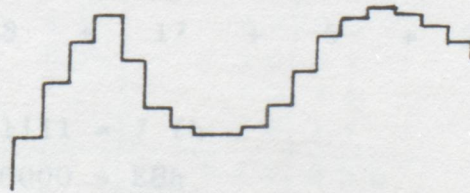
Şekil 5-4 (A/D) Paralel Karşılaştırıcı devresi.

Girişteki analog sinyal, referans gerilimlerle karşılaştırılır. Öncelikli kodlayıcı (Priority encoder) devresinin meydana getirdiği bir sayısal bit girişteki analog işareti temsil eden, çıkıştaki istenen sayısal koddur. Bir 3 bitlik kod meydana getiren 7 karşılaştırıcı (komparator) vardır. Dolayısıyla 8 bitlik bir sayısal çıkış meydana getirmek için 255 adet karşılaştırıcıya ihtiyaç duyulacaktır. Aslında, öncelikli kodlayıcının sayısal devreleri W1 den W7'ye bütün girişlerine bakılır. İşaret değerleri 1 ve 0 olur.. Daha sonra kodlayıcı, sayısal çıkış oluşturan bir bilgiyi çevirir bu cihaz aynı zamanda iki fonksiyonu yerine getirir. Örnekleme ve quantization

Şekil 5-5 (a)'da bir analog gerilim zamanın bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Örnekleme işlemi dalga şekline benzer yaklaştırma mekanizması olarak düşünülebilir. Ayrık zamanlarda, dalga şekli değerlendirilir ve diğer örnekleme süresi kadar bu değer hafızada tutulur. Örneklenmiş dalga şekli bir dizi basamak (steps) ihtiva eder. Basamaklar arasındaki değer sabittir.



Şekil 5-5 (a) Analog işaret,



Şekil 5-5 (b) Örneklenmiş işaret.

### 5.3. GÖRÜNTÜ BİLGİSİNİN DEPOLANMASI VE ÇÖZÜMLEME (RESOLUTION)

Sistemin çözümüleme örnekleme işlemindeki geniş kısımda belirlenir. Bir tek satırdaki örneklerin sayısı sistemin yatay çözümüleme olarak tanımlanır. Benzer olarak, satır sayısında dikey çözümüleme ifade eder. (Satır sayısı avrupa televizyonlarında 625'dir.)

Optik sistem tarafından okunarak CCD tarafından elektrik sinyaline dönüştürülen görüntü bir sonraki kata seri olarak aktarılır. Maksimum 2048 elemanlı görüntü okuyucu yonga (CCD) üzerine düşen bir satırlak görüntü (bir satır maksimum 7.7/15.4 mm'lik düşey boyuttan oluşur) sayısal olarak satır hafızasına aktarılır. Satır hafızasındaki görüntü bilgisi nokta görüntü modundadır. (Bit Image Mod) Her bit bir noktayı ifade eder. Mesala;

SİYAH: 1

BEYAZ: 0

Okunan Görüntü



Hafızadaki Bilgi: B5h (181d)

Bir satırın okunması bittikten sonra, satır hafızasındaki bilgiler sıkıştırılarak bilgisayarın hafızasına aktarılır. Sıkıştırılmış bilgi hafızada daha az yer kaplar. Sıkıştırılmış bilgi hafızada daha az yer kaplar. Sıkıştırılmış bilgi birbirini takip eden siyah ve beyaz noktalar sayılarak elde edilir. Mesela;

| B(60) | S (S0) | B (b1) | S (S1) | B/b2) | S (S2) | ..... |
|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|
|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|

$$127 + 32 + 128 + 17 + 6 + 255 = 2048$$

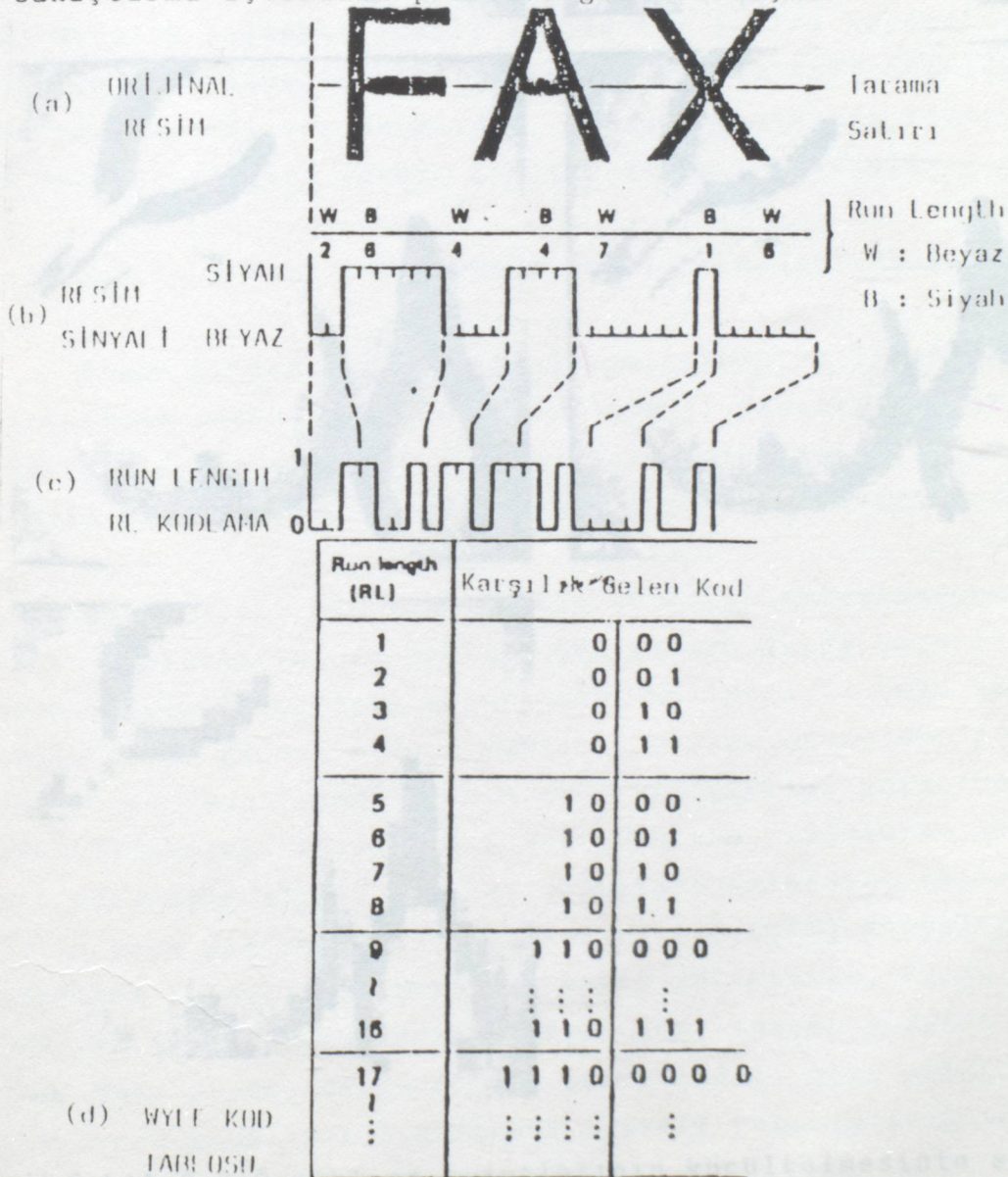
$$B(127) = 01111111 = 7 \text{ fh}$$

$$S(132) = 11100000 = E0 \text{ h}$$

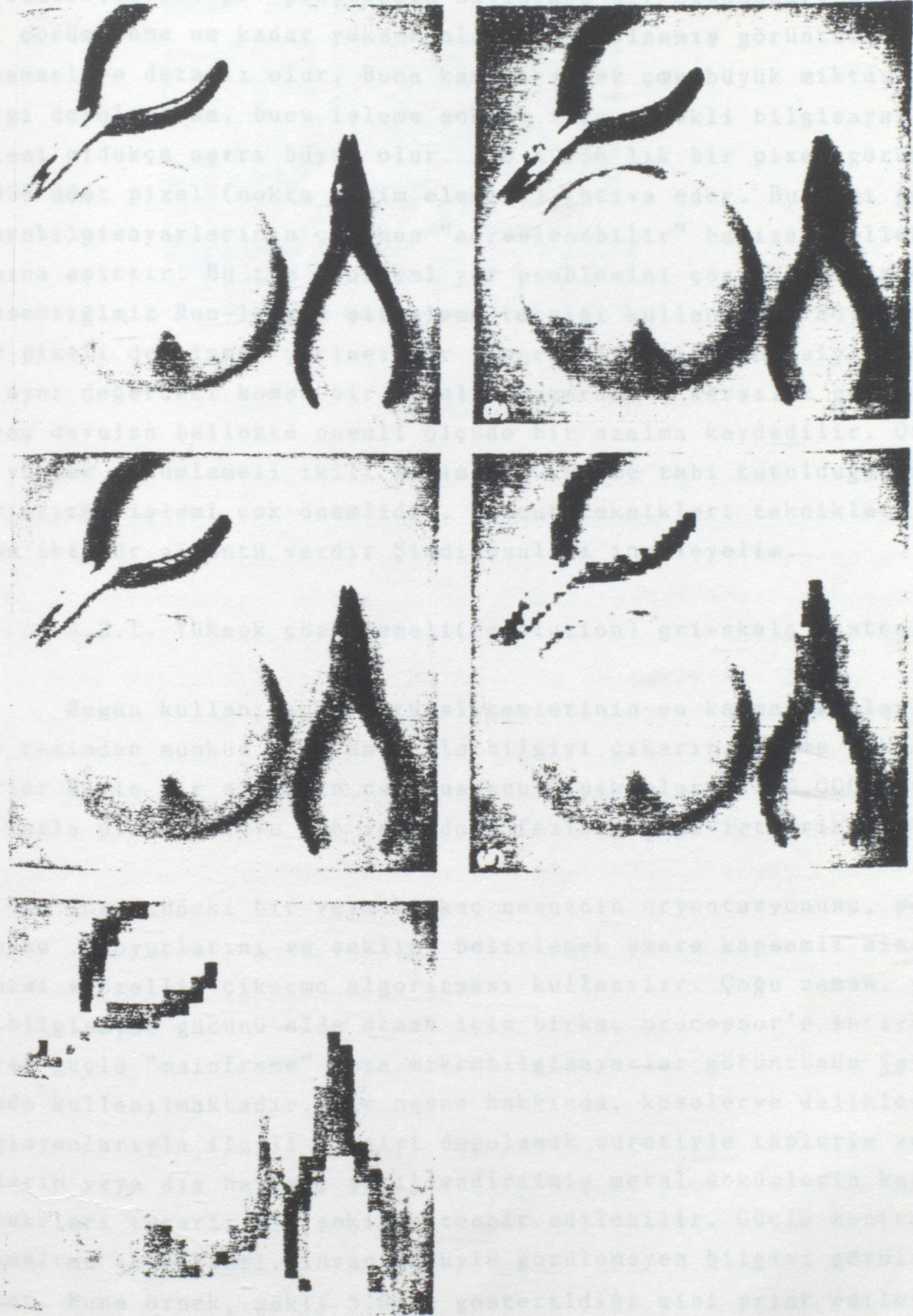
Siyah bölgeler negatif, beyaz bölgeler ise pozitif byte değerleri alır. 127'den küçük bölgeler 1 byte ile, 127'den geniş bölgeler 3 byte ile ifade edilir. Tamamı beyaz (veya siyah) noktalardan oluşan bir satır 3 byte ile ifade edilebilir. Nokta görüntü modunda ise bir satırın hafızada kapladığı yer 256 byte'dir. 2048/8). Görüntü-

nün yazıcı ve ekrana basılması sırasında, sıkıştırılmış görüntü bilgisi nokta görüntü formatına çevrilir.

Optik görüntü okuyucularda milimetrede 8 satırlık bir görüntü çözümlemesinin kullanılması halinde, bir A4 sayfa üzerindeki bilgi yaklaşık (210 mm. X8) 297 mm.X8 4 megabitlik bir yer işgal edecektir. Bu sebeple, resim verilerinin sıkıştırılması göz önüne alınması gereken önemli bir nokta olmaktadır. Sıkıştırma işlemi ardışık beyaz (veya siyah) bit uzunluklarını (RL = Run Length olarak adlandırılmaktadır.) Kısa bir kodla değiştirmekten ibarettir. Şekil 5-6 da tek boyutlu RL kodlama için Wyle Kod Tablosu kullanılarak yapılan sıkıştırma işleminin prensibi gösterilmiştir.



Şekil 5-6 Tek boyutlu RL (Run Length) kodlaması kullanarak resim bilgisinin sıkıştırılması.



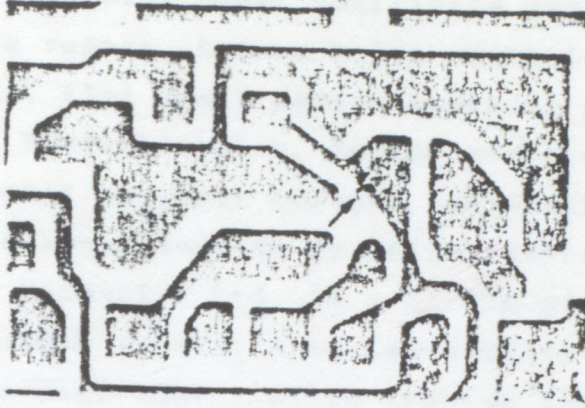
Şekil 5-7 Örneklemeye boyutlarının küçültülmesinin sonuçları:(a)

Şekil 5-7 de görüldüğü gibi bir sistemin çözümlenmesi, resmin sayısallaştırıldığı pixellerin sayısının bir ölçüsüdür. Dolayısıyla, çözümlenme ne kadar yüksek olursa, depolanmış görüntüde o kadar mükemmel ve detaylı olur. Buna karşın şayet çok büyük miktardaki bir bilgi depolanırsa, bunu işleme sokmak için gerekli bilgisayar kapasitesi oldukça aşırı büyük olur. 256 X 256 lık bir pixel görüntüsü 65536 adet pixel (nokta resim elemanı) ihtiva eder. Bu sayı günümüz mikrobilgisayarlarının çoğunun "adreslenebilir" hafıza (bellek) toplamına eşittir. Bu tip problemi yer problemini çözmek içinaz önce bahsettiğimiz Run-length şifreleme tekniği kullanılır. Böylelikle her pixeli depolamak yerine; her numara, değerin kendisiyle birlikte aynı değerdeki komşu bir pixelin numarasına karşılık gelir. İhtiyaç duyulan bellekte önemli ölçüde bir azalma kaydedilir. Özellikle yüksek çözümlenmeli ikili resimleri işleme tabi tutulduğunda bu sıkıştırma işlemi çok önemlidir. Mevcut teknikleri teknikleri temsil eden iki tür görüntü vardır Şimdi bunları inceleyelim.

### 5.3.1. Yüksek çözümlenmeli(resolution) gri-skala sistemleri:

Bugün kullanılan görüntü sistemlerinin en karmaşık alanları bir resimden mümkün olan en fazla bilgiyi çıkarıp, işleme sokmayı denirler Böyle bir sistemin rezolusyonu tipik olarak 100.000 veya daha fazla pixeldir. Ve 256 veya daha fazla gri-seviye tefrik edilir.

Görüntüdeki bir veya birkaç nesnenin oryantasyonunu, pozisyonunu , boyutlarını ve şeklini belirlemek üzere kapsamlı sinyal işleme v özellik çıkarma algoritması kullanılır. Çoğu zaman, yeterli bilgisayar gücünü elde etmek için birkaç processor'e ihtiyaç gösteren güçlü "mainframe" veya mikrobilgisayarlar görüntünün işlenmesinde kullanılmaktadır. Bir nesne hakkında, köşeler ve delikler gibi pozisyonlarıyla ilgili bilgiyi depolamak suretiyle tüplerin ve boruların veya dış hatları şekillendirilmiş metal dökümlerin karmaşık şebekeleri tutarlı bir şekilde tesbit edilebilir. Güçlü kontrast yükseltme teknikleri, insan gözüyle görülemeyen bilgiyi görülebilir kılar. Buna örnek, şekil 5.8'de gösterildiği gibi print edilmiş devre board kanalları üzerindeki saçvari yarıklarının tesbiti verilebilir.



Şekil 5-8. Hatalı bir baskı devre boardu.

Bu tip sistemleri robotlarla birlikte kullanarak bir takım işlemleri otomatik hale getirmek mümkün olmaktadır. Bu işlemlerde kullanılacak olan porçaların oriyantasyonu ve tipi programlayıcının kontrolü dışındadır. Burada robot gözünü, kendi vazifesinde yönlendirmek için kullanılır. Bununla birlikte, yüksek çözümleme sistemlerinin bile sınırları vardır. Üç boyutlu ve hareketli görme teknolojisi hala emekleme safhasındadır. ve değişken ışık durumlarını telafi etmek normalde mümkün değildir. Yukarıda bahsedilen yüksek seviyedeki performans genel olarak sadece tesbit edilmiş (sabit) bir kamera ve dikkatli bir şekilde kontrol edilen ışıklandırmanın mevcut olduğu çevre şartlarında elde edilebilmektedir. Yüksek çözümleme sistemlerinin avantajı, yüksek seviyeli bilgi edinme kapasitesidir. Fakat bu avantajlar, büyük hacim, yavaş çalışma ve yüksek fiyat gibi dezavantajlarla dengelenmektedir.

### 5.3.2. Alçak Rezolusyon ikili Sistemleri:

Robot uygulamasının bazı alanlarında, alternatif bir yaklaşım rağbet kazanmaktadır. Bu yaklaşım alçak (low) işleme masraflarını, fiyatı ve kompleksliği, çok küçük rezolusyon ikili görme sistemleri kullanmak suretiyle minimuma indirir. Bunlar tipik olarak sadece 1000 veya 2000 sayısal pixeli ve az sayıda özellik çıkarma fonksiyonu gerektirirler. Etkili bir robot kolunun hareket edebileceği hızla mukayese edilebilir hızda görsel bilgiyi işleme tabi tutabilir. Başka bir deyişle, doğrudan doğruya gerçek zaman (real-time) görsel geri besleme (visual feedback) "loop"ları (çerçeve, halka)

tesis edilebilir. Böylesi sistemlerin tanıma kabiliyetleri genellikle küçük bir kıstaslar kümesiyle sınırlandırılmıştır. Bunlar; alan, parametre, görüntüdeki deliklerin sayısı ve diğerlerini içerebilir. Herşeye rağmen, kamera kolun ucuna tutulabilecek kadar az yer kapladığı için, ilgi alanı sadece kamerayı nesneye daha yakın tutmak suretiyle büyütülebilir. Yerçekiminin merkez pozisyonu hesaplama, kolun hareket eden bir nesneyi takip etmesi için yeterince hızlı ve tam olan konuşlandırma ve oriyantasyon algoritmesi için bir temel sağlar. Unimation Ltd. 32 x 32 lik pixel kameralı bir PUMA robot kolu kullanmak suretiyle bu kabiliyeti sergilemiştir. Robot yüzey boyunca hareket eden plastik oyuncak inşaat briketini izlemiş ve yaklaşık dört saniyeden fazla bir süre için hareketsiz durduğunda briketi tutup kaldırmıştır.

Çok alçak rezolasyon (ÇAR) sistemleri, nesnenin tasvirinin önceden belirlendiği ve yüksek hızda çalışma önemli olduğu durumlarda çok kullanışlıdır. ÇAR sistemleri basit ve nisbeten ucuz olduğu durumlarda çok kullanılır. Yüksek rezolasyon eşlerinden daha az karmaşık oldukları halde, çoğunlukla aynı teknikleri kullanırlar.

#### 5-4. GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME

Bir görüntünün grilik seviyesi histogramı, görüntüsü hakkında global bir bilgi verebilir. Çeşitli metodlarla verilen bir görüntünün histogramını belli bir şekilde değiştirerek görüntü iyileşmesi sağlanabilir. iyileştirmenin tipi ve derecesi eldeki histograma bağlıdır.

Görüntü iyileştirme tekniklerinin kullanım amacı belirli bir uygulama için görüntüyü uygun hale getirmektir. Burada belirli kelimesi ile, her uygulama için değişik bir teknik uygulaması gerektiği vurgulanmaktadır.

Kullanılan yöntemler 2 kategoriye ayrılırlar; Frekans dönemi yöntemleri ve uzaysal domen yöntemleri. Frekans domeninde, görüntü işleme tekniklerini uygulama, görüntünün Fourier Transform'unu değiştirme temeline dayanmaktadır. Uzaysal domende görüntü işleme ise, görüntünün piksellerinin kontrolü ve değiştirilmesi ile olur.

Frekans domeni tekniklerinin temelinde konvolusyon teoremi yatmaktadır.  $g(x,y)$ ,  $f(x,y)$  ve  $h(x,y)$ 'nin konvolusyonu sonucu oluşur.

$$g(x,y) = h(x,y) \times f(x,y)$$

konvolusyon teoreminden bu ilişkinin frekans domeninde

$$G(u,v) = H(u,v) F(u,v)$$

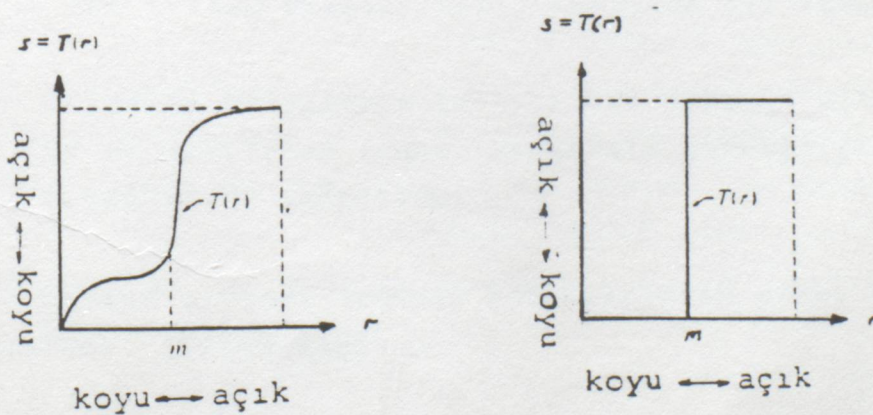
olduğunu biliyoruz.

Burada  $G, H, F, g, h$  ve  $f'$  nin Fourier transformlarıdır.  $H(u,v)$  "İşlemenin transfer (dönüşüm) fonksiyonu" adını alır. Böylece birçok iyileştirme ve resim sorunları ilk iki denklem ile açıklanabilir. yani burada  $f(x,y)$  verilen görüntüdür ve amaç  $F(u,v)$ 'nin hesaplanmasından sonra öyle bir  $H(u,v)$  saptamaktır ki;

$$g(x,y) = F^{-1} H(u,v) \cdot F(u,v)$$

şeklinde arzu edilen görüntü elde edilsin. Örneğin,  $F(u,v)$  nin yüksek frekans bileşenlerinin etkisi arttırılarak  $f(x,y)$ 'deki kenarlar vurgulanabilir.

Uzaysal domen tekniklerinin temelinde, iyileştirme türüne bağlı olarak seçilmiş grilik seviye haritaları yatmaktadır. Bu uygulamaya örnek olarak, görüntünün kontrastının iyileştirilmesi sorunu ele alındı.  $r$  orijinal resimdeki grilik seviyesi olsun.  $s$  de; iyileştirilmiş resimde  $s = T(r)$  şeklinde bir pixel oluşturulsun.



Şekil 5.9 Kontrast iyileştirmesi için grilik seviyesi dönüşüm fonksiyonları

$T(r)$ , Şekil 5.9'de gösterildiği gibi olursa, bu tür dönüşüm  $m$  değerinin altındaki seviyeleri daha koyulaştırarak ve  $m$ 'in üstündekileri daha açarak orijinalinden daha çok kontrasta sahip bir görüntü oluşturacaktır. " Contrast stretching" adı verilen bu teknikte  $m$  değerinin altındaki  $r$  seviyeleri dönüşüm fonksiyonu ile,  $s$ 'de  $m$  değerinin altındakiler spektrumun en koyu ucuna doğru dar bir alana sıkıştırılırlar. Sonuçta Şekil 1.b'de görüldüğü gibi  $T(r)$ , 2 seviyeli (binary) bir görüntü oluşturur. daha sonra açıklanacağı gibi, uzaysal domende daha kolay fakat daha etkili yaklaşımlar formüle edilebilir.

Gerçekte görüntü iyileştirmenin genel bir teorisi yoktur ve ölçütü, görüntüyü işlerken hangi metodun daha etkili olduğunu belirleyen bir görsel yorumlamaya dayanır. Görüntünün kalitesine karar vermek tamamen subjektif bir işlemdir. Böylece, "iyi görüntü" çeşitli algoritmaların performanslarının karşılaştırılması ile oluşturulur.

2- Elektrik denetli elemanı, yukarıdan aşağıya doğru esatır sa-  
rır taranmalıdır.

3- Tarama işlemi (vidicon) kamere yüzündeki tarayıcı ile senkron olarak yapılmalıdır.

Tarama konusunda daha önce olduğu gibi açıklanmalar yapılmış  
ki işte burada bahsedilecektir.

### 5.1. Karakterleri Ekranı Çıkarmak İçin Gerekli Hardware Ve Açıklamaları

Bir VDU (Video Display Unit) biriminde iki temel eleman vardır.

1- İçindeki bilgilerin belirli bir düzeyde bir seriye çıkarılması için, CRT ya da benzeri video karakterleri ürettiği karakter jeneratörü (CHARACTER GENERATOR)

2- Ekranı çıkması istenen karakterlerin ASCII kodlarının saklandığı hafıza. (VIDEO RAM)

#### 5.1.1 KARAKTER JENARATORU

## 6. KAREKTERLERİN EKRA NA ÇIKARTILMASI VE GRAFİK GÖRÜNTÜ ELDE EDİLMESİ

Kamera ünitesinden alınan görüntünün elektriksel işaretleri monitör ünitesinde yeniden resme çevrilir. Bilgisayar sistemlerinin çıkış elemanlarından olan görüntü birimleri (Video Display Unit), text veya grafik formdaki bilgileri CRT (Cathode Ray Tube)'e çıkarmak için kullanılırlar. Bilindiği gibi kameranın vidicon tübü, aşağı yukarı TV'deki CRT'nin taranmasına benzer şekilde çalışır.

Resmi ekranda elde edebilmek için yapılması gereken işlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- 1- Beneğin parlaklığı kameradan gelen video işaret ile modüle edilmelidir.
- 2- Elatron demeti elemanı, yukarıdan aşağıya doğru satır satır taranmalıdır.
- 3- Tarama işlemi (Vidicon) kamera tübündeki tarama ile senkron olarak yapılmalıdır.

Tarama konusunda daha önce oldukça geniş açıklamalar yapıldığı için burada bahsedilmeyecektir.

### 6.1. Karakterleri Ekra na Çıkarmak İçin Gerekli Hardware Ve Açıklamaları

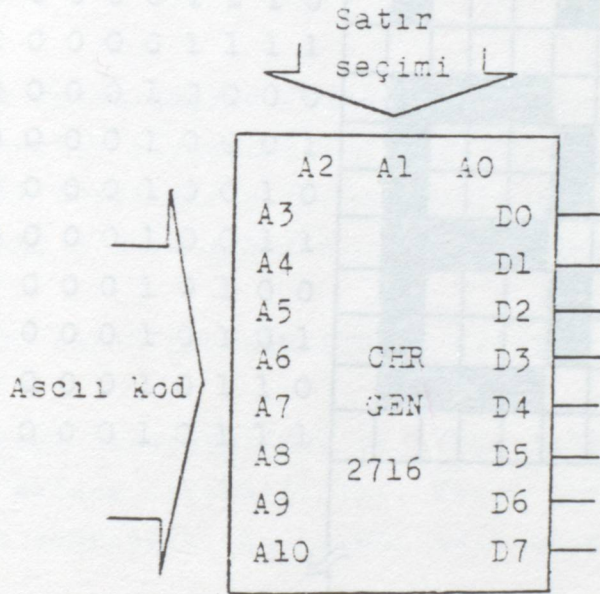
Bir VDU (Video Display Unit) kartında iki temel eleman vardır.

1- İçindeki bilgilerin belirli bir düzenle dışarıya çıkarılmasıyla, CRT ye verilecek video işaretinin üretildiği karakter Jenaratörü. ((CHARAKTER GENERATOR))

2- Ekra na çıkması istenen karakterlerin ascıı kodlarınının yazıldığı hafıza. (VIDEO RAM)..

#### 6.1.1 KARAKTER JENARATÖRÜ

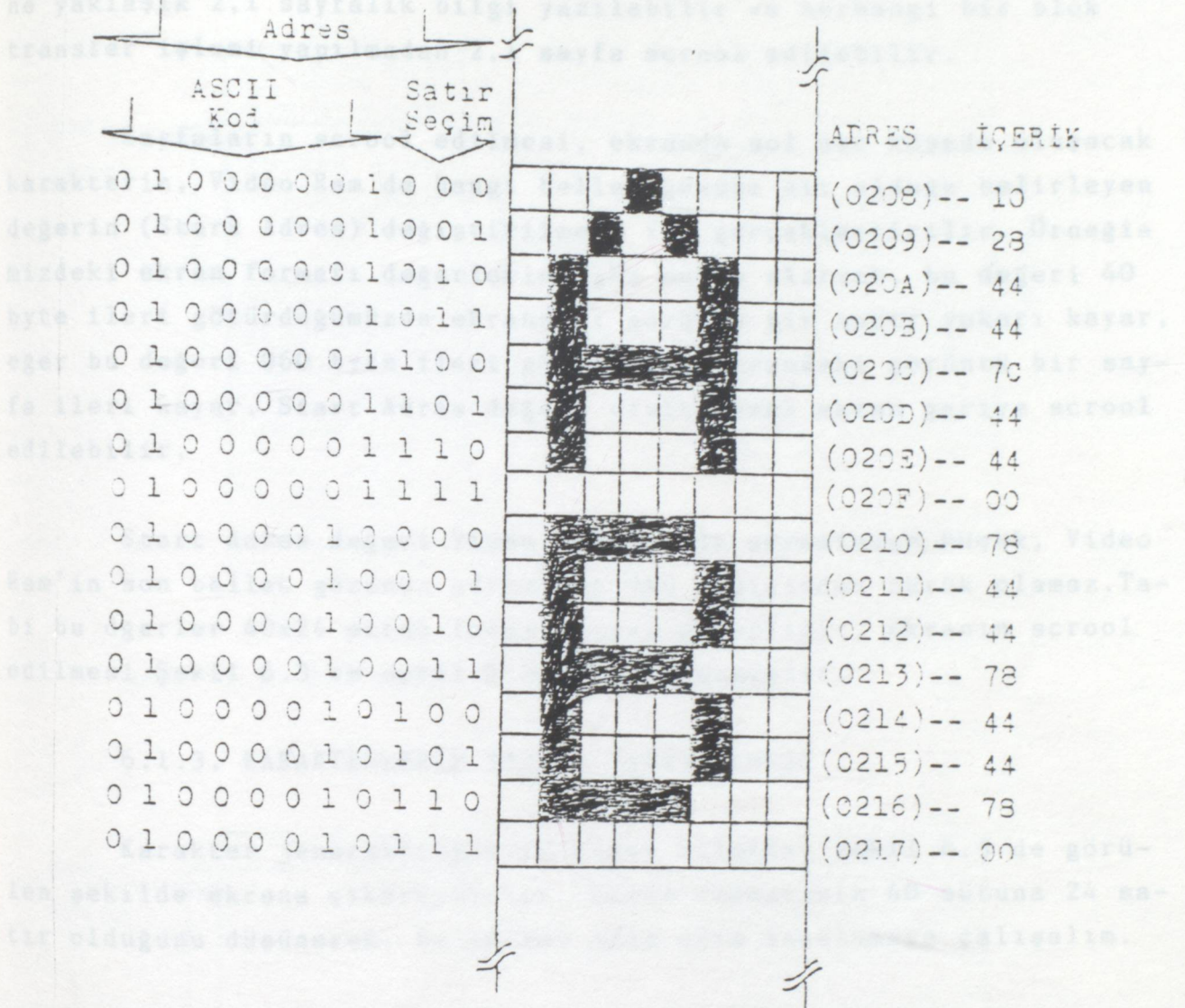
Karakter Jenaratörü,içinde, karakterlerin ekranda hangi form-  
da oluşacağını belirleyen bilgileri içeren bir ROM dan başka bir  
şey değildir. Adres girişlerine bir karakterin ASCII kodu ve isteni-  
len bu karakterin kaçınıcı satırı olduğunu belirleyen bilgi verildi-  
ğinde, data bus'ında karakterin istenilen satırına ait bilgi okunur.  
Pek çok değişik şekilde karakter jenaratörü oluşturulabilir, aşağıda,  
gerçekleştirilen devredeki karakter jenaratörünün nasıl düzenlendiği  
verilmiştir.



Şekil 6.1

Her karakter, karakter jenaratöründe 8 byte yer tutar ASCII  
tabloda ekrana basılmayan karakterler dahil 128 karakter olduğu i-  
çin,karakter jenaratörünün 128x8= 1024 byte'ı ASCII karakterler i-  
çin ayrılır. Ekrana grafik karakterlerde çıkartabilmek için 2 KByte  
lık karakter jenaratörü kullanılmış, ikinci 1024 byt, grafik karak-  
terleri tanımlamak için kullanılmıştır.

şaglar. Örneğin 2KByte lık Video Ram belleğinden, bu belleğin içi-  
ne yaklaşık 2.1 sayfalık bilgi yazılabılır ve herhangi bir blok  
transferi için 2.1 sayfa yeterli olacaktır.



Şekil 6.2. Karakter Jenaratörünün düzenlenmesi

### 6.1.2. VIDEO RAM

Video ram, ekrana çıkacak karakterlerin belirlendiği bellek bölgesidir. Buraya yazılan Ascıı kodlara karşılık gelen karakterler ekranda belirirler. Bu belleğin büyüklüğünün alt sınırı ekran formatına bağlıdır. Örneğin 40 sütüne 24 satırlık bir ekran formatı ile çalışılmak isteniyorsa Video Ram en az 960 byte olmalıdır (40X24=960). Bu 960 byt lık belleğin her bir bellek gözü ekranda bir karakter ile temsil edilir. Bu belleğin bir ekran sayfalık bilginin saklanabileceği değerden büyük olması, scrool işleminde bazı kolaylıklar

sağlar. Örneğin 2KByte lık Video Ram kullanılırsa, bu belleğin içine yaklaşık 2,1 sayfalık bilgi yazılabilir ve herhangi bir blok transfer işlemi yapılmadan 2,1 sayfa scrool edilebilir.

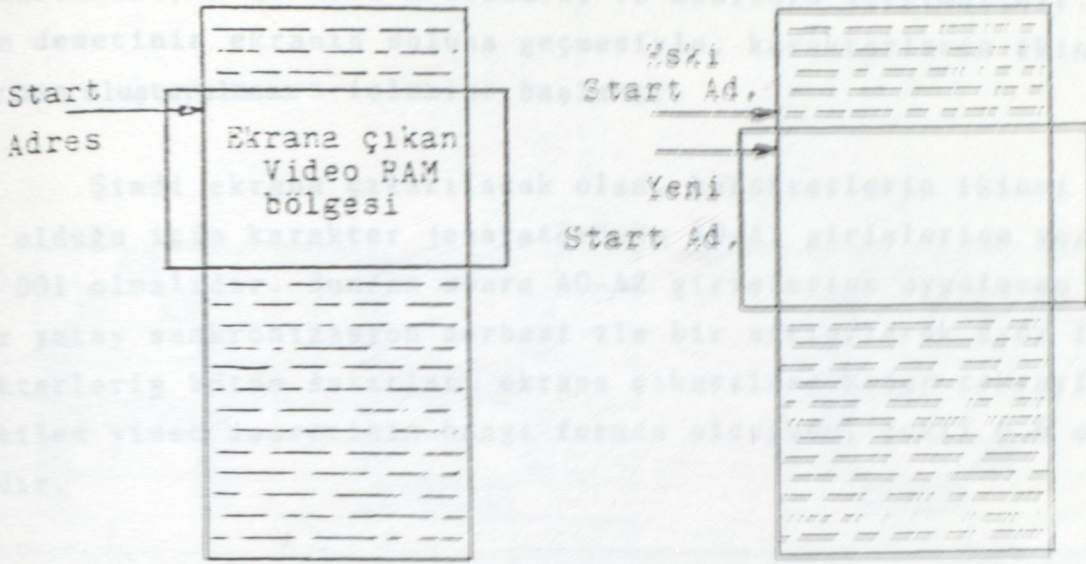
Sayfaların scrool edilmesi, ekranda sol üst köşede oluşacak karakterin, Video Ram de hangi bellek gözüne ait olduğu belirleyen değerin (Start Adres) değiştirilmesi ile gerçekleştirilir. Örneğimizdeki ekran formatı değerlerini göz önüne alırsak, bu değeri 40 byte ileri götürdüğümüzde ekrandaki görüntü bir satır yukarı kayar, eğer bu değeri 960 byte ileri götürürsek ekrandaki görüntü bir sayfa ileri kayar. Start Adres değeri ufaltılarak ekran geriye scrool edilebilir.

Start Adres değeri Video Ram'in ilk adresinden küçük, Video Ram'in son bellek gözünün adresinin 960 eksiginden büyük olamaz. Tabi bu dğerler 40x24 ekran formatı için geçerlidir. Ekranın scrool edilmesi Şekil 6.3 ve şekil 6.4 de açıklanmıştır.

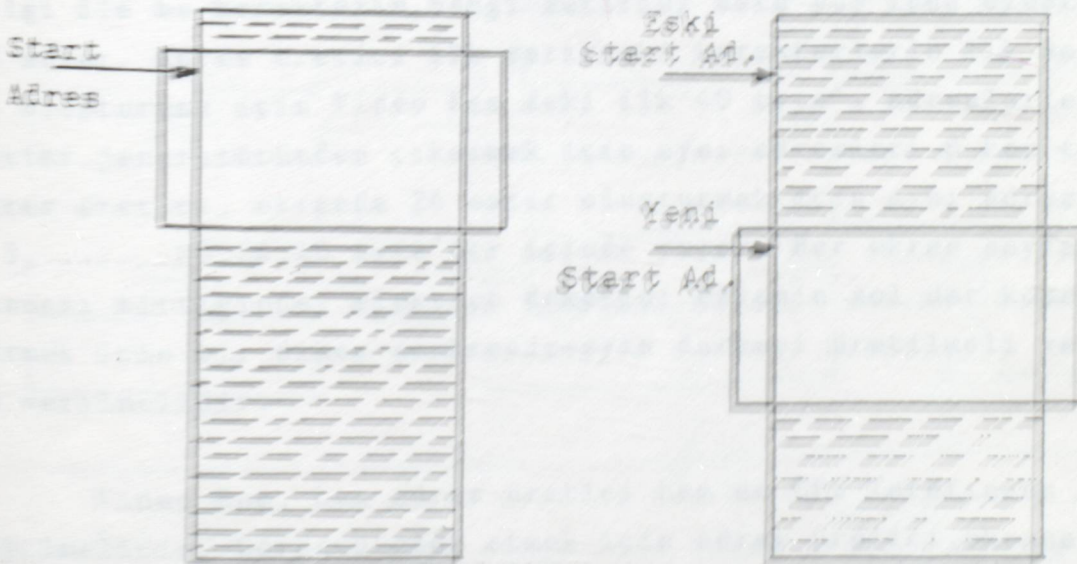
### 6.1.3. KARAKTERLERİN EKRANA ÇIKARTILMASI

Karakter jenaratörünün içindeki bilgiler şekil 6.5 de görülen şekilde ekrana çıkartılırlar. Ekran formatınının 40 sütuna 24 satır olduğunu düşünerek, bu işlemi adım adım incelemeye çalışalım.

Elektron demeti ekranın sol üst köşesine ulaştığında, Karakter jenaratörü A harfinin ilk satırını data bus'ına çıkarmak zorundadır. Bunu yapabilmesi için A3 - A10 girişlerine 41 Hex A0-A2 girişlerine ise 000 uygulanmalıdır. Karakter jenaratörünün data bus'ında beliren A harfinin ilk satırı, bir shift register vasıtasıyla seri hale dönüştürülür ve video işaret olarak monitora verilir. A harfinin ilk satırınının taranması bittikten sonra, 2.karakter olan B harfinin ilk satırı karakter jenaratöründen okunmalıdır. Bunun için karakter jenaratörünün A3-A10 girişlerine 42 Hex uygulanır. A0-A2 girişlerine uygulanan bilgi, ekrana çıkarılan satırlar, karakterlerin ilk satırları olduğundan 000 olarak kalır. Karakter jenaratörünün data bus'ında bilgi alınıp, seri hale dönüştürülür ve monitora verilir. 3,4,... ,39,40. karakterlerin ilk satırlarının ekrana çıkarılması içinde aynı işlemler yapılarak, karakterlerin ilk satırlarının ekrana çıkarılması işlemi tamalanır. İlk satırların taranması bittik-



Şekil 6.3. Bir satırın Scrool edilmesi



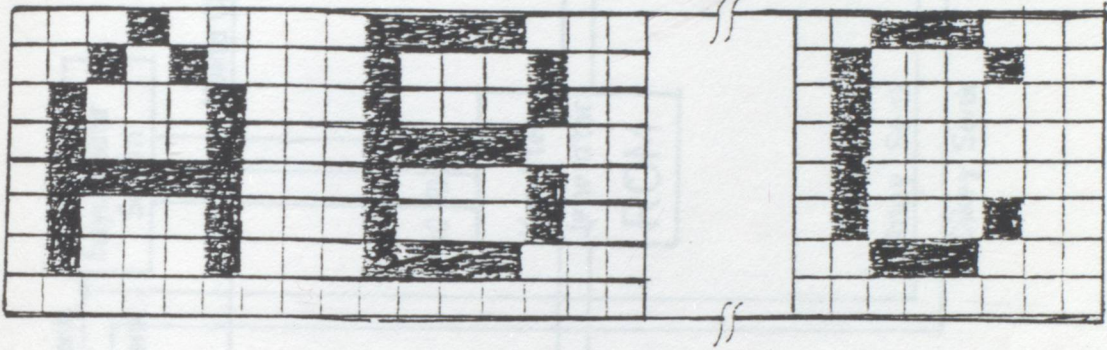
Şekil 6.4 Bir sayfanın Scrool edilmesi

ten sonra, elektron demetini ekranın soluna getirmek için bir yatay senkronizasyon darbesi üretilmeli ve monitora verilmelidir. Elektron demetinin ekranın soluna geçmesiyle, karakterlerin ikinci satırlarının oluşturulması işlemine başlanır.

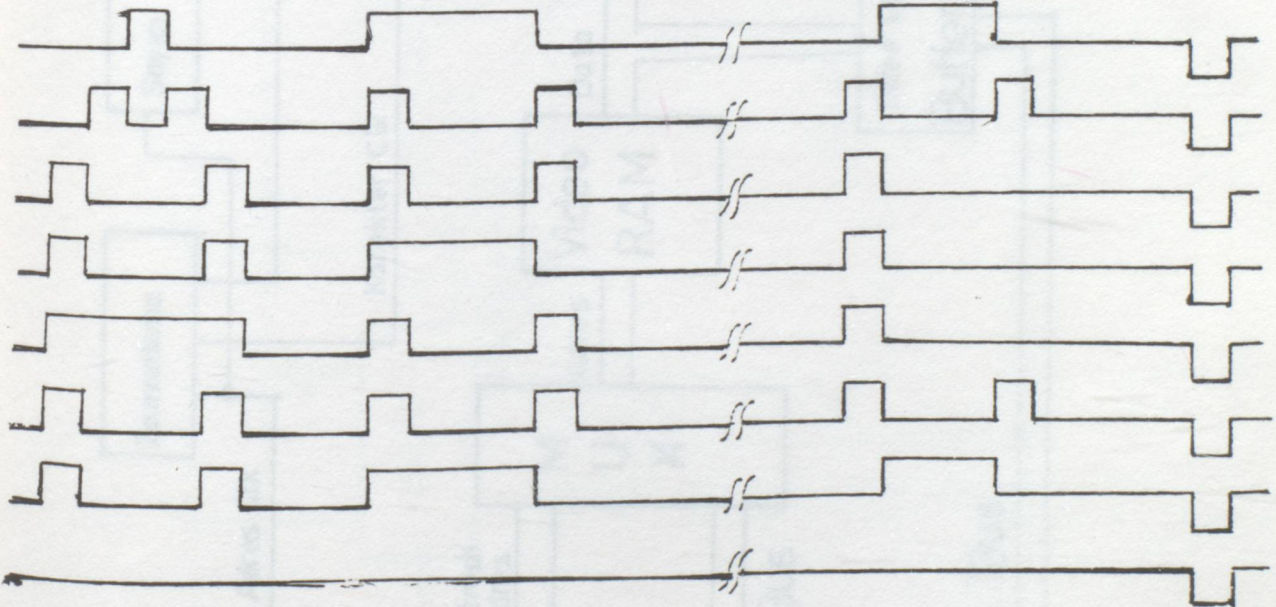
Şimdi ekrana çıkarılacak olan, karakterlerin ikinci satırları olduğu için karakter jeneratörünün A0-A2 girişlerine verilen bilgi 001 olmalıdır. Bundan sonra A0-A2 girişlerine uygulanan bilgi her yatay senkronizasyon darbesi ile bir attırılarak aynı işlem, karakterlerin bütün satırları ekrana çıkarılana kadar tekrarlanır. Üretilen video işaretinin hangi formda olduğunu, Şekil 6.6 açıklamaktadır.

Karakter jeneratörünün A3-A10 girişlerine verilen Ascii kodlar Video Ram den elde edilir. Video Ram den bilgilerin okunabilmesi için adres girişlerine uygun bilgilerin verilmesi gereklidir. Bu işi bir sayıcı yapar. Sayıcı çıkışlarında ki değere bağlı olarak Video Ram de bir bellek adreslenir ve belleğin içerdiği karakter jeneratörünün A3-A10 girişlerine uygulanır. Karakter jeneratörü bu bilgi ile bu karakterin, hangi satırını data bus'ında oluşturacağını anlar. Adres üretici ilk satırdaki karakterlerin ilk satırlarını oluşturmak için Video Ram deki ilk 40 byte'ı adreslerler. Bu karakter jeneratöründen çıkarmak için aynı adresleri 8 kez tekrarlar. Adres üretici, ekranda 24 satır oluşturmak için aynı adreslemeler, 2,3, ....., 23,24,40 byte'ler içinde yapar. Her ekran sayfasının taranması bittiğinde, elektron demetini ekranın sol üst köşesine göndermek için bir dikey senkronizasyon darbesi üretilmeli ve monitora verilmelidir.

Video Ram, hem adres üretici hem de CPU Tarafından adreslenebilmelidir. Görüntü elde etmek için adres üretici, ekrana çıkacak bilgileri yerleştirmek için CPU Video Ram'e erişebilmelidir. Bunun için video Ram'ini adres girişleri, adres üretici çıkışları ile CPU'nun adres bus'ı arasında ortaklaşa kullanılırlar. Karakter jeneratöründen elde edilen bilgilerin seri hale dönüştürüldüğü shift registere uygulanan clock darbeleri (Dot Clk), adres üreticiye verilen clock darbelerinin frekansının 8 katı olmalıdır.



Şekil 6.5



1.kar

2.kar

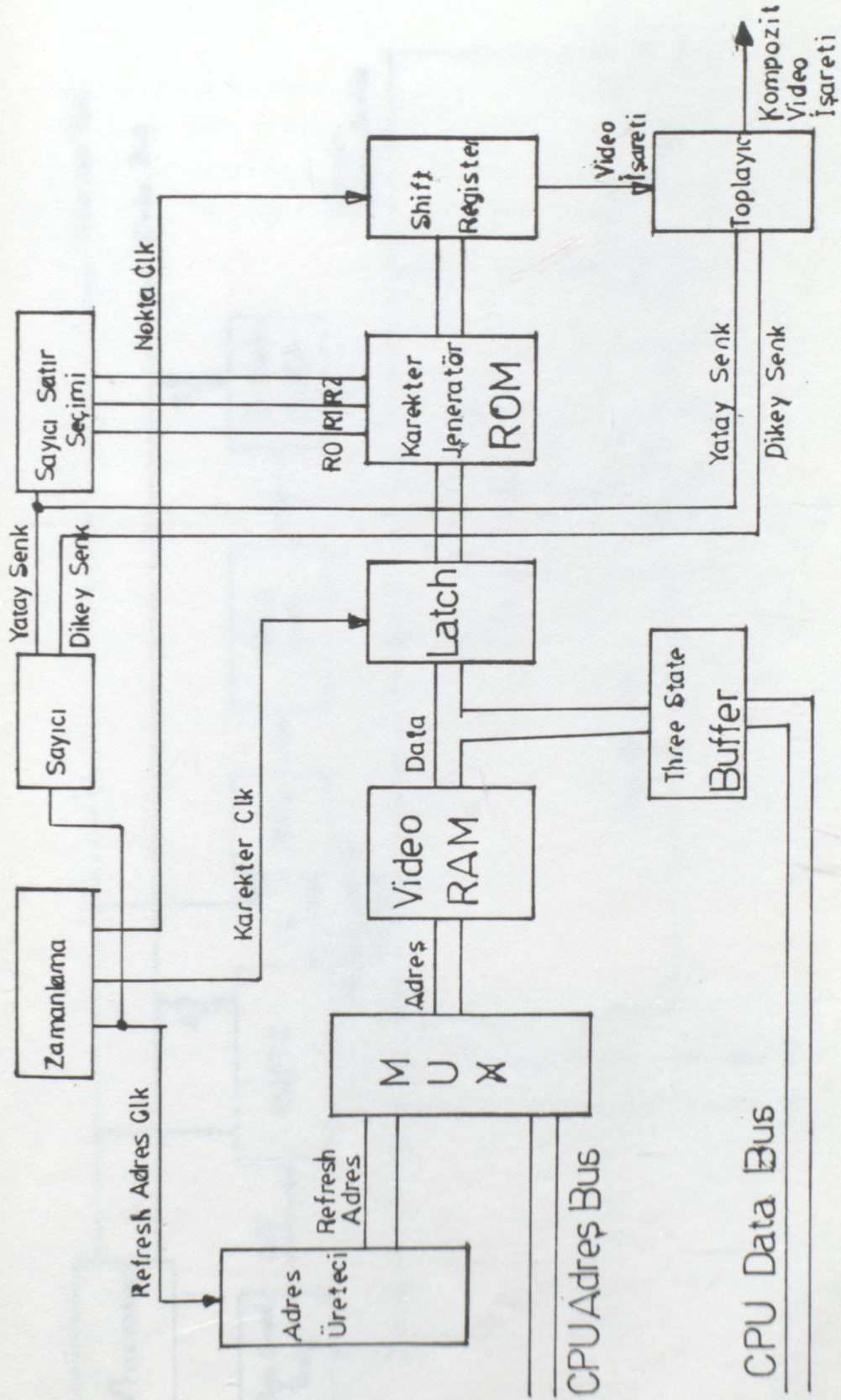
40.kar

Yatay  
senk.

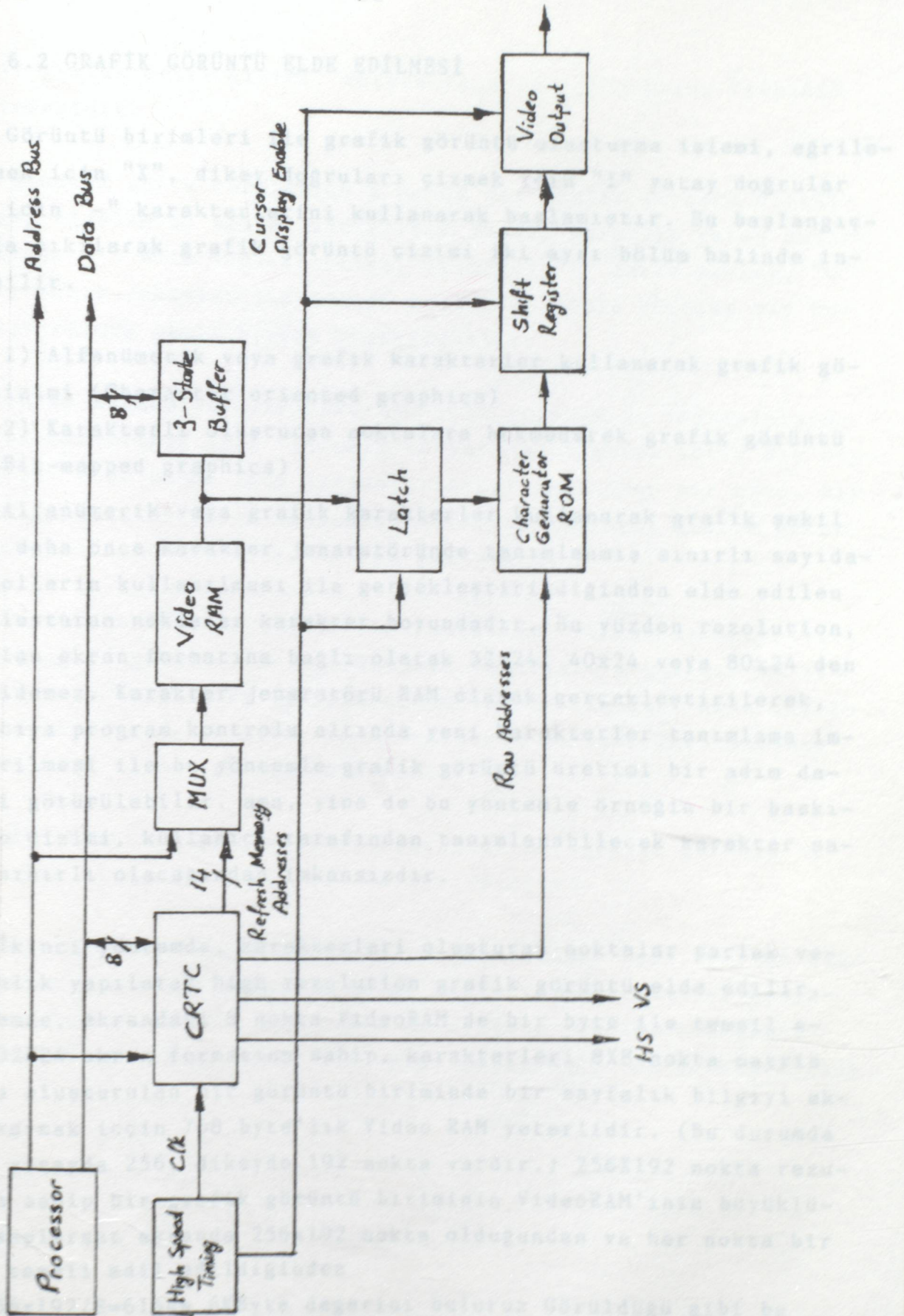
Şekil 6.6.

Devrenin blok diyagramı Şekil 6.7 de verilmiştir.

Motorla 6845 CRTC (Cathode Ray Tube Controller) entegre devresi ürettiği 14 bitlik Refresh Adres, 5 bitlik satır çeçimi, Cursor DE, Hs, VS, işaretleri ile VDU yapımını oldukça kolaylaştırır. 6845 uygulama devresi 6.8 de verilmiştir.



Şekil 6-7



Şekil 6-8.

## 6.2 GRAFİK GÖRÜNTÜ ELDE EDİLMESİ

Görüntü birimleri ile grafik görüntü oluşturma işlemi, eğrileri çizmek için "X", dikey doğruları çizmek için "I" yatay doğrular çizmek için "-" karakterlerini kullanarak başlamıştır. Bu başlangıçtan yola çıkılarak grafik görüntü çizimi iki ayrı bölüm halinde incelenebilir.

1) Alfanümerik veya grafik karakterler kullanarak grafik görüntü çizimi (Character oriented graphics)

2) Karakterli oluşturan noktalara hükmederek grafik görüntü çizimi (Bit-mapped graphics)

Alfanümerik veya grafik karakterler kullanarak grafik şekil çizimi, daha önce karakter jeneratoründe tanımlanmış sınırlı sayıda ki sembollerin kullanılması ile gerçekleştirildiğinden elde edilen şekli oluşturan noktalar karakter boyundadır. Bu yüzden resolution, kullanılan ekran formatına bağlı olarak 32x24, 40x24 veya 80x24 den öteye gidemez. Karakter jeneratorü RAM olarak gerçekleştirilerek, kullanıcıya program kontrolü altında yeni karakterler tanımlama imkanı verilmesi ile bu yöntemle grafik görüntü üretimi bir adım daha ileri götürülebilir. ama, yine de bu yöntemle örneğin bir baskılı devre çizimi, kullanıcı tarafından tanımlanabilecek karakter sayısında sınırlı olacağından imkansızdır.

İkinci yöntemde, karakterleri oluşturan noktalar parlak veya karanlık yapılarak high resolution grafik görüntü elde edilir. Bu yöntemde, ekrandaki 8 nokta VideoRAM de bir byte ile temsil edilir. 32X24 ekran formatına sahip, karakterleri 8X8 nokta matris formunda oluşturulan bir görüntü biriminde bir sayfalık bilgiyi ekrana çıkarmak için 768 byte'lık Video RAM yeterlidir. (Bu durumda ekranda yatayda 256, dikeyde 192 nokta vardır.) 256X192 nokta resolution a sahip bir grafik görüntü biriminin VideoRAM'inin büyüklüğünü hesaplasat ekranda 256x192 nokta olduğundan ve her nokta bir bit ile temsil edil edildiğinden

$256 \times 192 / 8 = 6144 = 6 \text{KByte}$  değerini buluruz Görüldüğü gibi bu yöntem diğerinden avantajı daha ii grafik şekil çizimi, dezavantajı

daha iyi grafik şekil çizimi, dezavantajı ise daha büyük VideoRAM gerektirmesidir.

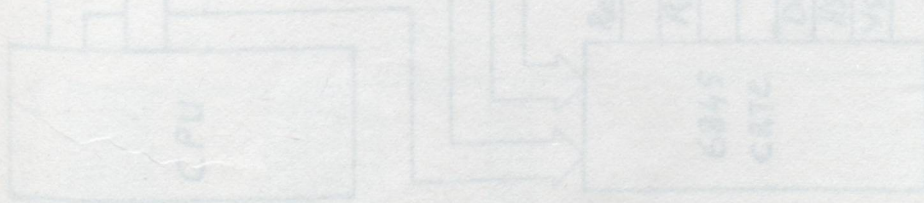
256x192 nokta resolution a sahip bir grafik görüntü birimi- de ekran, VideoRAM'ın bellek gözlerinin 32 şer byte'lık yatay satır- lar halinde alt alta yerleştirilip, içindeki "1" lerin parlak, "0" ların karanlık noktalar ile temsil edilerek, gözle görülür bir ha- le dönüştürülmüş şekli olarak düşünülebilir.

Gerek ekrana karakter çıkarmak için gerekse bu yöntemle gra- fik şekil çizebilmek için VideoRAM'ın taranması gereklidir. Bir say- falık bilgi elde etmek için ekrana karakter çıkarırken bir byte, bir karakteri oluşturan satır sayısı kadar adreslenirken, grafik görün- tü oluşturmak için bir byte bir kez adreslenir.

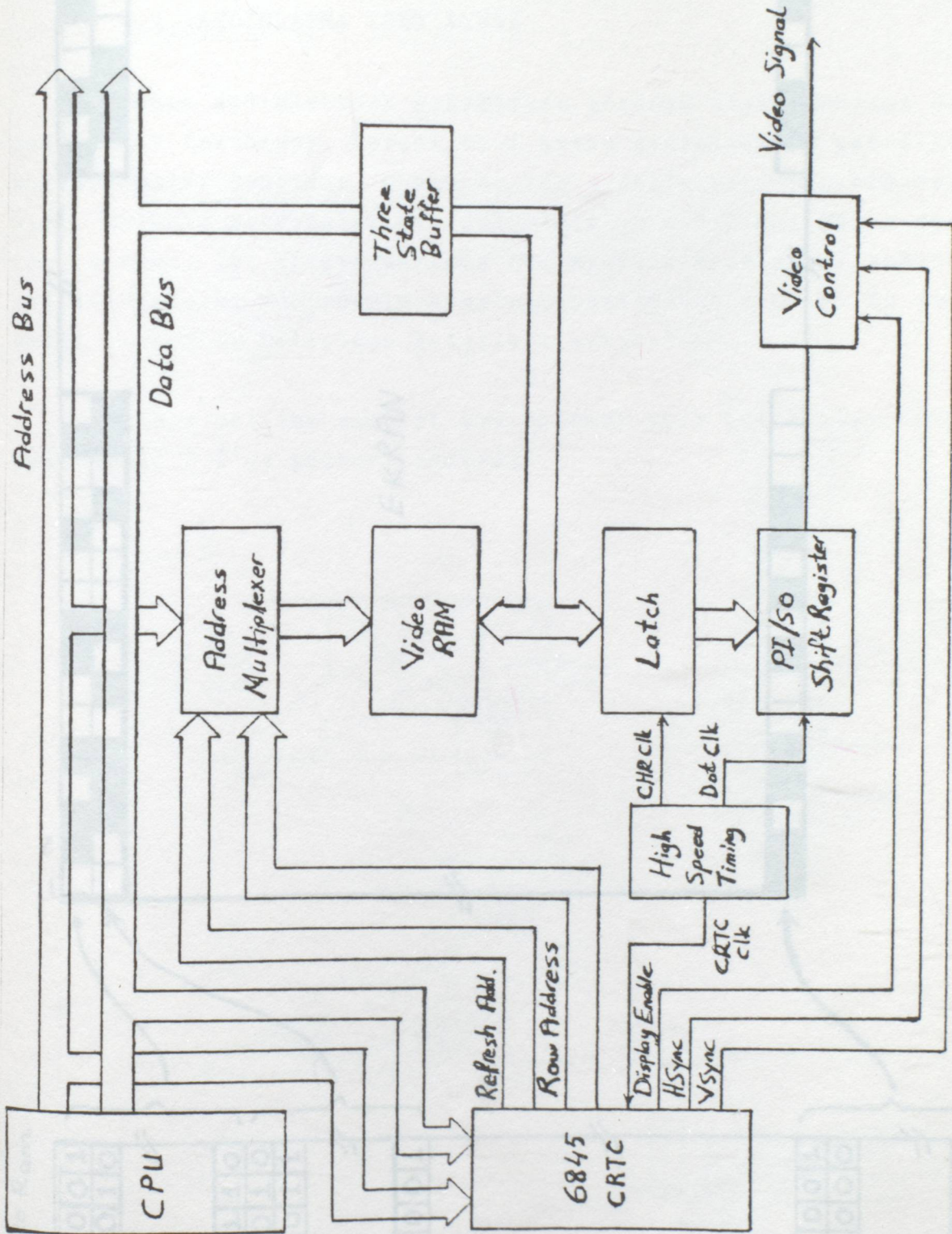
Adresleme sonunda elde edilen bilgiler, ekrana karakter çı- karırken yapıldığı gibi bir PI/SO shift reğistere'e yazılır ve vi- deo işaretinin frekansını belirleyen darbeleer ile seri hale çevri- lir Bu işarete yatay ve dikey senkronizasyon darbelerinin eklenme- siyle kompozit video işareti elde edilir.

6845 CTRC ile gerçekleştirilebilecek bir grafik görüntü bi- riminin blok diyagramı Şekil 6.9 da verilmiştir.

Bu yöntemle ekranda grafik şekil çizebilmek için, parlak çık- ması istenen noktalara karşılık gelen bitleri içeren bellek gözle- rine "1" gelecek şekilde, sayıların hesaplanıp yazılması gerekli- dir. VideoRAM'ın ekrana nasıl yansıdığı Şekil 6.10. da açıklanmıştır.



Şekil 6.9

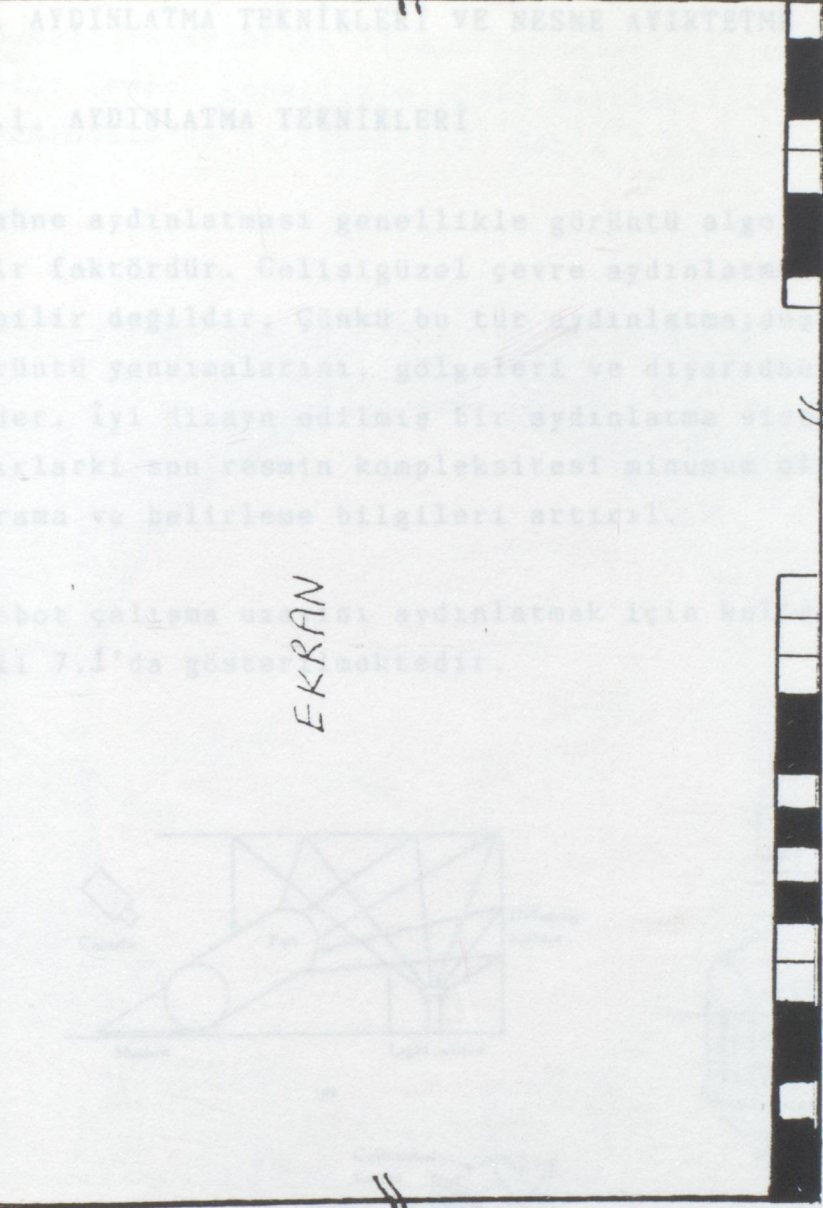


Şekil 6.9

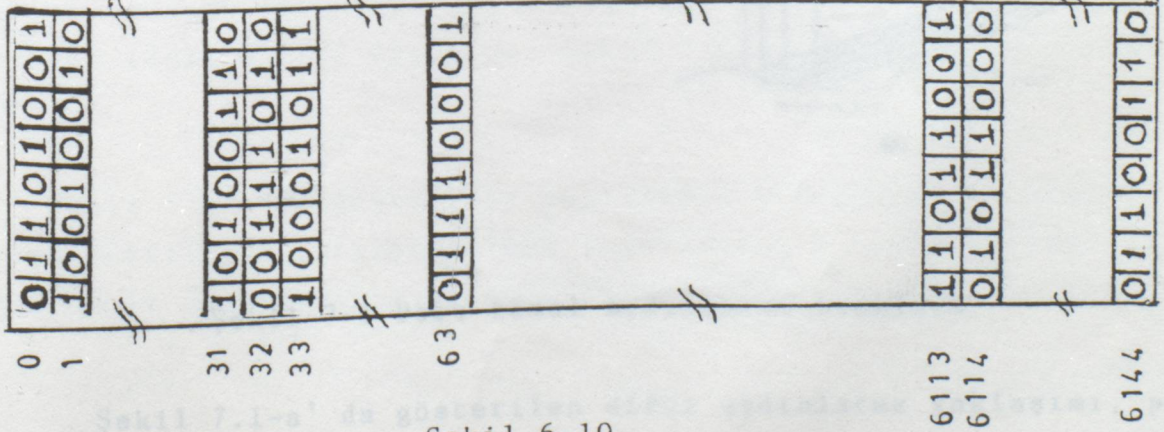
256

1. Satır  
2. Satır

192. Satır



Video Ram.

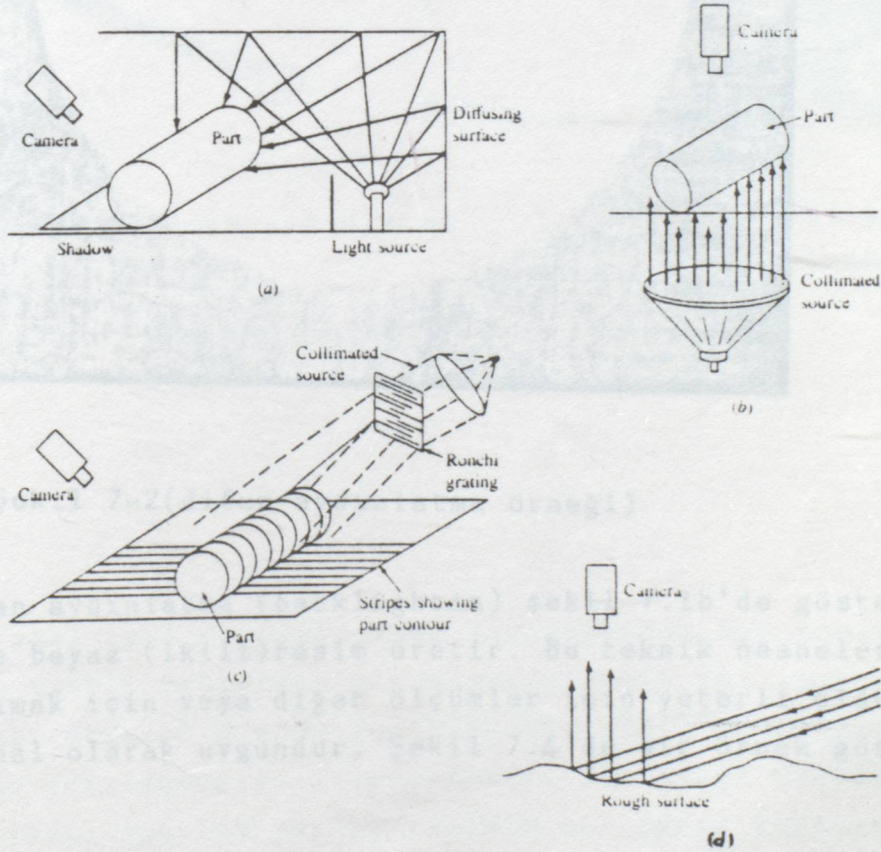


## 7. AYDINLATMA TEKNİKLERİ VE NESNE AYIRTETME

### 7.1. AYDINLATMA TEKNİKLERİ

Sahne aydınlatması genellikle görüntü algoritmasını etkileyen önemli bir faktördür. Gelişigüzel çevre aydınlatması genellikle kabuledilebilir değildir. Çünkü bu tür aydınlatma; düşük-kontrast resmini, görüntü yansımalarını, gölgeleri ve dışarıdan gelen detayları ihtiva eder. İyi dizayn edilmiş bir aydınlatma sistemi sahneyi öyle aydınlatırlarki son resmin kompleksitesi minimum olur. Bu esnada nesne tarama ve belirleme bilgileri artırılır.

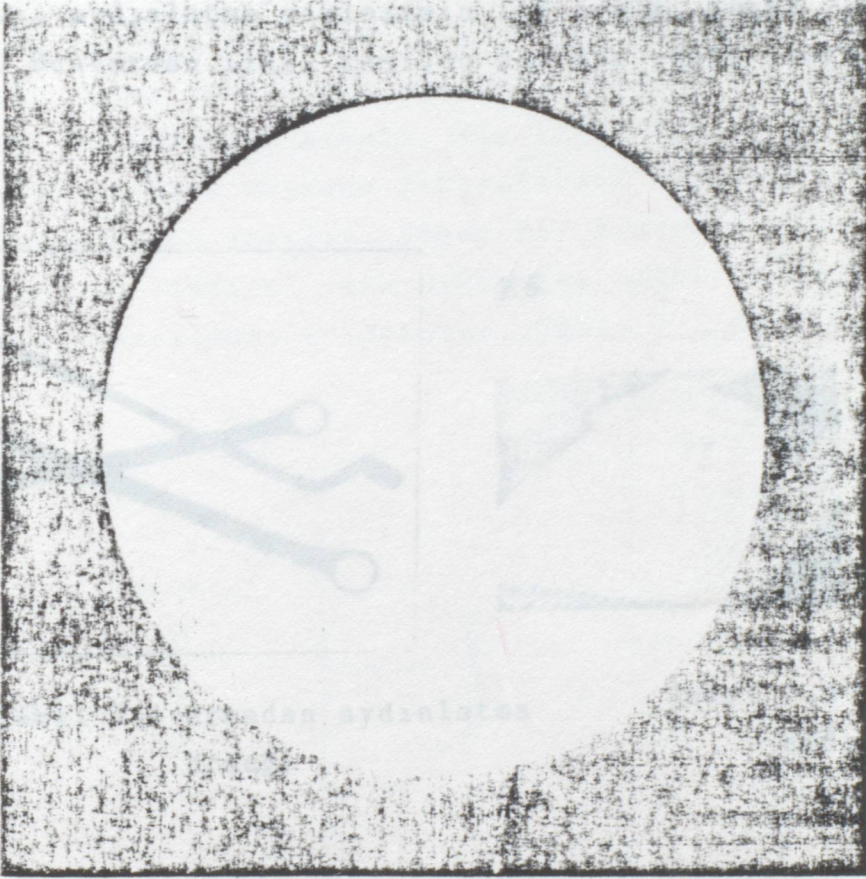
Robot çalışma uzayını aydınlatmak için kullanılan dört ana şema şekil 7.1'da gösterilmektedir.



Şekil 7-1 Dört temel aydınlatma şemaları

Şekil 7.1-a' da gösterilen difüz aydınlatma yaklaşımı, pürüz-

süz ve düzenli yüzeylerden oluşan nesnelere için çalıştırılabilir. Bu aydınlatma şeması genellikle yüzey karakteristiklerinin önemli olduğu uygulamalarda çalıştırılır. Şekil 7.2 di bir örnek gösterilmiştir.

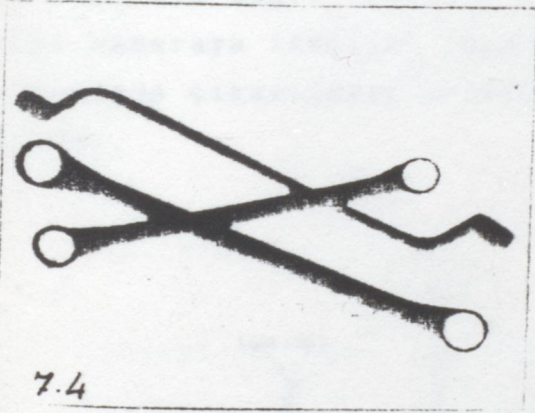


Şekil 7-2(difuz-aydınlatma örneği)

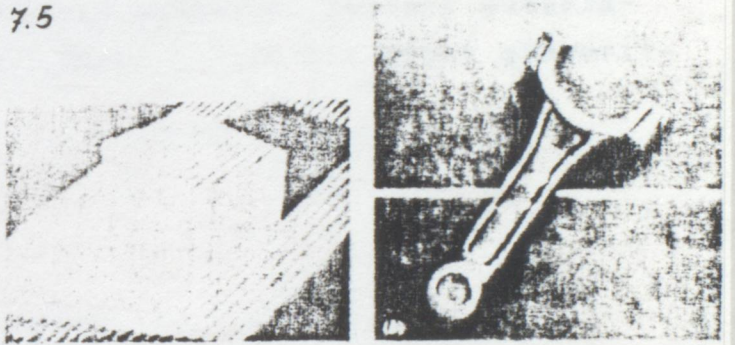
Arkadan aydınlatma (backlightin) şekil 7.1b'de gösterildiği gibi siyah ve beyaz (ikili)resim üretir. Bu teknik nesnelere silüetlerini tanımak için veya diğer ölçümler için yeterli olduğu uygulamalarda ideal olarak uygundur. Şekil 7.4'de bir örnek gösterilmiştir.

Şekil 7.1-c'de gösterilen yapılanmış aydınlatma yaklaşımı; noktaların şeritlerin (stripes) veya ızgaraların ((rids) çalışma yüzeyi üzerine iz düşümleriyle oluşur. Bu aydınlatma tekniğinin iki önem-

li avantajı vardır. Birincisi çalışma boşluğunda bilinen bir ışık demeti oluşturur ve bu demetin (ışık yolunun) engellenmesi bir nesnenin varlığını ispatlar. Böylece nesne belirleme problemi kolaylaşır ikincisi, içinde ışık demetinin bozulduğu yolumu analiz ederek, nesne karakteristikleriyle üç boyutlu görüntü elde etmek mümkündür. Yapılanmış, aydınlatma yaklaşımının iki örneği Şekil 7-5 de gösterilmektedir. Bunlardan ilki, kesişen düz bir yüzey üzerinde ışık şerit



Şekil 7-4 Arkadan aydınlatma örneği

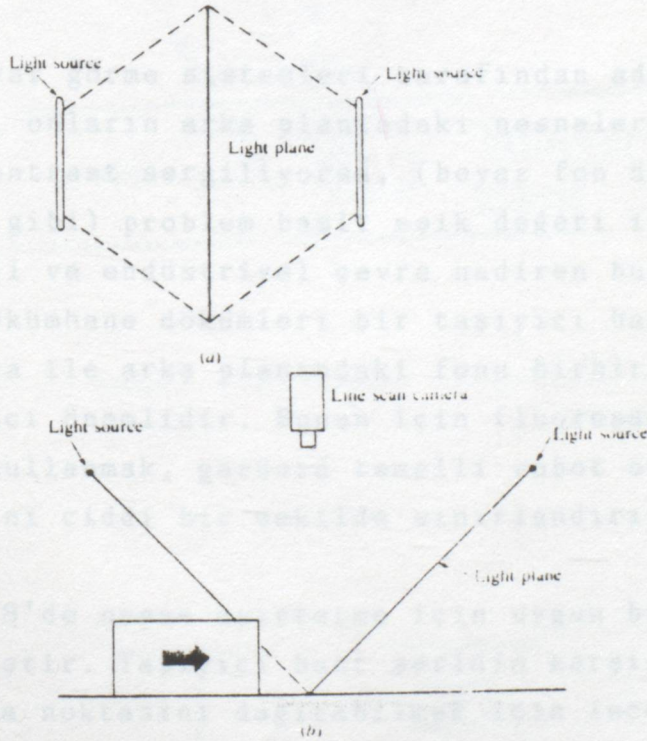


Şekil 7-5 İki yapılanmış aydınlatma örneği

leri olan paralel ışık düzlemleriyle aydınlatılan bir bloğu gösterir. İkinci örnek; farklı yönlerden projelendirilmiş iki ışık düzlemini içerir. Fakat Şekil 7.6-a'da gösterildiği gibi, yüzeydeki bir tek şerit üzerinde yakınsamayıda içermektedir. Bir çizgi üzerinde fokuslanmış ve yüzey üzerine yerleştirilmiş bir satır tarayıcı kamera, cismin olmadığı durumunda, kesintisiz ışık hattını görebilecektir. Bu hat, aynı anda her iki ışık şeridinin bir cisim tarafından kesilmesiyle bozulacaktır. Bu yaklaşım, kamera geçişli konveyir kayışı üzerinde hareket eden cisimler için uygundur. Şekil 7-6-b'de görüldüğü gibi, iki ışık kaynağı, cismin sadece doğrudan doğruya ka-

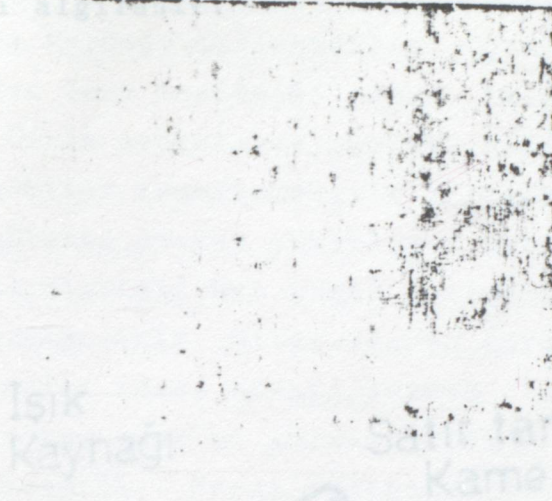
mera altında olduğunda ışık şeridini(demetini) kesmesini garanti altına almak için kullanılmıştır. Satır tarayıcı kamera, sadece iki ışık hattının kesişme noktasında görme yapacaktır. Ama iki boyutlu bilgi, cisim hareketlerinin kameraya geçişi olarak biriktirilebilir.

Şekil 7.1-d de görülen yönlendirilmiş aydınlatma yaklaşımı, cisim yüzey teşhisi için ilke olarak kullanışlıdır. Çukurlar ve sıyrıklar gibi yüzey üzerindeki hatalar, yüksek dereceli doğrultulmuş ışık kirişi kullanarak( mesala, bir lazer kiriş) ve yayılma miktarının ölçümünü yaparak meydana çıkarılabilir. Kusursuz yüzeyler için az ışık kameraya doğru yayılır. Diğer bir ifadeyle yüzey üzerindeki kusurlar kameraya iletilen ışık miktarını arttırır. Böylece kusurların meydana çıkarılması kolaylaşır. Şekil 7.7 de bir örnek gösterilmektedir.



Şekil 7-6

ridan bakıldığı zaman, kameranın target tabakasında bir çizgi görür. Bu sebeple, kamera parlaklık görüme yetit yüzeyde bir engel yok, karanlık görüme yetit yüzeyde bir engel var, dolayısıyla bir nesnenin varlığı algılanır.



Şekil 7-7 Doğrudan aydınlatma örneği

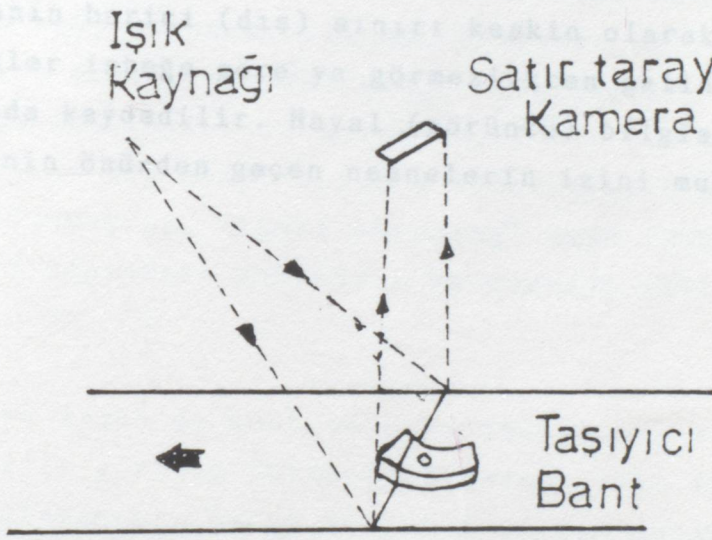
## 7.2. NESNE AYIRTETME

Bilgisayar görme sistemleri tarafından adreslenmenin belli başlı problemi, onların arka planındaki nesnelere yalıtımınıdır. Görüntü yüksek kontrast sergiliyorsa, (beyaz fon üzerinde siyah nesnelere durumu gibi) problem basit eşik değeri ile ele alınabilir. Ne yazık ki tabii ve endüstriyel çevre nadiren bu özellikleri sergiler. Mesela, dökümhane dökümleri bir taşıyıcı bant üzerine yerleştirildiğinde parça ile arka planındaki fonu birbirine karıştırır. Burada kontrast ihtiyacı önemlidir. Bunun için floresant boyalı bantlar ve ışık masaları kullanmak, görüntü temelli robot sistemlerinin yararlı uygulamalarını ciddi bir şekilde sınırlandırır.

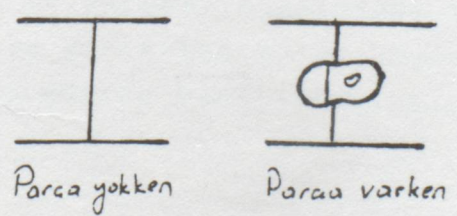
Şekil 7.8'de nesne ayırtetme için uygun bir aydınlatma prensibi gösterilmiştir. Taşıyıcı bant şeridinin karşısındaki dar ve kuvvetli aydınlatma noktasını dağıtabilmek için ince uzun tungsten lambası ve silindirik lensler kullanılır. Görüntüyü odaklayabilmek için satır tarayıcı kamera bant karşısına yerleştirilmiştir. Işık demeti içinden bir nesne geçtiği zaman ışığın taşıyıcı banta ulaşması engellenir.

Şerit bant üzerinden nereden geçerse geçsin bir parçaya yuka-

rıdan bakıldığı zaman, kameranın target tabakasında bir çizgi görünür. Bu sebeple, kamera parlaklık görürse şerit yüzeyde bir engel yok, karanlık görürse şerit yüzeyde bir engel var, dolayısıyla bir nesnenin varlığı algılanır.



Şekil 7.8. Temel aydınlatma prensibi



Şekil 7-9 Bilgisayarın parçaları görüşü

### 8. BİR HAREKETLİ KAMERAYLA REAL-TİME ROBOT KONTROLÜ

Gölge etkisi; hayal edilen (görünen) hatta daha önce ulaşır ve parçanın gerçek görünüşünü (siluetini) bozar. Bu istenmeyen durumun çözümü, şerit bant kaşınında yanı cizgide aynı yönde iki veya daha fazla aydınlatma kaynağı kullanmaktır. (Şekil 7-6-b) ilk aydınlatma kaynağı vaktinden önce kesildiği zaman, ikinci normal bir şekilde görmeyecektir. Fazla aydınlatma kaynağı kullanılarak ve açı kapsamının uygun bir şekilde ayarlanmasıyla problem gerekli şekilde çözülür. Tanımlanan aydınlatma düzeni yüksek bir nesne ayırtetme sistemi üretir. Anlamlı kalınlıktaki her parça parlak fon üzerinde karanlık bir nesne olarak gözükecektir. Bilgisayarın görüşü nesnenin bir silüetidir. Parçanın harici (dış) sınırı keskin olarak görünüyor iken, bazı iç özellikler isteğe göre ya görmezlikten gelinir veya yazılım kontrolü altında kaydedilir. Hayal (görüntü) bilgisayarının görevi, görüntü sisteminin önünden geçen nesnelerin izini muhafaza etmektir.

bu şekilde kullanılmaktadır. Visual Servicing diye tanımlanmış bu metod robotların kafasına monte edilmiş ve montajı gibi birçok alanda uygulanabilir.

Gerçek zaman'da kontrolün bu yaklaşımında en önemli husus hız ve güvenilir görüntü işlemeyi sağlamak için hızlı görüntü kullandığını sağlamaktır. Servo sisteminin gerçek zaman yapısı, bazı uygulamalarda tasarlanan küçük modelleri, uzaklık veya derinlik hakkında bilgi edinmek için kullanılır. Visual Servicing sisteminin analizi iki şekilde incelenebilir.

#### 8.1. Statik Analiz

Bir visual servicing uygulamasında bilgisayar görüntü fonksiyonu kamerası, araç ve iş parçası arasındaki vizüel ilişkileri takip eder. Araç ve iş parçasına göre, kamera ayarları gibi, servisin işi farklı olabilecektir. Bu nedenle bu konulara burada değinilmeyecektir.

##### 8.1.1. Perspektif Derinlik Ölçümü

Bir kamera ile boyutlu bir dünyada, iki boyutlu görüntü elde edilir. Değerleriyle bazı bilgileri büyük ölçüde bu görüntü işleminde kaybolur. Her boyutlu tek bir noktanın koordinatlarını, bu nokta gö-

## 8. BİR HAREKETLİ KAMERAYLA REAL-TİME ROBOT KONTROLU

Bu gerçek zaman (Real-time) içinde bir manipülatörü kontrol etmek için görsel geri besleme (visual feedback) kullanan bir sistemdir. Son etkileyicisine (End-effector) bağlı bir kamera gerekli bilgiyi sağlar.

Günümüzde robot teknolojisi, açık bir bir biçimde geri besleme daima cihazlarına (ligs) ve sabitliklere olan bağımlılığı minimize edebilir. ve iş parçası ihtiyaçlarını azaltabilir. Real-Time'de bir manipülatör'ü kontrol eden visual feedback, hattın tam kontrolüne gerek olmadan robotun hareketli hat üzerinde çalışmasına izin verebilir. Bu konuya getirilen yaklaşım şu şekildedir. Robot kolunun (manipülatör) son etkileyicisine içine küçük bir CCD kamerası yerleştirmek ve kola verilen bir hedef boyunca kılavuzluk etmek için görsel geri besleme kullanmaktır. Visual servoing" diye isimlendirilen bu metod malzemelerin taşınması muayenesi ve montajı gibi birçok alanda uygulanabilir.

Gerçek zaman'da kontrolün bu yaklaşımda en önemli husus; hızlı ve güvenilir görüntü işlemeyi başarmak için ikili görüntü kullanımını sağlamaktır. Servo sistemin gerçek zaman yapısı, bazı uygulamalarda tasarlanan küçük modelleri, uzaklık veya derinlik hakkında bilgi edinmek için kullanılır. Visual servoing sisteminin analizini iki şekilde inceleyebiliriz.

### 8.1. Statik Analiz.

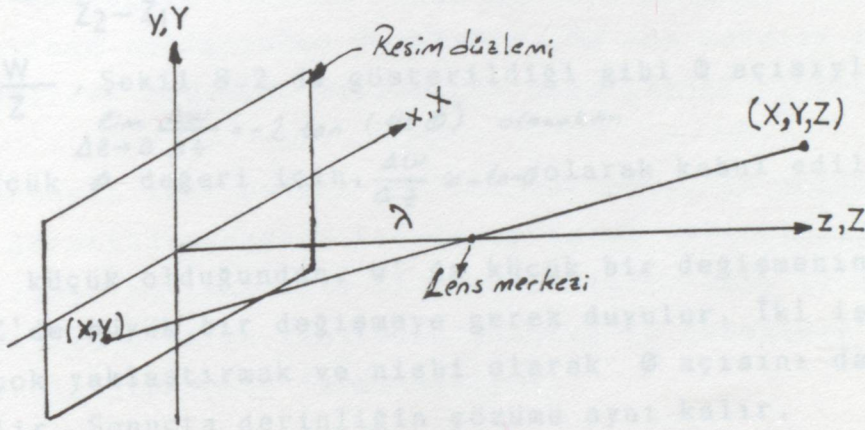
Bir visual servoing uygulamasında bilgisayar görmenin fonksiyonu kamera, araç ve iş parçası arasındaki uzaysal ilişkileri saptamaktadır. Araç ve iş parçasına göre, kamera ayarları gibi, servoing için faydalı olabilen mümkün konfigürasyonlardan bazıları burada tartışılacaktır.

#### 8.1.1. Perspektif Derinlik Ölçümü

Bir kamera üç boyutlu bir dünyanın, iki boyutlu görüntüsünü verir. Dolayısıyla bazı bilgileri büyük ölçüde bu görüntü işleminde kaybolur. Üç boyutlu tek bir noktanın koordinatlarını, noktanın gö-

rüntüsünden yola çıkarak elde etmek imkansızdır. ama iki koordinat ölçülebilir

Bir kartezyen koordinat sisteminin, X ekseninin kameranın sağına doğru, Y ekseninin yukarı doğru ve Z ekseninde kameranın esas ışını boyunca yer alacak şekilde bir TV kamerasının merceğine eklendiğini farzedelim Şekil 8.1 Tek bir noktanın görüntüsünden onun X ve Y koordinatları saptanabilir ama Z koordinatı saptanamaz



Şekil 8.1 Görüntü işleminin temel modeli. Dünya koordinat sisteminden (X,Y,Z) düzenlenmiş kamera koordinat sistemi (x,y,z)

Görüntülerin bir çok noktadan oluşmasına izin verildiğinde, işlenmiş resimde kaybolan bilgiler tekrar elde edilebilir. Sahnenin (scene) bir tif işaretleri verebilir.

Herhangi bir katı cismin görüntüsünün boyutlu (size) kameradan oluşan uzaklığıyla ilişkilidir. Ama boyut odak ve ikili esit değerlerin (threshold) oluşturulması gibi diğer faktörlere de bağlıdır. İlişkili olmayan faktörlere olan bu bağımlılıktan kurtulmak için, tek bir cismin büyüklüğü yerine iki nokta arasındaki mesafeyi ölçmek tercih edilebilir. Mu mesafe, görüntü yerlerinin odak ve threshold'a bağlı olmadığı noktalar arasında ölçülmelidir. Derinliği ölçmede bu metodun doğruluğunu ve çözümünü incelemek faydalı olur. Z deki bir

değişmenin duyarlılığı kamera/resim işleme sisteminin X ve Y deki değişmelere karşı olan duyarlılığına bağlıdır. 2.Şekilde gösterilen durumu gözönüne alın. Aralarında farkedilebilecek bir boşluk bulunan bir işaret çifti bilinen bir  $Z_1$  derinliğinde gözlemlenebilir.  $Z_1$ 'in değerinin bilinmesinde sonra gerçek  $w_1$  sapmasını hesaplama için kalibrasyon bilgisi kullanılabilir. Eğer işaretlerin yeni, bilinmeyen bir  $Z_2$  derinliğine hareket ettiğini varsayılırsa, görüntüdeki işaretler arasındaki boşluk değişecektir. Bu durumda, yeni  $w_2$  boşluğu  $Z_1$  derinliğinde hesaplanabilir. Derinlikteki duyarlılığın, diğer iki boyuttaki duyarlılıkla ilişkisi:

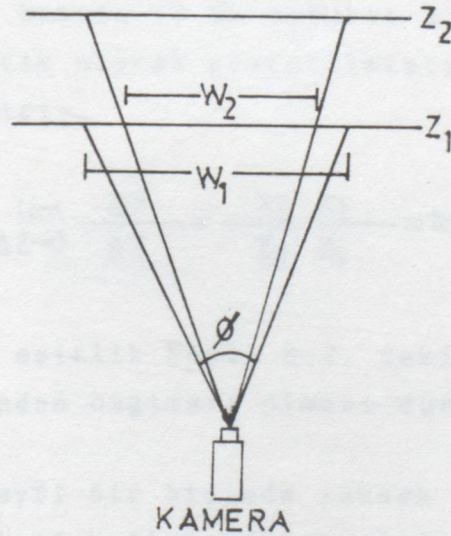
$$\frac{\Delta W}{\Delta Z} = \frac{W_2 - W_1}{Z_2 - Z_1} \quad \text{oranıyla belirtilir.}$$

$\frac{\Delta W}{\Delta Z}$ , Şekil 8.2 de gösterildiği gibi  $\phi$  açısıyla ilgilidir

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{\Delta W}{\Delta Z} = -2 \tan(1/2 \phi) \quad \text{olacaktır.}$$

Küçük  $\phi$  değeri için,  $\frac{\Delta W}{\Delta Z} \approx -\tan \phi$  olarak kabul edilebilir.

$\phi$  küçük olduğundan,  $w'$  da küçük bir değişimin sağlanabilmesi için  $Z'$ 'de büyük bir değişmeye gerek duyulur. İki işareti birbirine daha çok yaklaştırmak ve nisbi olarak  $\phi$  açısını daraltmak gerekli olabilir. Sonuçta derinliğin çözümü aynı kalır.



Şekil 8.2 Uzayda derinlik algılama bağıntısı çiziminin gösterilişi.

### 8.1.2. Üçgenlere Bölme Derinlik Ölçümü.

Üçüncü boyut hakkında bilgi sağlamanın bir diğer alternatif

metoduda üçgenlere bölmeyi (görüntünün iki veya daha fazla farklı noktasının kullanımı) gerektirir. İki ayrı kameranın kullanımı stereo oluşturur. Pozisyonu nesneye göre değiştirilen tek bir kameradan sırayla çekilen resimleri mukayese etmek için parallax hareketine başvurulur.

Üçgenlere ayırmayı başarmanın başka bir yoluda kamerayı bir noktaya ve farkedilmesini sağlayacak şekilde bir nesnenin üzerine ışık hüzmesi saçan bir projektörde diğer bir noktaya yerleştirmektir. Steres için, bu modelle bir önceki model arasında geometrik gösterim açısından benzerlik vardır. Fakat görüntü işleme, sadece yansıtılan ışık modelinin analizinden farklıdır. Bu son modelin kullanımı basma-kalıp tasvirler ile elde edilemeyen bazı faydaları teklif edebilir.

En basit ışık modeli bir tek noktadır. Bu model, küçük bir noktanın görüntülenmesinde bir lazer ışını veya bildiğimiz klasik ışık bilgisinin kullanımıyla elde edilebilir. Daha ileri adımlar için, lazer veya projektörün kameranın solunda (X ekseninin negatif bölümünde) yer alabileceğini farzedebiliriz.

Projektör, kamera ve iş parçası arasındaki geometrik ilişki Şekil 8.3'te şematik olarak gösterilmiştir. Bu durumda aşağıdaki eşitliği çıkarabiliriz.

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{\Delta X}{\Delta Z} = \frac{X_2}{Z_2} - \frac{X_1}{Z_1} = \tan \theta$$

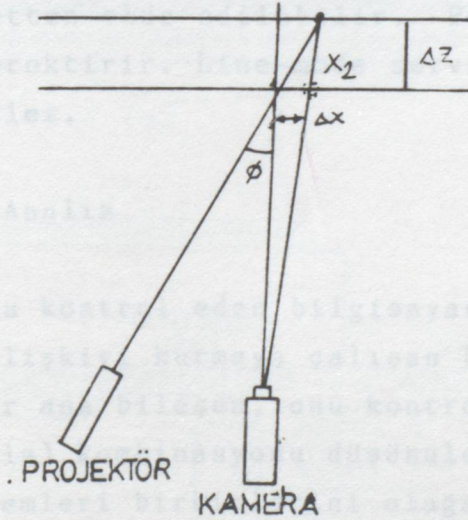
Yukarıdaki eşitlik Şekil 8.2. deki eşitliğe  $\theta$  açısının kameranın görüş alanından bağımsız olması durumu haricinde benzerdir.

Derinlik keyfi bir biçimde yüksek büyültme (magnification) veren kamera mercekleri kullanarak inceltiler. Bir spot yerine dikey bir ışık barı yansıtılırsa, sahne hakkında ek bilgiler elde edilebilir. Dikey ışık barı; silindirik lenslerden bir lazer ışını geçilerek veya bilinen optik yöntemleri kullanarak elde edilebilir. Bir dikey barın analizi, bir tek noktayı aşağı yukarıya taramaya ve bütün noktaların tek bir resimle okunması haricinde, değişik bir

resimle okunması haricinde, değişik birkaç Y değerlerinde Z' i ölçmeye benzerdir.

Yatay bir ışık barının hiçbir bilgi vermeyeceği unutulmamalıdır. Şayet tek bir ışın kenardan kenara tarandığında ve spotun bir çok görüntüleri girdi olduğunda, yatay çizgi boyunca birçok noktada derinlik ölçülebilir. Fakat bütün noktaların tek bir görüntüde(image) eşzamanlı olarak okunması halinde, görüntüdeki hangi noktanın ışının hangi pozisyonuna karşılık geldiği kaybolur. Aynı durum kameranın mercek merkezi, barı üreten ışık yüzeyinde bulunduğu zaman da ortaya çıkar.

Şayet hedef(target), düz bir yüzey ise, kamera düz bir çizgi algılayacaktır. Görüntüdeki çizginin yatay pozisyonu Z koordinatının veya yüzeyin derinliğinin bir fonksiyonudur. Çizginin düşey konumundaki



Şekil 8.3 Üçgenlere bölme tarafından derinlik ölçümü gösterim çizimi.

sapma(uzaklaşma), yüzeyin X ekseninde döneceğine karşılık gelir. Eğer target hiçbir özelliği bulunmayan düz bir yüzey yerine farklı olabilir bir yüzey ise, diğer bilgiler çıkarılabilir. Şayet yatay bir kenar (uç) veya köşe varsa, ışık barının görüntüsünde bir atama olacaktır. İki paralel ışık barı, bir yüzeyin Y ekseninde dönmesi hakkında bilgi verecektir. Daha fazla paralel bar ilave edildiğinde, sahnenin kapladığı bölge artar ama hangi algılanan çizgi-

nin, hangi yansıtılan (projected) çizgiye tekabül ettiğini anlama da-  
hada zorlaşır.

8.1.3. Alet: Görsel servislemenin(visual servsing) amacı, genellikle bir aleti bir işparçasına tatbik etmektir. İdeal olarak, kamera aletin iş parçasına göre pozisyonu ölçmelidir. Fakat gerçek zaman ikili görüntü işleme sistemleriyle bu genelde mümkün değildir.

Visual servsing'in iki farklı modu vardır. Nokta modunda(point mode), servsing bir aleti (aracı), bazı özel konumlara getirmek, mesela bir civatayı bir deliğe yerleştirmek için kullanılır. Şayet hedef hareket halindeyse servo sistem hedefi izlemelidir. Böylece kamera ve aletin, işparçasına nazaran nisbi hızı sıfırdır. Çizgi modunda (line made), amaç sıfır olmayan belli bir hızla, bir yolu takip etmektir. Kamera çizgi modunda hedefe göre hareket ettiğinde, nesnenin pozisyonu ve yönelimi (orientation) hakkında ek geometrik bilgiler, bu hareketten elde edilebilir. Point-mode servsing'de bu ayrı bir hareket gerektirir. Line-mode servsing'de alet basit bir biçimde kamerayı izler.

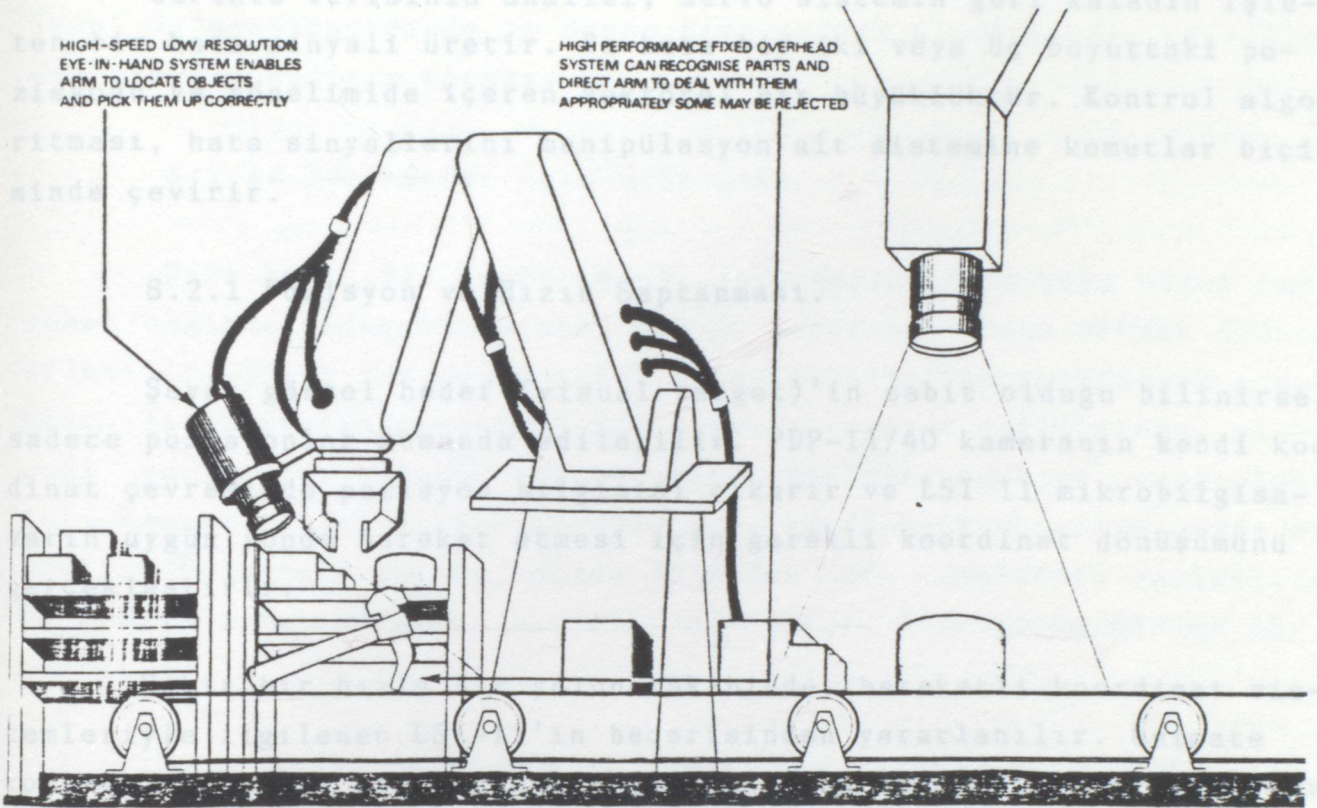
## 8.2 Dinamik Analiz

Kamera ve onu kontrol eden bilgisayar; kamera ve işparçası arasındaki bilinen ilişkiyi kurmaya çalışan bir sistemdeki yalnızca bir elemandır. Diğer ana bileşen, onu kontrol eden bilgisayarla (örn: LSI-11 bilgisayarıyla) kombinasyonu düşünülen robottur. Görme ve manipulasyon alt sistemleri birbirlerini olağan olmayan ve bazende tahmin edilemeyecek biçimlerde etkilerler. Cevabın esnekliği ve hızı doğruluğu kadar önemlidir. Şekil 8.4.(a) da tipik bir görsel geribesleme sistemi (b)'de ise basitleştirilmiş bir kontrol sistemi blok diagramı gösterilmiştir.

Görüntü işleme ve kapsamlı kontrol PDP-11'40 minibilgisayarla olur. Bir sahnenin visual analizi iki safhada(görüntü alma ve görüntü işleme) olduğunu biliyoruz. Şekildeki sistemde görüntünün oluşması ve sinyali PDP-11/40 daki bir resim tamponuna(buffer) okumayı gerektirir. Bu 10 ile 66 milisaniye arasında bir vakit alır. Görüntü işleme, 100 ile 500 milisaniye arasında daha yavaş sürede olur.

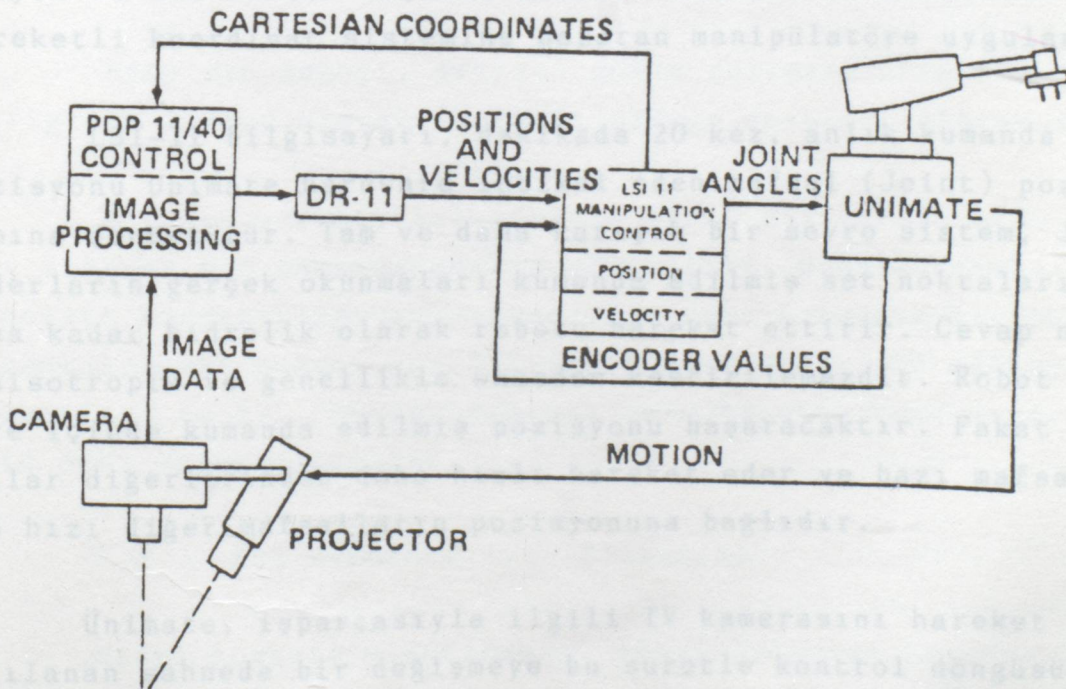
HIGH-SPEED LOW RESOLUTION  
EYE-IN-HAND SYSTEM ENABLES  
ARM TO LOCATE OBJECTS  
AND PICK THEM UP CORRECTLY

HIGH PERFORMANCE FIXED OVERHEAD  
SYSTEM CAN RECOGNISE PARTS AND  
DIRECT ARM TO DEAL WITH THEM  
APPROPRIATELY SOME MAY BE REJECTED



A typical example of the use of visual feedback: A two vision system enabling a robot arm to pick up different objects from a conveyor belt and place them in appropriate containers.

Şekil 8.4 (a)



Şekil 8.4 (b)

Görüntü verisinin analizi; servo sistemin geri kalanın işle-  
ten bir hata sinyali üretir. Bu hata bir iki veya üç boyuttaki po-  
zisyonu ve yönelimide içeren vektörel bir büyüklüktür. Kontrol algo-  
ritması, hata sinyallerini manipülasyon alt sistemine komutlar biçi-  
minde çevirir.

### 8.2.1 Pozisyon ve Hızın Saptanması.

Şayet görsel hedef (visual target)'in sabit olduğu bilinirse,  
sadece pozisyonlar kumanda edilebilir. PDP-11/40 kameranın kendi koor-  
dinat çevresinde pozisyon bilgisini çıkarır ve LSI 11 mikrobilgisai-  
yarın uygun yönde hareket etmesi için gerekli koordinet dönüşümünü  
gerçekleştirir.

Sabit bir hızla bir yolun takibinde, hareketli koordinat sis-  
temleriyle ilgilenen LSI-11'in becerisinden yararlanılır. Ünimate  
kontrol sabit bir hız sağlamak için (yeniden kameranın koordinat çev-  
resine nisbeten) kumanda edilir. Ondan sonra, hareketli koordinat  
sistemine göre pozisyon değişimleri kumanda edilir. Bilinmeyen bir  
hızla hareket eden bir nesneye göre pozisyonu devam ettirmede, po-  
zisyon ve hız benzer biçimde kontrol edilir. Bu mümkündür. Zira hız  
hareketli koordinat sistemine nazaran manipülatöre uygulanır.

LSI-11 bilgisayarı, dakikada 20 kez, anlık kumanda edilmiş  
pozisyonu Ünimate hardware intikal eden mafsal (Joint) pozisyon ta-  
kamına dönüştürür. Tam ve daha karışık bir servo sistem, Joint en-  
coderların gerçek okunmaları kumanda edilmiş set noktaları ile uy-  
şana kadar hidrolik olarak robotu hareket ettirir. Cevap nonlineer,  
nonisotropik ve genellikle önceden kestirilemezdir. Robot uygun bir  
süre içinde kumanda edilmiş pozisyonu başaracaktır. Fakat bazı maf-  
sallar diğerlerinden daha hızlı hareket eder ve bazı mafsalların ce-  
vap hızı diğer mafsalların pozisyonuna bağlıdır.

Ünimate, işparçasıyla ilgili TV kamerasını hareket ettirir.  
Algılanan sahnede bir değişmeye bu suretle kontrol döngüsünün ka-  
panmasına neden olur. Bir manipülatörü görsel servislemenin en ba-  
sit yolu bir tek resim çekmek, hatayı tahmin etmek, sona ermesi i-  
çin hareketi bir süre beklemek ve daha sonra ilemi tekrarlamaktır.

Hedef durağanlaştığında ve cevap hızı kritik olmadığında, bu yaklaşım uygun sonuçları vermez.

### 8.2.2. Gecikmeler İçin Dengeleme.

Daha hızlı bir servo cevabı arzu edildiğinde veya hedef hareket halinde olduğunda mümkün olduğu kadar sık resim çekmek arzu edilebilir. Şayet her resim için, hata sinyalini tamamıyla yok etmek amacıyla artan (incremental) bir hareket kumanda edildiğinde, sistemdeki gecikmeler çabucak yüksek oranda kararsız tepkiye neden olurlar. Kararsızlığı yoketmenin yolu daha küçük hareketleri kumanda etmektir. Ünimate'e tatbik edilen düzeltme hata tahmininin neticesi ve Beta diye isimlendirilen bir sabit olacaktır. Beta daima birden küçüktür.

Şayet hedef hareketliyse, aynı hata sinyali hareketli koordinat sisteminin hızını kontrol edecektir. Her an X eksenini boyunca bir hata sezilir. Örneğin bu hatanın neticesi ve yanma denilen diğer basit koordinat sisteminin hızına ilave edilecektir. Gamma genellikle beta'dan bağımsızdır.

Beta'nın değeri, artarda gelen resimler arasındaki zaman aralığıyla lineer olarak ilişkili olduğu deneysel olarak saptanmıştır.

Minimum görüntü işlemeyle basit bir tarama, 150 milisaniyeden daha az bir zamanda analiz edilebilir. Bununla beraber kullanılan prosesin karmaşıklığının artmasıyla, daha karmaşık bir taramayla ve görüntülerdeki harici gürültüyle işleme süresi 500 milisaniye kadar artabilir. En iyi cevabı başarmak için beta en kısa devir süreleri için daha küçük olmalıdır.

### 8.2.3. Kol Hareketi İçin Dengeleme:

Nisbi kontrol algoritması, resim işleme boyunca kol hareketinin hesaba katılmaması yüzünden yetersizdir. Temelde bunu başarmanın iki yolu vardır. Birincisi kolun matematiksel modelini kullanmaktır. İkincisi kolun gerçek pozisyonunu ölçmek için LSI-11'deki Ünimate kontrol programını kullanmaktır.

Biraz daha düzgün cevap, aşağıdaki basit doğrulayıcı kol modelini kullanarak başarılır: Robota gönderilen enson artan hareket komutunun takip edilmesi ve resim işleme boyunca, kolun kumanda edilen uzaklık nisbetinde hareket ettiğinin farzedilmesi. Bu model kolun resmin gerçekte çekildiğinde bulunduğu pozisyondan daha farklı bir pozisyonda olduğunu farzeder ve pozisyon hatasının tahmininde bunu dengeler. Şayet önceki (previous) hareket komutunun %20 %30'u bu yolla iptal edilirse, cevap eğrileri daha az küçük rastgele hareketler (random excursions) gösterir.

Bazen gerçekte ölçüm yapmak, sadece tahmin yapmaktan daha iyidir. Ünimate'in LSI-11 bilgisayarına, mafsal encodaları okuyarak ve onları kameranın koordinat sistemindeki kartezyen değerlere dönüştürecek belirli bir anda Unimate uç etkileyicisinin (end-effector) tam, gerçek pozisyonunu bulmak sorusu sorulabilir. Ayrıca bu bilgi takriben resmin çekildiği anda elde edilebilir. Böylece bazı anlarda hem kameranın tam pozisyonu, hem de kameranın görerek ölçtüğü pozisyonu bilinebilir. İşleme gecikmelerine hiç önem vermeyerek, Unimate ölçülmüş olan pozisyona göre yeni kesin, pozisyona kumanda edilir.

Pozisyon ölçme modunda servisleme (Servsing) ile ilişkili bir çok problem genel olarak kullanılmadan önce çözülmelidir. Bir problem küçük yönelim hatalarını sapmayı büyütme ve sebep olma eyiliminde olmasıdır. Şayet hata sistematik ise kuvvetlenir.

Diğer bir meselede PDP-11/40 ve LSI-11 arasındaki iletişimdeki gecikmelerden ileri gelir. Bunlara LSI'da program yapmak ve iki bilgisayar arasında alıp verilmesi gerekli olan büyük miktardaki mesajlar neden olur. Bu problem, program algoritmasını geliştirerek veya LSI/11 de daha fazla hesap yaparak çözülebilir.

Visual servoing, sabit bir hızla üç boyutlu eğri bir yolun takibi, civata sıkılmasında uygulanmıştır. Böyle bir çalışma modu, tutkal (gluing), mühür (saling) ve dikiş (seam) takibinde de uygulanabilir.

## 9- MESAFE TAYİNİ

Birbirinden farklı bir çok yöntem ile çeşitli imajları elde edebilme olanağı vardır. Gerekli olan işlemler tamamlandıktan sonra robot, kavrama işini rahatça yapacağı gibi nereye gittiğini ve nerede bulunduğunda bilir. Görüntü algılamak için kullanılacak bir imkan daha vardır; oda mesafe tayinidir.

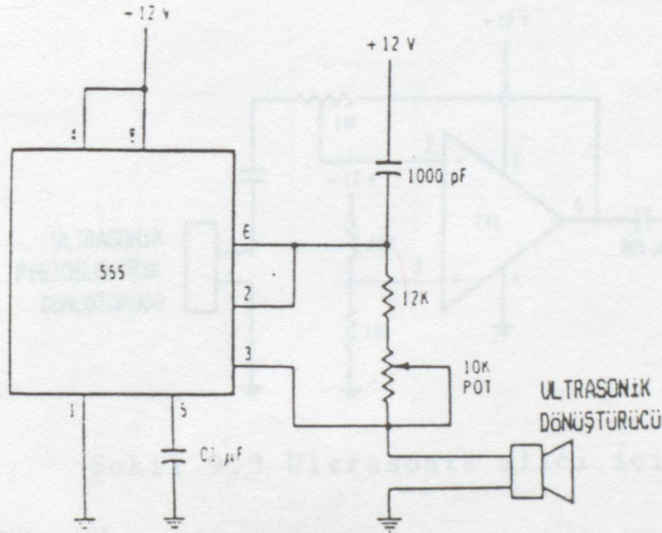
### 9-1 MESAFE ALGILAYICISI

Ultrasonik ses dalgaları, yüksek frekanslı kulak ile duyulmayan ses dalgalarıdır. Bu sesler normal olarak 40kHz in üstündeki frekans alanında yer alır ve genellikle, çok kısa darbeler halinde engele(hedefe) gönderilirler. Ultrasonik Seramik Dönüştürücü adı verilen devreler konvansiyonel osilatörlerden oluşmuş olup, mesafe analizörün PCB'sindeki iştirilmiştir. Ultrasonik'ten faydalanarak mesafe ölçen tipik bir sistmi inceleyelim.

Ultrasonik ses dalgalarının, çok kısa 40 kHz darbeleri mesafe tayininde kullanılmak üzere dönüştürücüden (Verici) dışarı verilir. Dönüştürücüyü terkeden ses dalgaları, hava ortamında yayılırlar Bu yayılmaları sırasında yolları üzerinde bulunan engellere çarparak, bir miktar zayıflamış olarak alıcıya geri dönerler.

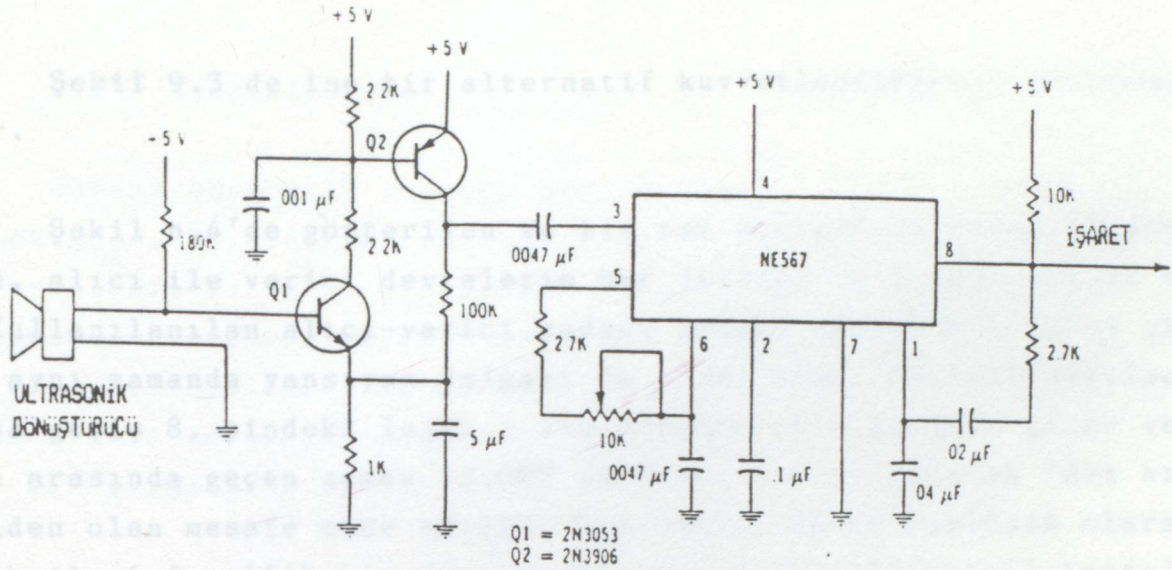
Yansıyıp da gelen ses dalgalarındaki titreşimler, oldukça zayıf olmasına rağmen başlangıçta vericiden gönderilen ses dalgası ile mukayese edilir. Bu yüzden engelden yansıyıp gelen zayıflamış ses dalgasını kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Kuvvetlendirme işleminin sonra, ses dalgası diskriminatör devresine götürülür. Hemen bu arada diskriminatör devresi, başlangıçta vericiden yollanan ses dalgası gönderilmesi sırasında, başlatılan sayacı durdurur. Bu esnada sayaçta bulunan değer, sözkonusu dalganın hedefe gidiş ve dönüşü için harcadığı zamanı göstermektedir. Bu değer ses dalgasının hızıyla çarpılarak dalganın kat ettiği mesafe elde edilir. Şüphesizki bu sayılar saniye veya saniyenin daha küçük zaman dilimleri gibi çok küçük zaman aralıklarında tezahür etmektedir.

Robotların çevre ile olan ilişkilerinin düzenlenmesi, çeşitli engellerden korunması gibi durumlar, sözkonusu mesafelerin ölçülmesini gerektirirler. Bir örnek üzerinde, böyle bir devrenin alıcı ve verici bölümlerini inceleyelim. Şekil 2.1'de basit bir 40 KHZ frekansında yayın yapabilen verici devre görülmektedir. 8 pinden oluşan 555 entegre devresi, oldukça pahalı olup, 40 kHz de darbe üreten stabil osilatör gibi çalışır. Elde edilen frekans pontansiyometre yardımıyla ayarlanabilir. oniki voltluk besleme geriliminin kullanıldığı döğüştürücüde, 10 voltluk işaret salınımı elde edilir. 40kHz de çalışan her hangi bir osilatörde 555 entegre devresinin yerine konulabilir. Aslında ilave bir devre kullanmaksızın, bir kompu- ter vasıtasıyla 40 kHz frekanslı bir çıkış işareti elde edilebilir.

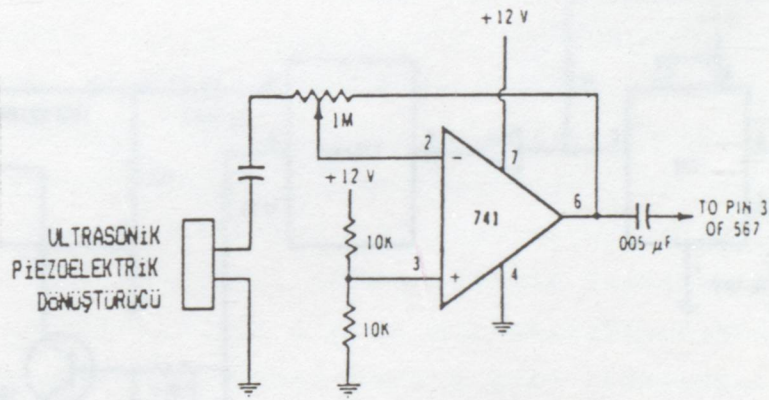


Şekil 9.1.Ultrasonik verici

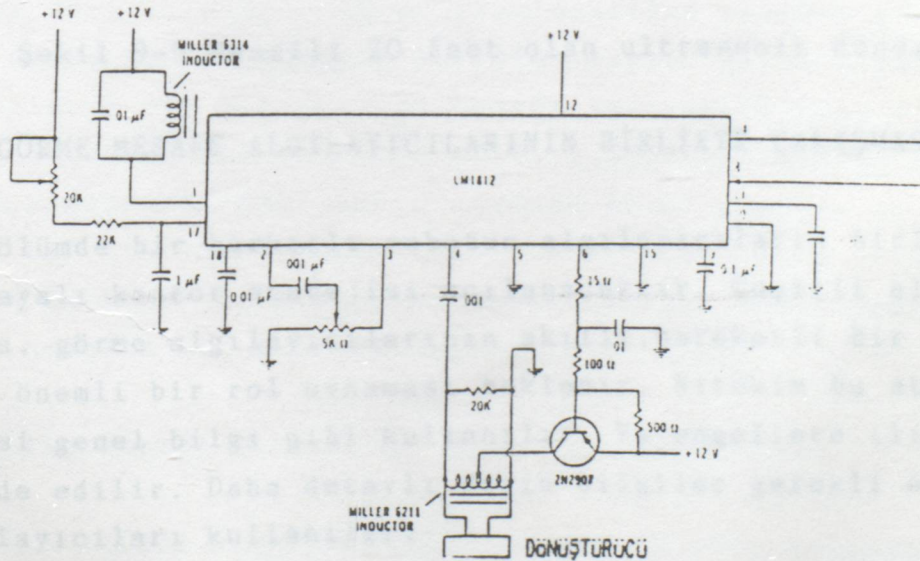
Sistemin alıcı olan parçası birazcık daha karmaşıktır. Şekil 9-2 ve 9-3 engelden yansıyarak alıcıya geri dönen işareti almaya yarayan, devre yaklaşımlarını göstermektedir. Şekil 9-2'de alınan ekolojik bir aylık verici kuvvetlendirici ile kuvvetlendirilir. Ve sonra NE567 (Tone Decoder) kod çözücü yongasına uygulanır. Bu entegre devre, kendi osilatörüne sahip (40kHz ayarlanmalı) faz keletlenmeli devredir. Gelen dalga gönderilen dalgaya eş değer frekansta olduğunda, çıkışı aktif hale getiren bir kompratör mevcuttur. Devre gayet basit ve ucuzdur.



Şekil 9.2 Ayrık kuvvetlendirici ile elde edilen Ultrasonik alıcı



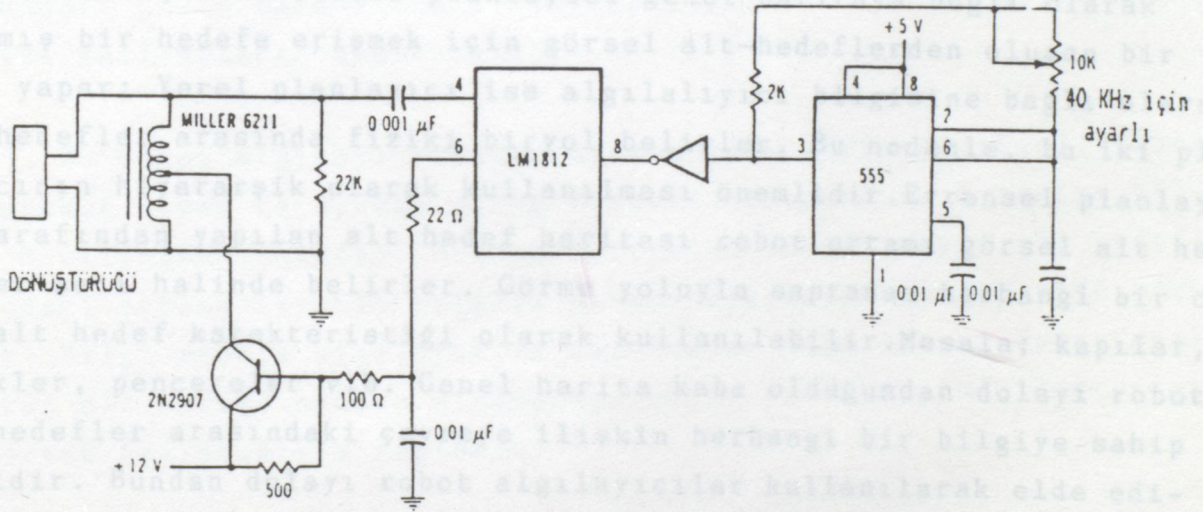
Şekil 9.3 Ultrasonik alıcı için kuvvetlendirici



Şekil 9.4 Ultrasonik verici

Şekil 9.3 de ise bir alternatif kuvvetlendiriciyi göstermektedir.

Şekil n.4'de gösterilen ve bir tek entegre devreden oluşan devre, alıcı ile verici devrelerin her ikisini de birden ihtiva eder. Kullanılan alıcı-verici sadece hedefe ultrasonik dalga yaymaz, aynı zamanda yansıyan dalgayı da kabul eder. Devreye bakılacak olursa geçiş 8. pindeki lojik 1 ile başlatılır. İşaretin gitme ve gelme arasında geçen zaman 13,080 inch/sev ile çarpılarak (ses hızı) engelden olan mesafe elde edilir. Şekildeki, devre yaklaşık olarak 4 inch ile 6 feet'lik bir mesafe alanında kullanılabilir (1 feet=2.54 cm). Harici 555 osilatör entegre devresine ilaveten, Şekil 9.5 menzili 3 inch'ten 20 feet'e çıkarır.



Şekil 9-5 Menzili 20 feet olan ultrasonik dönüştürücü

## 9.2 GÖRME MESAFE ALGILAYICILARININ BİRLİKTE ÇALIŞMASI

Bu bölümde bir hareketli robotun algılayıcıların birlikte çalışmasına dayalı kontrol stratejisi açıklanacaktır. Çeşitli algılayıcılar arasında, görme algılayıcılarının akıllı, hareketli bir robot'un kontrolünde önemli bir rol oynaması beklenir. Nitekim bu stratejide görme bilgisi genel bilgi gibi kullanılır. Ve engellere ilişki kaba bilgiler elde edilir. Daha detaylı derin bilgiler gerekli olduğunda mesafe algılayıcıları kullanılır.

### 9.2.1 Tahmini Ortam

Burada hareketli robotun bir ev içinde hareket ettiği kabul edilmektedir. Bu nedenle robotun içinde çalıştığı dünya dik duvarlarla çevrilidir. Ve yerin düz olduğu varsayılmaktadır. Çalışılan ortamın tümüyle bilinmesi gerekli değildir. Bununla birlikte önceden "parça, parça) bilinmelidir. Parça parça'dan kastedilen en az kaba genel bir haritanın verilmiş olmasıdır. Hiyerarşik bir yol planlama metodu böyle bir ortam için etkilidir.

### 9.2.2 Hiyerarşik Yol Planlaması:

Planlama sistemi bir evrensel (global), birde yerel planlayıcılardan oluşur. Evrensel planlayıcı genel haritaya bağlı olarak atanmış bir hedefe erişmek için görsel alt-hedeflerden oluşan bir dizi yapar; Yerel planlayıcı ise algılayıcı bilgisine bağlı olarak alt hedefler arasında fiziki bir yol belirler. Bu nedenle, bu iki planlayıcının hiyerarşik olarak kullanılması önemlidir. Evrensel planlayıcı tarafından yapılan alt hedef haritası robot ortamı görsel alt hedefler seti halinde belirler. Görme yoluyla saptanan herhangi bir cismin alt hedef karakteristiği olarak kullanılabilir. Mesala; kapılar, direkler, pencereler v.b. Genel harita kaba olduğundan dolayı robot alt hedefler arasındaki çevreye ilişkin herhangi bir bilgiye sahip değildir. Bundan dolayı robot algılayıcılar kullanılarak elde edilen bilgilere ihtiyaç duyar. Yerel planlayıcılar temelde görsel bilgiden olmak üzere gerçek zamanda bir plan yapar. Şayet bölme algılayıcı direkt olarak bir sonraki alt hedefi saptayabilirse, robot bu alt hedefe gidecek şekilde kontrol edilir. Eğer bilinmeyen engellerden dolayı bir sonraki hedef belirlenmezse yerel planlayıcı ulaşabilecek yeni bir alt hedef üretmelidir. Yerel planlayıcı engel etrafındaki ortam hakkında bilgiyi kullanarak serbest uzayı saptar ve yeni bir alt hedefle bir sakınma yoluna karar verir.

### 9.2.3 Algılayıcı Bilgisinin Füzyonu Yöntemleri

Robot'un içinde hareket ettiği ortama ilişkin evrensel bilgiyi görüntü algılayıcısı vasıtasıyla elde edebildiği önceki bir bö-

lümde söylenmiştir. Evrensel (global) bilgi engellerinin saptanması yeni alt hedeflerin üretilmesi (Yol planlaması v.b.kullanılır.) Diğer taraftan hareketli robot, kendi etrafında yakın saha bilgisini mesafe algılayıcılardan elde edebilir. Mesafe algılayıcı bilgisi robot etrafındaki çevreni gözlenmesinde, engel saptanmasında çarpışma tehlikesinin belirlenmesinde robot pozisyonunun tamamlanmasında vb.için kullanılır. Hareketli robot, tümlenmiş bilgiyi görme ve mesafe algılayıcılarının birlikte çalıştırılması ile elde edilebilir. Algılayıcı bilgisinin füzyonu aşağıda açıklanan değişik seviyelerde yer alır.

1- Hareketli robot önce cephe engeli mesafe algılayıcısından saptar Bundan sonra görme algılayıcısı kullanarak engeli dorular ve karakteristikleri çıkarır. Görüntü işleme zamanının azaltılması mümkündür. Çünkü tarama alanı, mesafe algılayıcısından gelen uzaklık bilgisi kullanılarak uzaltılabilir.

2- Görme algılayıcısından elde edilen görüntü verisi, robotun hareket etmek te olduğu alana ilişkin olduğundan, hissetme bilgisi özelliğine sahiptir. Bundan dolayı hareketli robot alt hedef etrafındaki ortama ilişkin bilgiyi görene algılayıcısından elde edebilir. Bilgi mesafe algılayıcısı tarafından doğrulanır. Dolayısıyla robotun alt hedefe ulaşım ulaşmadığı görme ve mesafe algılayıcılarının ortak çalışmasıyla saptanır.

3- Görme ve mesafe algılayıcılarının her ikisinde seyir esnasında kullanılır. Alt hedefin yerleşim bilgisi olarak görsel veriden görme algılayıcısı vektörü türetilir. Bu vektörler bir çeşit potansiyel alan oluştururlar. Robotun yörüngesi bu iki vektörün düzenlenmesiyle belirlenir.

Sonuç olarak şu söylenebilirki, daha akıllı robot sistemler çok daha fazla sayıda ve değişik tipte algılayıcıdan gelen bilginin işlenmesi tümlenme ve birleşme mekanizmaları önem kazanmıştır. Son zamanlardaki araştırmalar, çok sayıda algılayıcı sistemlerin bilinmeyen ve dinamik ortamlarda çalışmasını sağlayan tümlenme ve füzyon tekniklerinin geliştirilmesini amaçlamaktadır.

## 10. BİLGİSAYAR GÖRME TİPLERİ.

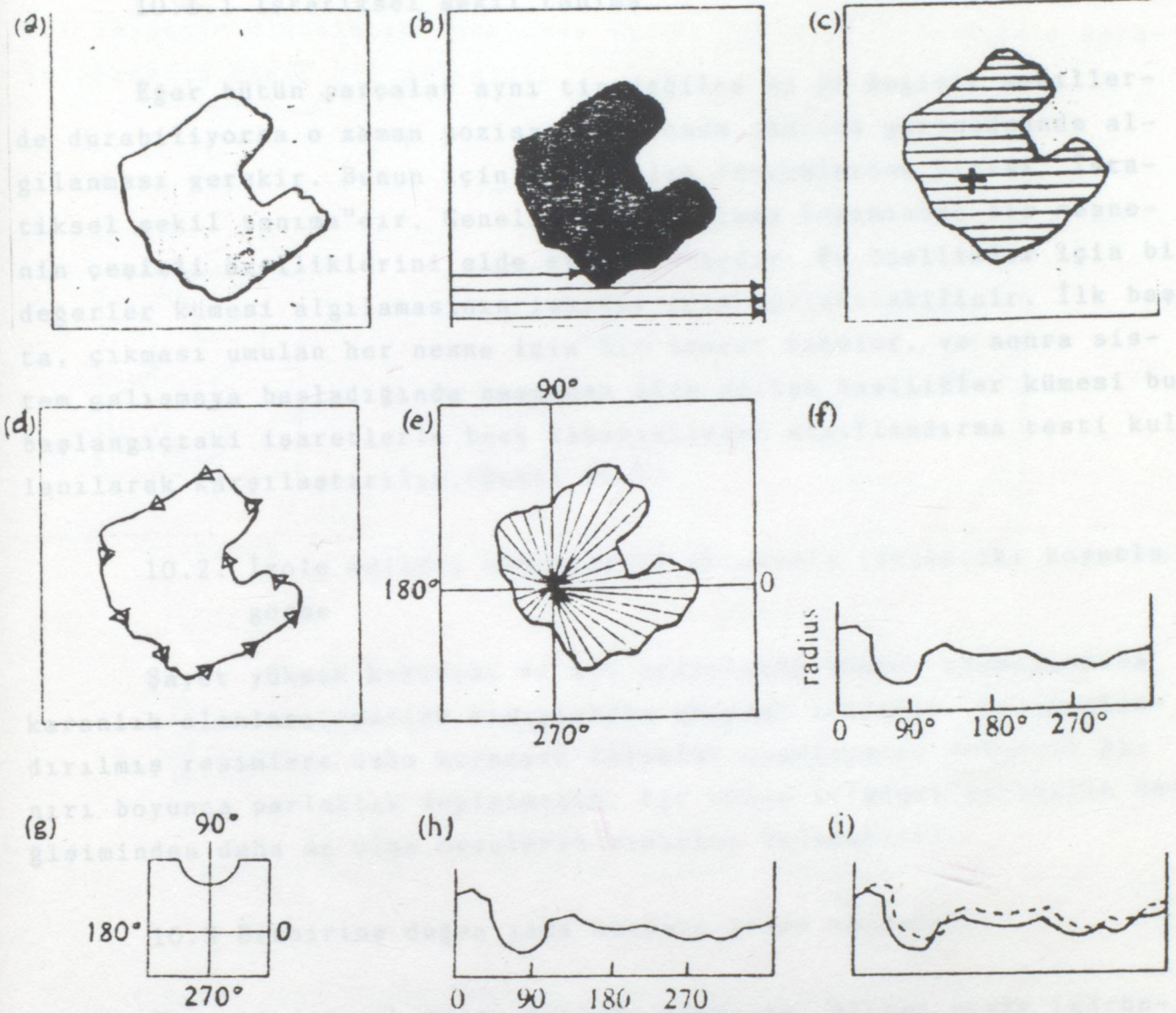
Robot uygulamalarında kullanılan başlıca bilgisayar görme tipleri aşağıdaki gibi sınıflanırlar:

- 1) İzole edilmiş nesnelere ve binary imajla, iki boyutlu görme
- 2) İzole edilmiş nesnelere ve gri-skala imajla, iki boyutlu görme
- 3) Birbirine değen veya üstüste binen nesnelere iki boyutlu görme
- 4) İki boyutlu teşhis, mesela: print edilmiş devre boardların parçalarının kontrolü
- 5) İki boyutlu çizgi izleme
- 6) Perspektif, stereo ve yapılanmış aydınlanma veya bölge bulma kullanarak 3 boyutlu bilginin izole edilmiş nesneden çıkarılması
- 7) 6 gibi fakat karmaşık, yığın halindeki nesnelere için
- 8) 3, boyutlu sahne analizi; hareketli robot kılavuzluğu, rota bulma ve engellerden sakınma için

Son iki sınıf ve bazı durumlar için öteki sınıflarla, hâlâ araştırma aşamasındadırlar. Oysa, öteki 6 sınıf için gerekli olan teçhizat ticari olarak hazırdır.

### 10.1 İzole edilmiş objelerle ve binary imajla iki boyutlu görme

Bu konunun yapılabilirliği sağlam esaslara oturtulmuştur. Amaç bir nesnenin pozisyon ve konumunun tanımlanması ki taşıyıcılar tarafından robotun önüne getirilir. Kullanılan parçaların hepsi aynı olduğu durumda algılama gereksizdir. Görüntü işlemenin çeşitli yolları vardır. Bunlar dan birisi Şekil 10.1'de binary imajla (her pixel ya siyahtır ya da beyazdır. Gri tonları yoktur )başlayarak gösterilmiştir. Televizyondan da belli bir parlaklık seviyesinin altına siyahı atayıp geri kalanı beyazla gösterme suretiyle elde edilebilir. General Mator'un ünle Consight sistemi nesnelere fondu ayırmak için özel bir aydınlatma metodu kullanmaktadır.(Bölüm 7.2'e bakınız)



- a-Gerçek Resim  
 b-Gürültülü(Hatalı) noktaların uzaklaştırılmasından sonra karanlık  
 lık bir hücre ulaşınca kadar nesne yerleştirilir  
 c-Tarama sonucu elde edilen bütün koyu noktaların nesnenin ağırlık  
 merkezi hesaplanır  
 d-Kenar (uç) takibiyle bütün kenarların yerleştirilmesi  
 e Kenarların yarıçaplarının hesaplanması  
 f-Yarıçap/açı fonksiyonu  
 g-h Model nesne kalıbı verir.  
 i Resim yarıçap fonksiyonunun kalıba çapraz düzeltme metodu uygula-  
 narak uydurulması: resmin- yarıçapı fonksiyonunun kaydırılıp kalı-  
 liba en uygun hale getirilinceye kadar döndürülmesi

Şekil 10.1 İki boyutlu binary işleminin düz bir nesnenin  
 pozisyon ve konumunun bulunabilmesi için  
 kullanıldığı bir örnek

### 10.1.1 İstatiksel şekil tanıma

Eğer bütün parçalar aynı tip değilse ya da değişik şekillerde durabiliyorsa o zaman pozisyon ve konum yanında görüntüsünde algılanması gerekir. Bunun için kullanılan yöntemlerden birisi "İstatiksel şekil tanıma"dır. Genellikle hesaplama bakımından bir nesnenin çeşitli özelliklerini elde etmek kolaydır. Bu özellikler için bir değerler kümesi algılamasının işareti için kullanılabilir. İlk başta, çıkması umulan her nesne için bir işaret tutulur. ve sonra sistem çalışmaya başladığında nesneden elde edilen özellikler kümesi bu başlangıçtaki işaretlerle bazı istatistiksel sınıflandırma testi kullanılarak karşılaştırılır.(Şekil 10.1)

### 10.2. İzole edilmiş nesnelere ve gri-skala imajla,iki boyutlu görme

Şayet yüksek kontrast ve iyi aydınlatma mümkün olamayacaksa karanlık alanları, parlak kısımlardan ayırmak zorlaşır. Gri-tonlandırılmış resimlere daha karmaşık işlemler uygulayarak nesnenin sınırı boyunca parlaklık değişiminin, bir bölge içindeki parlaklık değişiminden daha az olan nesnelerin sınırlar bulunabilir.

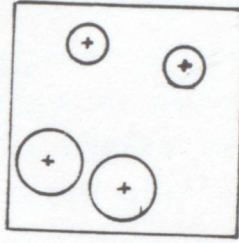
### 10.3 Birbirine değen yada üstüste binen nesnelere.

Eğer birden çok nesne üstüste binmişse, alınan resim (görüntü), bir maddenin resmi gibi düşünülemez. Bu yığını oluşturan nesnelerin ayrı ayrı tanımlanması gerekir Temel metod bu resimden elde edilen özelliklerin algılanmasıyla başlar. Özellikler ve uzaklıklar ve açılar bir modele uydurulur. Şekil 10.g de gösterilen örnek, özellikle R1 ve R2 yarıçaplı çemberlerdir. Görüntü analiz programı, bu yarı çaplı çemberleri, analiz işleminin daha önceki bir basamağında bulunan köşelere uydurmaya çalışır. Sonuçta 2 büyük, g2 küçük çember bulunur. Bu örnekte nesnelerin düz olduğun farzediyoruz. Şayet öyle değilse problem daha da zorlaşmakta ve örnekler 3- boyutlu görüntü analizi konusuna girmektedir. Şekil 10.2-C'deki model; biri büyük diğeri küçük iki dairenin D uzaklığı ile ayrıldığını belirtip, bu nitelikli bütün daireleri inceler ve sadece iki uzaklık uygunluğu bulur. Daha sonra bu resmin çaprazlama şekilde bulunan

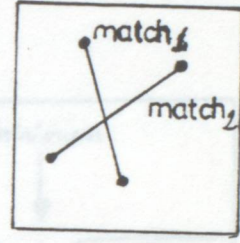
iki nesnenin olabileceği sonucuna varır. Şekil 10.2 bu modele dayalı görmenin basit bir örneğidir.



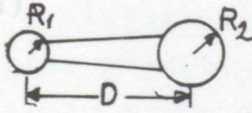
a) resim



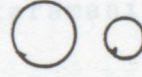
b) bulunan özellik



e) bulunan uzaklık uzunlukları



c) nesnenin modeli



d)resimde uzanacak özellikleri çıkarır.

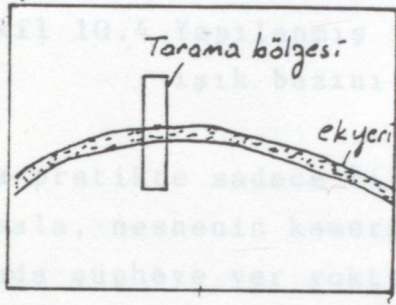
Şekil 10.2 Modele dayalı 2-boyutlu görme

#### 10.4 İki boyutlu teşhis

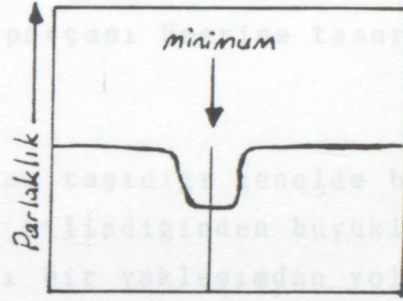
Baskılı devrelerin, kırık hattı, eksik delikleri veya hatalı parçaların olup olmadığını teşhis eden makinalar vardır. En kaba yöntem, ideal bir baskılı devrenin bir görüntüsünü saklamak ve onu incelenen devreyle pixel karşılaştırmaktır. Bu çok küçük hataları bile gözardı etmediği için kullanım alanı oldukça sınırlıdır. Daha gelişmiş sistemler kontrol edilecek olanların listesini tutar ve bu alanlarda anahtar özellikleri bakımla suretiyle, modele dayalı kontrol uygularlar. Böyle sistemler, denetlenecek alanın düz olduğu parçalar için geçerlidir.

#### 10.5.İki boyutlu çizgi(hat) izleme:

Kaynak sırasında veya bir dikiş yerini yapıştırma veya bir materyali belirli kalıp şeklinde kesme sırasında, bir robot koyu yada açık bir ışığı takip etmek zorundadır. Şekil 10.ğ. bu düşüncüyü basitleştirilmiş şekilde göstermektedir. Kamera, robot koluna takılabilir. Sistem dikiş veya kaynak yerine sabitlendiğinde, dar bir alan bu yer boyunca taranır. ve parlaklık değerine göre yeni kaynak yeri bulunur.



(a)



(b) Ekyeri boyunca yapılan bir taramanın parlaklık profili

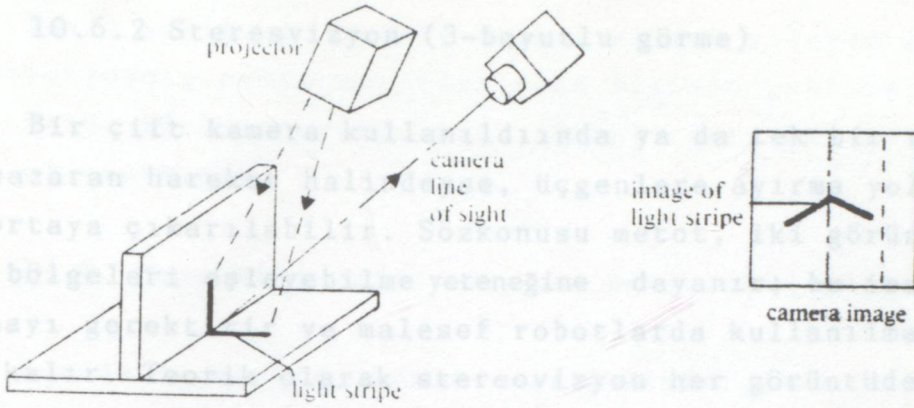
### 10.6. 3-Boyutlu Görme: İzole edilmiş nesnelere

Bu 3-boyutlu bir dökümün taşıyıcı bant üzerindeki pozisyonunun belirlenmesidir. Başka bir örnek, kaynak yapılacak iki levhanın tam yerleştirilmemesinden dolayı kaynak yapılacak noktaların bulunması problemi.

Görme sistemi, bazı sınırlandırılmış nesne sınıflarının bir kaç spesifik boyutlarının ölçülmesi şeklinde düzenlenebilir. (Kaynak örneğinde olduğu gibi) Burada Şekil 10.4'deki ışık şeridi tekniği kullanılabilir. Erimiş metalin sıçraması ve arkten oluşan ışıktan dolayı görüntülerde meydana gelen aşırı gürültüler, işlenmesini zorlaştırır. Böyle bir durumda 3-boyutlu bilgiyi bulan dört ana metod vardır.

#### 10.6.1. Tek görüntü (monoküler görme)

Teorik olarak, tek bir görüntü sonsuz bir belirsizlik arzeder.



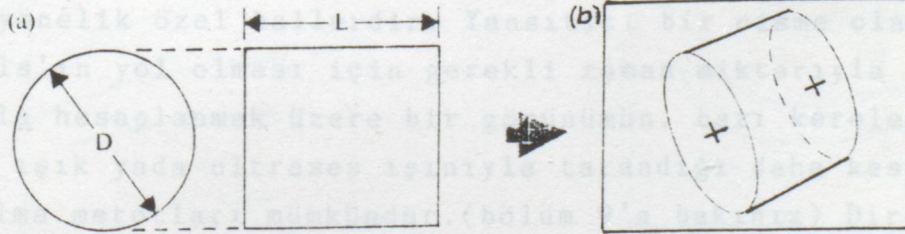
Şekil 10.4 Yapılanmış ışık: kamera iş parçası üzerine tasarlanan ışık bazını dedekte eder.

#### 10.6.3 Yapılanmış-organize aydınlatma (Structured illumination)

Ama pratikte sadece birkaç yorumun anlam taşıdığı genelde bilinir. Mesala, nesnenin kameray olan uzaklığı bilindiğinden büyüklüğü hakkında şüpheye yer yoktur. Modele dayalı bir yaklaşımdan yola çıkılır Üç boyutlu bir model; silindir, koni, irili ufaklı küp ve prizmalardan v.s oluşur. Bilgisayar grafiklerinde kullanılan benzeri türden hesaplar yoluyla, modelin belirli bir yönden görünüşü bulanabilir. (Şekil 10.5) Bu da daha önce sözü edilen türden bir görüntüyle karşılaştırabilecek iki boyutlu bir model oluşturur.

#### 10.6.4. Nesne görüntüleme (Range imaging)

#### Organize (yapılanmış) aydınlatma ve stereovizyon uzaklığın kav-



Model obje:  
D çapında, L uzunluğunda  
bir silindir

Silindirin 2 boyutlu  
perspektif görünüşü:  
2 elipsin doğru çizgilerle  
birleştirilmesi

Şekil 10.5 3-boyutlu modele-dayalı görme

### 10.6.2 Steresvizyon (3-boyutlu görme)

Bir çift kamera kullanıldığında ya da tek bir tanesi hedef nesneye nazaran hareket halindeyse, üçgenlere ayırma yoluyla derinli bilgisi ortaya çıkarılabilir. Sözkonusu metot, iki görüntüde de yeralan küçük bölgeleri eşleyebilme yeteneğine dayanır; bu ise bir yığın hesaplamayı gerektirir ve malesef robotlarda kullanılmak için çok kez yavaş kalır. Teorik olarak stereovizyon her görüntüde işe yarar. Fakat sıra görülen şeyin tarifine gelince tekrar geometrik modellere dönülmesi gerekir.

### 10.6.3 Yapılanmış-organize aydınlatma (Structured illumination)

Basit bir uygulamasını az önce belirttiğimiz bu metot, esasen üçgenlere ayırma yoluyla tek bir görüntüden mesafenin (derinlik) algılamasına yönelik olup prensipte stereovizyonu andırır. Başlıca avantajı iki görüntüyü eşleme zorunluluğunun bulunmaması ve nesne boyunca uzanan yelpaze-ışınların aydınlatmasıyla oluşturulan kalıbın direkt olarak seçilmesine bağlı olarak gerçekleşen işlem çabukluğudur.

### 10.6.4. Mesafe görüntüleme(Range imaging)

Organizi(yapılanmış) aydınlatma ve stereovizyon uzaklığın kavranmasına yönelik özel hallerdir. Yansıtıcı bir cisme olan uzaklık bir tek puls'ın yol olması için gerekli zaman miktarıyla ya da faz metotlarıyla hesaplanmak üzere bir görünümün, bazı kereler mekanik olarak bir ışık yada ultrases ışınıyla tarandığı daha kestirme olan uzaklık bulma metotları mümkündür.(bölüm 9'a bakınız) Direkt mesafe bulma tekniği, dış manzara analizi ve araç yönlendirmesine çok uygundur.

### 10.7 Kümelenmiş parçalar için uygulanan 3-boyutlu görme:

Bu mesele büyük önem arzeder. Çünkü birçok fabrikada parçalar tenekelerde ya da kutularda nakledilir. Küçük yanı elemanlar titreşim halindeki besleyicilere yönlendirilebilirler de büyük parçalar için aynısı mümkün değildir.

## 11. NESNE TANIMA

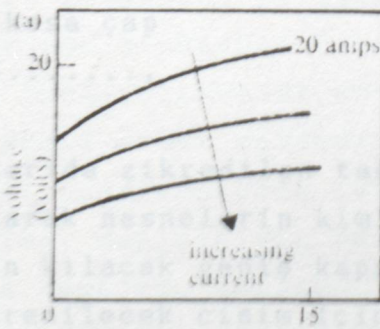
Temel yaklaşım, modele dayalı eşleme yoluyla üç boyutlu plan-  
daki soyutlaşmış nesne metotlarından birinin genişletilmesi şeklin-  
dedir. Henüz birçok durumda bunu güven içerisinde gerçekleştirmek  
mümkün olmamaktadır.

### 10.8. Hareketli robotlar için üç-boyutlu görünüm analizi

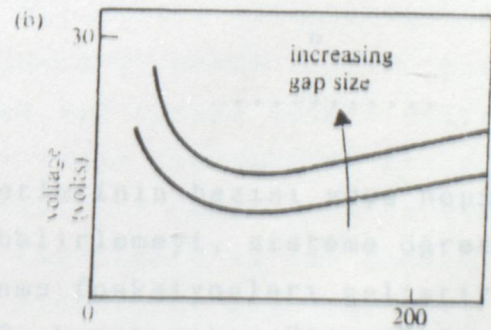
Burada da mesele, kümelenmiş parçalardakine oldukça benzer  
olup oldukça yoğun araştırmalara konu teşkil eder.

### 10.9. Kaynak ve diğer işlemlerde görsel olmayan algılama:

Bazı işlemlerde, işlemin kendisini bir yönüyle yansıtan (or-  
taya koyan) sinyaller sayesinde endüstri robotunun hareketleri be-  
lerlenebilir. Kaynak ile elektrot arasındaki mesafe şerare (elektron  
sıçramasından kaynaklanan) akım ve voltajdan kestirebilir. Şekil  
10.6.'da gösterildiği üzere bu nicelikler arasında doğrusal olmayan  
bir bağınta mevcuttur. Şerare boşluğunu kontrol zorunluluğu yarığın  
izlenmesinden bağımsızdır. O yüzden bu akım-voltaj metodu bir görme  
sistemiyle içiçe olabilirde, olmayabilirde.



aralık(boşluk)boyutu(mm)



Akım (amp)

Şekil 10.6 Ark kaynağında akım, voltaj ve ark aralığı  
arasındaki ilişkiler.

## 11 NESNE TANIMA

Görüntü alanındaki nesnelere kimliği yönelimi ve pozisyonu belirlemesini sağlayacak sistemin kullanabileceği emirler üç çeşittir.

- Veri edinimi
- Görüntü işleme (Özellik çıkarma dahil)
- Öğrenme ve tanıma

Algılanan her görüntü bilgisi aşağıdaki parametrelerden herhangi birinin verilen emirle güncelleştirebileceği birhafıza alanı ile birleştirilmesi gereklidir.

PARAMETREFONKSİYON

|                                    |                  |
|------------------------------------|------------------|
| Yerçekim merkezi                   | Pozisyon yönelim |
| En uzun çapın yönü                 | yönelim          |
| En kısa çapın yönü                 | "                |
| Alan                               | tanıma           |
| Parametre                          | "                |
| Deliklerin sayısı                  | "                |
| Parametre2 /Alan (az alan kaplama) | "                |
| En uzun çap                        | "                |
| En kısa çap                        | "                |
| .....                              | .....            |

Yukarıda zikredilen tanıma parametrelerinin bazısı veya hepsine dayanılarak nesnelere kimliklerini belirlemeyi, sisteme öğretmeyi mümkün kılacak geniş kapsamlı öğrenme fonksiyonları geliştirilmiştir. Öğrenilecek cisim için bir isimle beraber bir "learn" (öğren) emri verilir. Sistem daha sonra gerekli tanıma parametrelerini bir data yapısı içerisinde hesaplar ve kaydeder ki bu data yapısı her parametreyle birleştirilmiş olan bir toleranslar kümesine bütünleştirir. Bu toleranslar otomatik olarak kullanışlı bir değerler kümesine "İNİTİALİSE" edilirler. Fakat her öğrenilen nesne için kullanıcı bunları münferid olarak hem pozitif hemde negatif eksenlerde ayarlayabilir. Öğrenilen nesnelere atılabilir veya tekrar öğrenilebilir, mu-

hafaza edilebilir veya doldurulabilir. "Recognise" (tanı) emri verildiğinde, öğrenilen nesnelere listesi taranır ve kullanımda olan parametreler, kamera görüntüsünden hesaplanan parametrelerle karşılaştırılır. Eğer yeni parametrelerin hepsi öğrenilmiş nesne için belirlenmiş olan menzilin içerisinde düşerlerse, sistem kullanıcıya ya da "host" bilgisayara belirli nesneyi tanıdığını bildirir.

Ek emirler, sistemin parametrelere hesaplamadan önce resim bilgisini işleme tabi tutmasını mümkün kılar. Bu emirler; resim ters çevirme "exposure" (maruz bırakma) kontrolü, aydınlık veya karanlık zemin seçimi ve izole edilmiş pikelleri dolduran veya silen birkaç ses uzaltma fonksiyonlarını ihtiva eder. Makro(büyük) bir yapı avantajı imkanı, emirler dizisinin hafızada depolanmasını ve tek talimat olarak yürürlüğe konmasını mümkün kılar. İki "frame" (çerçeve) deponun herhangi birinin muhteviyatı manitör ekranında, birleştirilmiş parametre listesiyle beraber aynı zamanda görüntülenebilir. Bilgisayar kontrolü altında olduğunda bütün parametre öğrenimi ve frame depo bilgisi istenildiğinde "master" sistemine gönderilebilir.

### 11.1. NESNE ÖĞRENME PROSEDÜRÜ

Sistem, başlangıçta tanınması ve işlenmesi beklenen nesnelere modelli temsilini geliştirmek için bir eğitim süresini gerektirir. Bu öğrenme prosedürü (yöntemi), nesnelere, nesne tipini, pozisyonunu ve yönlendirmesini kolaylaştıracak bir tarzda tatmin edici bir şekilde temsil etmek amacıyla her bir nesne tipini, tek bir sayıda ve sabit pozisyonlarda taramayı gerektirir. Şekil 11.1'de gösterildiği gibi, değişik tip ve ebatlarda iki civata ve iki somunu örnek olarak verelim. Şekilde nesnelere biçimleri, pozisyon tipi ve yönlendirilmesi belirtilmiştir.

| NESNE<br>TİP<br>NES NO<br>NE POZ NO | SOMUN<br>L1 | SOMUN<br>2 | CİVATA<br>3 | CİVATA<br>4 |
|-------------------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| 1                                   |             |            |             |             |
| 2                                   |             |            |             |             |

Şekil 10.1 Nesne tipleri ve tanıma için kullanılan pozisyonları

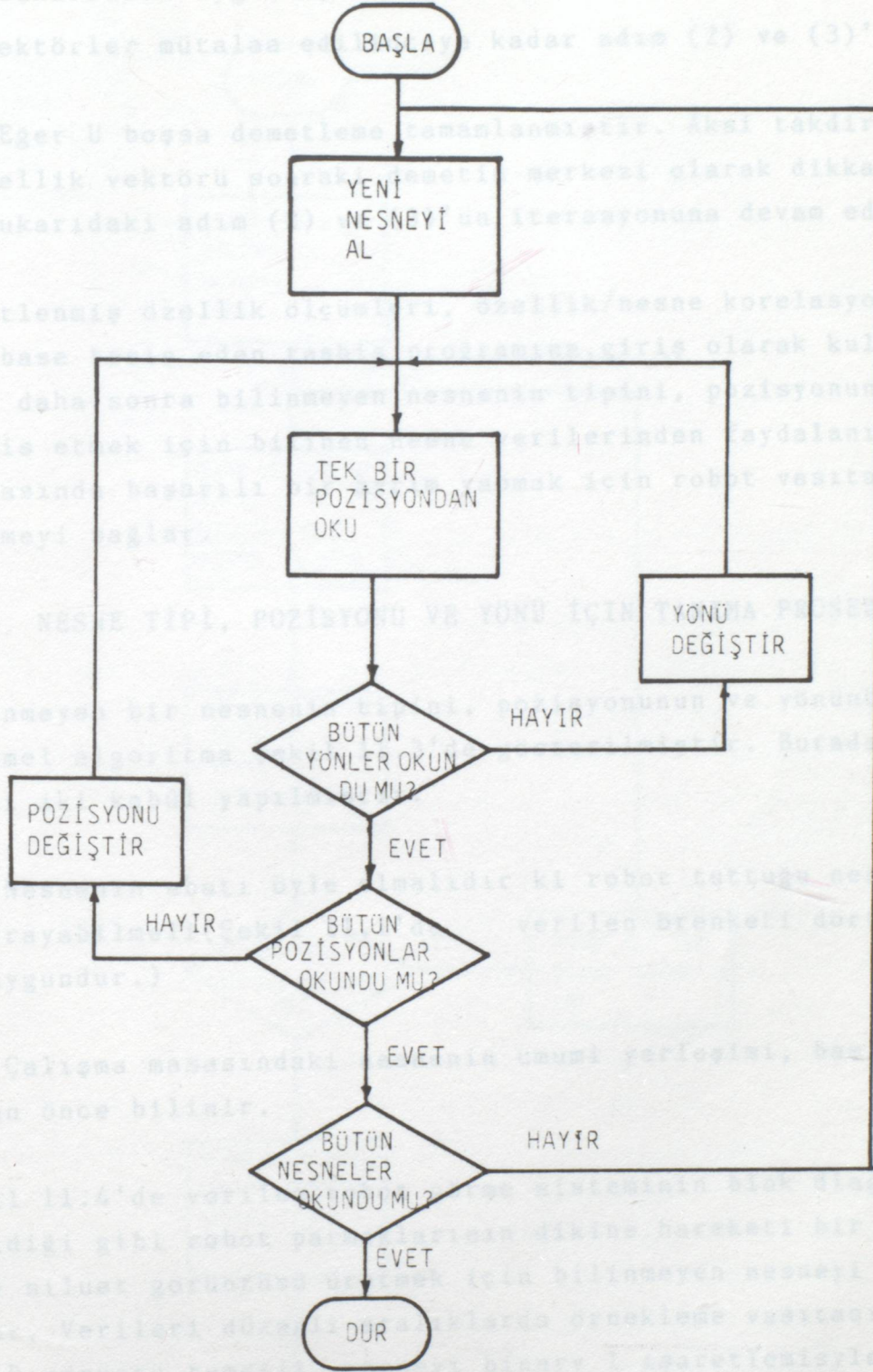
Nesne tipi; herhangi bir yerleştirme durumu göz önüne alınmaksızın muayyen nesneyi ifade eder. Nesne pozisyonu; yegane ve sabit durumu ifade eder. Nesne oriyantasyonu ise yukarıda görüldüğü gibi çalışma masasının üzerindeki nesnenin açısını belirler. Böyle bir oriyantasyon (yönlendirme) bu pozisyonla birlikte taktır.

Öğrenme prosedürü her bir nesne için aşağıdaki gibi yapılır; 1-tek bir pozisyon seçilir 2-Bu pozisyon tekse, bağımsız oriyantasyon, bir tarama robot gözüyle oluşturulur ve elde edilen bilgi depolanır.

Mesela nesne 3, pozisyon 2, robot tarafından civatanın yönlendirmesine bağlı olarak, farklı görüntüler üretecektir. Öğrenme prosedürü, bütün birim nesnelere taranmaya kadar işlem tekrarlanır. Şekil 11.2 öğrenme prosedürünün temel algoritmasını gösterir. Bu öğrenme taramalarının neticesi olan her bir görüntü bilgisayara giriş olmak üzere daha sonra bir 8X20 binary görüntüye dönüştürülür. Neticedeki bütün binary görüntüler özellik ölçüm programına giriş olur. Bu programla oluşturulan özellik ölçümleri sonradan özellik benzerliğine göre demetlenmiştir. Aşağıda tarif edilen bu demetleme prosedürü şekil özelliklerine göre, bir şekiller takımı, alt takımlara veya demetlere ayırmak için kullanılır. Bu ağaç yapısı kararında ilk temel adımdır. Şekil ölçümlerinin demetlemeden önce tamamlandığı farzedelim.  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$  parçalara ayrılacak bütün şekillerin özellik vektörleri takımı olsun  $U$ : ise  $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$  olsun. Parçalara ayırma için demetleme algoritması aşağıdaki gibi tarif edilir:

- (1)  $U$  takımından  $U_1$ 'i at,  $U_1$ 'i ilk demet say  $U_1^C = U_1$  demet merkezi olsun.
- (2) Demet merkezi ile  $U$ 'da kalan vektörlerden birisi arasındaki  $d(U_1^C, U_i)$  mesafesini hesapla
- (3) Eğer  $d(U_1^C, U_i)$  önceden belirlenmiş eşit değerinden küçükse;  $U_i$ 'yi demete ve  $U_1^C$ 'yi uygunlaştırmak için, demetin içinde bulunan diğer bütün özellik vektörüyle ortalama  $U_1^C$  yi birleştir (dahilet)





Şekil 11.2 Öğrenme yönteminin algoritması

(4) Yukarıdaki uygunlaştırılmış U takımını kullanarak  $U_1$  hariç bütün vektörler mütalaa edilinceye kadar adım (2) ve (3)'ü tekrarla.

(5) Eğer U boşsa demetleme tamamlanmıştır. Aksi takdirde U'daki ilk özellik vektörü sonraki demetin merkezi olarak dikkate alınır. Ve yukarıdaki adım (2) ve (3)'ün iterasyonuna devam edilir.

Demetlenmiş özellik ölçümleri, özellik/nesne korelasyonlarına bir database tesis eden taşhis programına, giriş olarak kullanılır. Bu program, daha sonra bilinmeyen nesnenin tipini, pozisyonunu ve yönünü teşhis etmek için bilinen nesne verilerinden faydalanır ve nesnelere arasında başarılı bir ayırım yapmak için robot vasıtasıyla gerekli d6nmeyi sağlar.

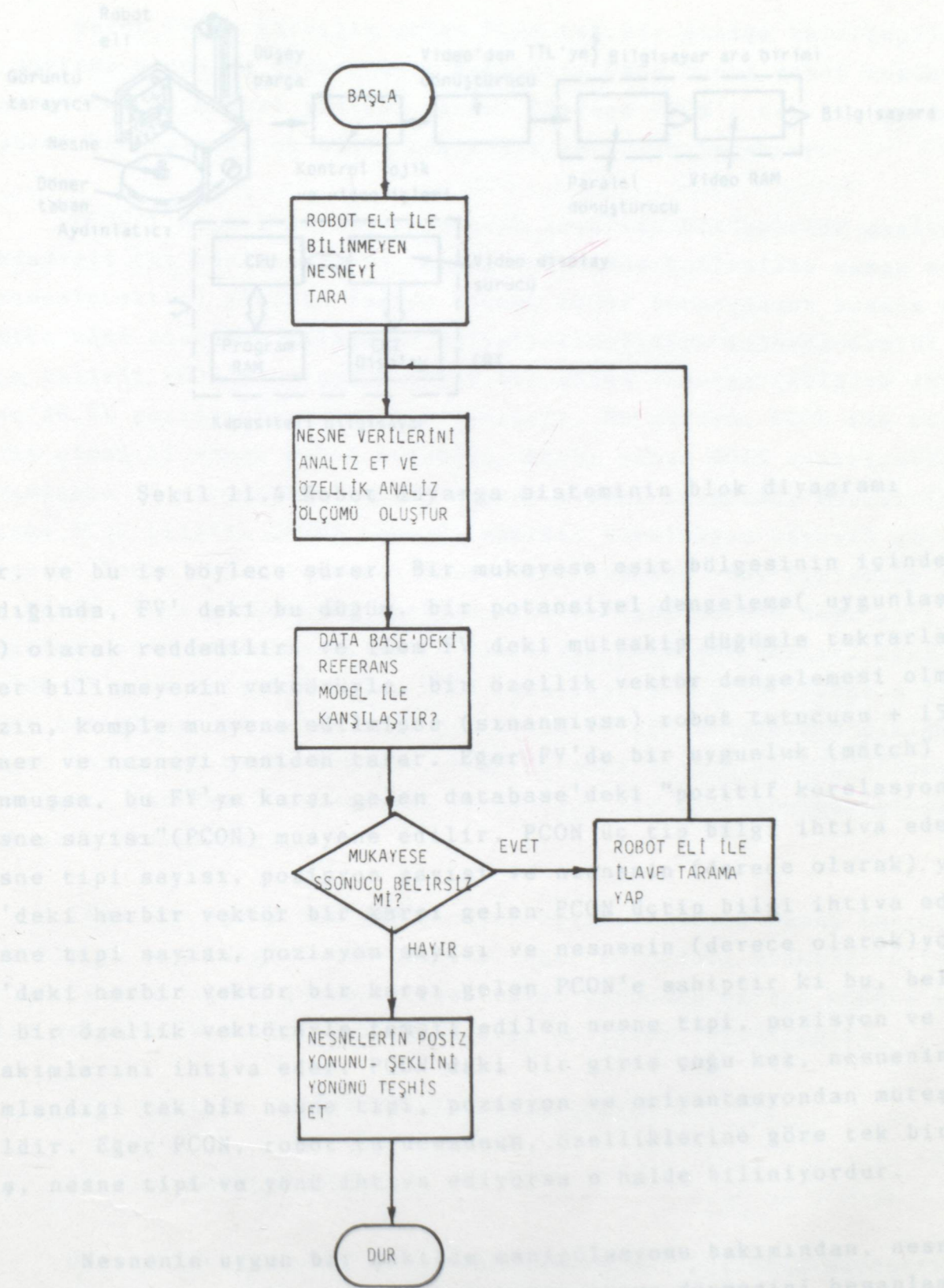
## 11.2. NESNE TİPİ, POZİSYONU VE YÖNÜ İÇİN TANIMA PROSEDÜRÜ

Bilinmeyen bir nesnenin tipini, pozisyonunun ve yönünü tanımak için temel algoritma Şekil 11.3'de gösterilmiştir. Burada birbirine bağlı iki kab6l yapılmıştır:

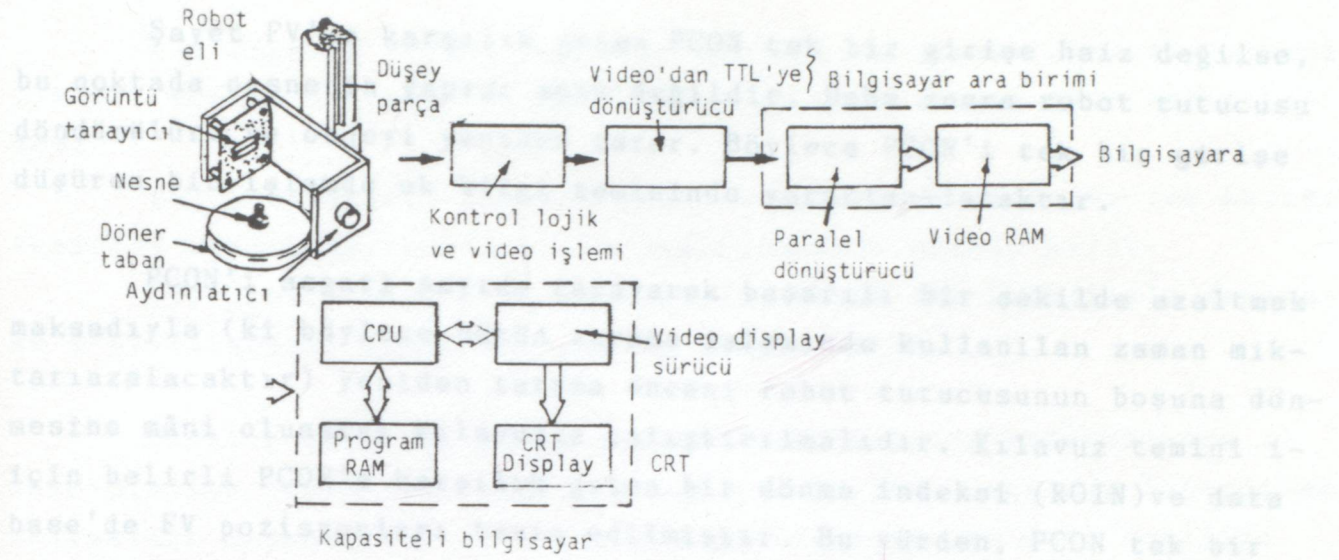
(1) Nesnenin ebatı 6yle olmalıdır ki robot tuttuğu nesneyi tamamen kavrayabilmeli (Şekil 11.1'de verilen 6renketi d6rt nesne bu kab6le uygundur.)

(2) alışma masasındaki nesnenin umumi yerleşimi, başlangıç taramasından 6nce bilinir.

Şekil 11.4'de verilen robot g6rme sisteminin blok diagramında g6sterildiği gibi robot parmaklarının dikine hareketi bir 2-D (2-boyutlu) siluet g6r6nt6s6 6retmek için bilinmeyen nesneyi etkili olarak tarar. Verileri d6zenli aralıklarda 6rnekleme vasıtasıyla nesnenin 2-D g6r6nt6 temsili, nesneyi binary 1 işaretlemesiyle yapılır. Hazırlanan d6zende (daha sonra tarif edilecek) d6rt 6zellik seçilir. 6zellik verileri bir vekt6r formunda temsil edilmiştir. Bilinmeyen 6zellik vekt6r6 daha sonra uygun bir dengeleme bulununcaya kadar database'da 6zellik vekt6r (FV) dizisiyle mukayese edilir. 6zellik vekt6rleri bir zamanda bir giriş olarak mukayese edi-



Şekil 11.3 Tanıma yönteminin algoritması



Şekil 11.4 Robot duyarga sisteminin blok diyagramı

lır. ve bu iş böylece sürer. Bir mukayese eşit bölgesinin içinde olmadığı, FV' deki bu düğüm, bir potansiyel dengeleme (uygunlaştırma) olarak reddedilir. ve ilem FV deki müteakip düğümle tekrarlanır. Eğer bilinmeyen vektörüyle, bir özellik vektör dengelemesi olmazsınız, komple muayene edilmişse (sınanmışsa) robot tutucusu  $+ 15^{\circ}$  döner ve nesneyi yeniden tarar. Eğer FV'de bir uygunluk (match) bulunmuşsa, bu FV'ye karşı gelen database'deki "pozitif korelasyon nesne sayısı" (PCON) muayene edilir. PCON üç tip bilgi ihtiva eder; nesne tipi sayısı, pozisyon sayısı ve nesnenin (derece olarak) yönü FV'deki her bir vektör bir karşı gelen PCON üçtip bilgi ihtiva eder; nesne tipi sayısı, pozisyon sayısı ve nesnenin (derece olarak) yönü FV'deki her bir vektör bir karşı gelen PCON'e sahiptir ki bu, belirli bir özellik vektörüyle temsil edilen nesne tipi, pozisyon ve yön takımlarını ihtiva eder. PCON daki bir giriş çoğu kez, nesnenin tanımlandığı tek bir nesne tipi, pozisyon ve oriyantasyondan müteşekkildir. Eğer PCON, robot tutucusunun, özelliklerine göre tek bir giriş, nesne tipi ve yönü ihtiva ediyorsa o halde biliniyordur.

Nesnenin uygun bir şekilde manipülasyonu bakımından, nesneyi kavramak için gerekli uygun robot tutucusunun dönmesini hesaplamak için nesne tipi pozisyon ve yön bilgisinden faydalanılır. Bu bilgilerin, robot tutucusu için o anki pozisyondan oluşan dönme açısıyla birlikte çıkışı alınır.

Şayet FV'ye karşılık gelen PCON tek bir girişe haiz değilse, bu noktada nesnenin yapısı açık değildir. Daha sonra robot tutucusu döndürülür. ve objeyi yeniden tarar. Böylece PCON'i tek bir girişe düşüren bir işlemde ek bilgi temininde yararlanılacaktır.

PCON'i asgari sayıda tarayarak başarılı bir şekilde azaltmak maksadıyla (ki böylece bütün tarama işleminde kullanılan zaman miktarı azalacaktır) yeniden tarama öncesi robot tutucusunun boşuna dönmesine mâni olunarak kılavuzla çalıştırılmalıdır. Kılavuz temini için belirli PCON'e karşılık gelen bir dönme indeksi (ROIN) ve data base'de FV pozisyonları tesis edilmiştir. Bu yüzden, PCON tek bir giriş olmadığı zaman robot tutucusu, karşı gelen ROIN vasıtasıyla tanımlanan  $\theta$  miktarınca tutucu merkez eksenini civarında döndürülür. Vnceki PCON bilgisi OPCON (önceki pozitif korelasyon sayısı) da depolanır. Sonra robot tutucusu bilinmeyen nesneyi yeni bir açıda tekrar tarar. Yeni görüntünün özellik vektörü daha önce olduğu gibi bir dengeleme için hesaplanır. ve FV dizisiyle mukayese edilir. Eğer uygunluk FV'sine karşılık gelen PCON tekbir giriş ihtiva ederse o zaman nesne tanımlanır ve nesne tipi pozisyonu ve yön bilgisinin çıkışı alınır. Şayet hal böyle değilse, PCON( o anki bilgi) ve OPCON(önceki hesapların neticesi) arasındaki nesne tipi ile pozisyon girişlerinin arakesiti hesaplanır.

Eğer bir işlem tek bir girişte neticelenirse, nesne tanımlanır; tip ve poz bilgisi elde edilir. Eğer sonuçlar, arakesitin tek bir giriş olmadığını gösteriyorsa, robot tutucusu en son PCON'a karşılık gelen ROIN miktarınca döndürülür ve işlem tekrarlanır.

### 11.3 ÖZELLİK SEÇİMİ VE ÖZELLİK ÇIKARIMI

#### 11.3.1. ÖZELLİK SEÇİMİ:

Özelliklerin seçimi aşağıdaki yardımcı bilgilerle oluşturulur:

- (1) Özellik, optik algılama giriş sistemiyle hassas olarak ölçülebilir.
- (2) Özellikler nesnelere arası farkı göstermeye meyillidir.

(3) Gerekli tarama sayısını asgariye indirmek maksadıyla; özellikler, mümkün mertebe, nesnenin dönmesine ve yönüne göre sabittirler.

(4) Özellikler, ihtiyaç duyulan hafıza hacminin(bellek kapasitesinin) seri hesaplanmasını ve azaltılmasını mümkün kılar.

(5) Özellikler, yeni nesnelere, izafi bir kolaylıkla database'e (veritabanı) dahil edilmesini mümkün kılar.

Özellik sayısını küçük bir miktarda tutmada yararlanılan ilave özellik seçim kriterleri de vardır. Burada, yukarıda bahsedilen kriterlere dayanılarak dört özellik seçilmiştir. Bu dört özellik; sentroid civarındaki atalet momenti(MIC); dikdörtgen çevresi minimum olan genişliği (MAER), Wile gösterilir; görünüş oranı (ASPR); ve nesnenin yuvarlaklığı (c). Sadece bu dört özellik tartışılacaktır.

(1) Sentroid civarındaki atalet momenti(MIC):

Esas eksen ve atalet momenti ölçüleri dönme ve çevirmeye göre sabittir. Bir nesnenin sınırı bilinen esas eksenini kurmak için birkaç yol vardır: Nesne taşhisi, mesafeye değil şekle dayandığından üniform mesafe kabulü geçerlidir. Bu yüzden, her bir noktanın değeri, nesnenin içinde 1, dışında 0 olabilir. İki değişkenli (x,y) Mpa moment fonksiyonu,

$$M_{pa} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x,y) dx dy \dots(1)$$

ile verilir.

Şekil tarifleme bakımından; nesnenin içindeki noktalar için  $f(x,y) = 1$ ; dışındaki noktalar için çevresi ve  $f(x,y) = 0$ 'dır.

$f(x,y)$ 'nin bu kabulü, bu sebepten, görüntü algılayıcısı vasıtasıyla binary bilgi çıkışına karşılık gelir. Yani nesnenin aydınlandığı yer binary 1 ve nesnenin görünmediği yerde ise binary 0'dır.

Şu da belirtmelidir ki,  $M_{10}$  ve  $M_{01}$  gravite (çekim kuvveti) merkezinin koordinatlarıyla alanın çarpımıdır.

Merkezi momentler.

Gravite merkez koordinatları  $x$  ,  $y$  'dir.

$$\bar{X} = \frac{M_{10}}{M_{00}}, \quad \bar{y} = \frac{M_{01}}{M_{00}} \dots \dots \dots (2)$$

yukarıda verilenlerle merkezi moment mpa,

$$m_{pq} = \iint (X_i - \bar{x})^p \cdot (y_2 - \bar{y})^q \cdot dx dy \dots \dots \dots (3)$$

ile hesaplanır.

Eses eksenler

11 'i yoktirmek için ikinci-derecede merkezi moment  $M_{11}$ 'e neden olan  $Q'$  yı bul.

$$\tan 2Q = \frac{2m_{11}}{m_{20} - m_{02}}, \quad Q = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2m_{11}}{m_{20} - m_{02}} \dots \dots \dots (4)$$

Daha önceki sürekli integrallar aşağıdaki ayrılık toplamlara indirilebilir.

$$M_{pq} = \sum_{i=1}^N X_i^p \cdot Y_i^q, \quad \dots \dots \dots (5)$$

$$m_{pq} = \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^p \cdot (y_i - \bar{y})^q \dots \dots \dots (6)$$

Bu işlemlerde kullanılan belirli bir özellik, aşağıdaki gibi tanımlanan, sentroid civarındaki normalize edilmiş atalet momentidir.

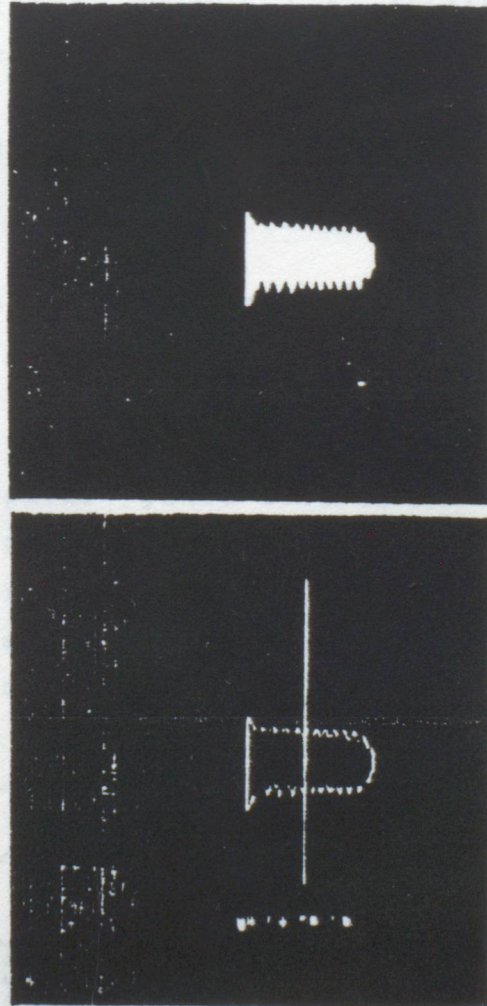
$$\begin{aligned} MIC &= \sum_{i=1}^N [(X_i - \bar{X})^2 + (y_i - \bar{y})^2] / m_{00} \\ &= \frac{(m_{20} + m_{02})}{m_{00}} \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

(2) Döktörtgen kapalı çevreli minimum alanın genişliği  $w$ : Dikdörtgen kapalı-çevreli minimum olan (MAER); çoklu özelliklerin çıkarılabildiği yerden (alınan) bir tekniktir. Bu işlemlerde nesne görüntüleri dikdörtgen olmaya meyilli olduklarından, MAER'in çalışma masası üzerinde sükuente olduğu kabul edilmiştir. Bu yüzden MAER'i tesbit etmek için nesnenin sadece maksimum genişliğini ve yüksekliğini hesaplamak gereklidir.

(3) Görünüş oranı (ASPR): Görünüş oranı, basitçe MAER genişliği, MAER uzunluğa bölerek bulunur.

(4) Yuvarlaklık ( $c$ ): Yuvarlaklık ölçüsü nesne çevresinin karesinin nesne alanına bölünmesiyle hesaplanır Yani  $C = \frac{P^2}{A}$  dır

Şekil 11.5 tahta vidanın lineer taramasını ve sentroid grafiğini dikine gösterir.



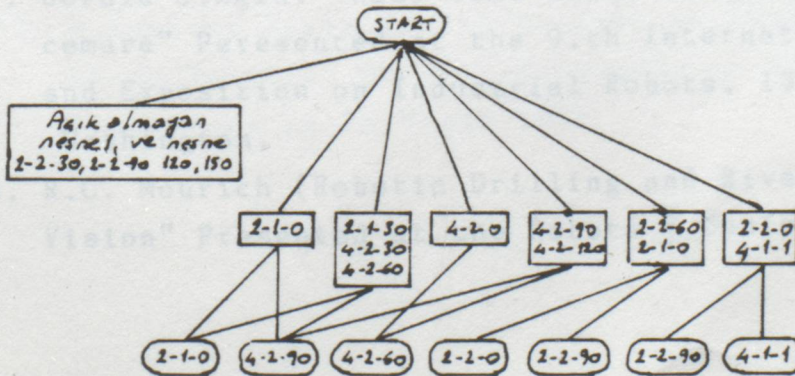
Şekil 11.5

### 11.3.2 ÖZELLİK ÇIKARTIMI

Özellikler, aşağıdaki tarzda, öğrenim ve test takımının her ikisi için elde edilir: Nesne, daha önce belirtildiği gibi, uyarılmış robot tutucusunun dikine inişi, kontrollü DC motorla taranır. Tarama hızı, motor akımının kontrolüyle ayarlanabilir. Özellik ölçümlerini hesaplayan sonu 2-D binary görüntüdür. Görüntü algılayıcısı ile bilgisayar arasındaki doğrudan donanım bağlantısı yerine bu görüntülerden alınan veriler, özellik çıkartımına elle yüklenir. Bu transferi mümkün kılmak için görüntünün bir "har copy" si üretir. Görüntü dış hatlarının kopyelenmesi (resimlenmeli) milimetrik rulo graf kağıdı üzzerine yapılabilir Transfer edilen veri sayısını azaltmak için, dış hatların çevrelediği alanın her Cm2'si karenin en azından % 50'si dış hatlar içinde ise, bir binary 1 olarak tesbit edilir. Sonuç, nesne görüntüsünü temsil eden bir 8x20 binary dizisidir. Daha sonra dizi bilgisi, önceden bahsedildiği gibi, özellik ölçümlerini yapmak için özellik hesaplama programına sokulur.

Özellik ölçümü ve demetleme işlemleriyle teşkil edilen karar ağacı Şekil 11.6'da gösterilmiştir.

S başlama pozisyonu temsil etsin. Özellik ölçümlerine dayanarak bunlar açık-secik uygunluk bulunabilir. (nesne tipi, pozisyon ve yön bu sebepten bilinir) Veya bir muğlak durum gelişebilir. Bu durumda robot tutucusu işaretlenin(gösterilen)Q mitarınca döndürülür ve başka bir tarama yapılır. Şekil 11.6'da işaret edildiği gibi, Şekil 11.4'e dayalı nesne tipi, pozisyon ve yön başarılı bir şekilde tanınmıştır. Karar ağacındaki rakamlar mesela; örnek(4-2-30)nesne tipi 4, kararlı hal 2 ve çalışma masası referans koordinatına göre dönme  $30^{\circ}$  olduğunu belirtir.



Şekil 11.6

## REFERANSLAR

1. K.S. Fu, R.C. Gonzalez, C.S.G.Lee "ROBITICS Mc Graw-Hill Singopur, 1987.
2. Alan Pugh "ROBOT VISION" Mc Graw-Hill, Berlin 1983.
3. Alan Pugh "ROBOTIC TECHNOLOGY" Mc Graw-Hill, 1983.
4. Alan Pugh "ROBOT SENSORS"- Tactile 8 Non-vision-1986.
5. D.I.T Todd "FUNDAMENTALS OF ROBOT TECHNOLOGY" Mc Graw-Hill 1986
6. Wesley E.Snyder "INDUSTRIAL ROBOTS"- New York 1985
7. Arthur J. Critchow "INTRODUCTION TO ROBOTICS",New York 1985
8. M.N. Özdaş 'Robotik ve Geleceği" Kanferans,İst.4 Nisan 1990
9. G.Martımer, L.Newbery "ROBOT VİSİON" Practical Elektronik, August 1983
10. C.Blume, W.Jakob, 'Programming Languages for Industrial Robots", Berlin 1986
11. R.O. Duda, P.E.Hard, " Pattern Classificatin and scene Analysis" Wiley, New York 1973
12. B.Bütün "An image Processing System" İ.T.Ü. Fen Bil.Enst. (Master tezi) June 1989
13. T.Ekinalan "CCTV Sistemleri ve Uygulamaları" Y.Ü.Fen Bil. Enst.(Master Tezi) İst. 1988
14. M.Savaşan "Görüntüokuma işleme ve Karakter Tanıma" Y.Ü. Fen Bil.Enst.(Master Tezi) İstanbul 1987
15. W. Müller, M.Brand, J.Erich, C.Elstner, K.H. Franke "CCD image Sensors As Material Measures In the Astro-1", J.R. (Jena Rewiev) 1990/2
16. E.Krothov, F.Fuma, J.Summers. "An Agile Stereo Camere System For Flexible Image Acquisition"IEEE Journal of Robotics and Automation volume 4, No.1, Feb. 1988
17. Gerald J.Agin. "Real Time Robot Control Whit a mobile cemare" Peresented at the 9.th International Symposium and Exposition on Industrial Robots, 13-15 March 1979, Washington.
18. R.C. Mourich (Robotic Drilling and Riventin Using Computer Vision" Presented at the Robots  $\bar{V}$  Conference,Oct.1980 U.S.A

19. A.V. Oppenheing, A.S. Willsky, I.T.Young "SIGNALSAND SYSTEMS" PHI, USA 1983.
20. R.C.Lou "Microcomputer, Based Robot Dynamic Sensing" IEEE journal of Robotic Systems V:4,No:2 1987
21. B.Carlisle, S. Roth "The Puma/VS-100 Robot vision System" Presented at the 1.st International Conf.on Robot Vission and sensory Controls, uk April 1.3.1981
22. M.R.Ward, L.Rossol,S.w. Holland, R.Dewar "CONSIGHT: A Practical Vission Bades Robot Guidance System" Presented at the Ninth Onter. Symp.on Industial Robot Conference March L979 U.S.A
23. G.B.Porter, J.L.Mundy "Visual İnspection System Design" Reprinted from computer, May 1980, P.50-63
25. F.Harashima, H.Hashimoto, T.Kuboto (Tahya Üniv.) 'Algılayıcı Tabanlı Robot Kontrol Sistemleri" Çeviri S.Eski İzmirliiler, Elektrik Müh.Dergisi (E.M.O) cilt:36 Sayı:378 Yıl 1991
26. C.Loughin "Eye-ın,Hand Robot Vision Sevres Over Fixed Camera"Sensor Riwiw, 3 Jenuary 1983
27. M.Yoneyama, S.Watanabe"Ultrasonic Robot Eyes Using Neural Networks" IEEE Transactions on ultrasonics, Ferroelectries and Frequeny Control Vol:37 NO:2 Mayıs 1990
28. A.F.Kaçar "Robot Duyargaları" İ.T.Ü.Fen Bil.Enst.(Master Tezi) Haziran 1987
29. Linear Data Book 3 National Semiconductur Corporation 1990
30. Hitachi Optoelectronic Semiconductor Corporation 1990
31. A.Akın, R.Köksal "Geliştirilmiş Bir Görüntüleme Elemanı CCD" Bursa III. Bilgisayar ve Haberleşme Sempozyumu 24-28 Nisan 1991
32. H.Pastacı, B.Karlık "CCD Kamera Sistemleri"Bursa III. Bilgisayar ve Haberleşme sempozyumu 24-28 Nisan 1991
33. H.Pastacı Bekir Karlık"Muayene ve Kontrol için Bilgisayar Görme Tekniği" Bursa III.Bilgisayar ve Haberleşme Sempozyumu 24-28 Nisan 1991

## ÖZ GEÇMİŞ

Bekir KARLIK 1964 yılında KARAMAN'da doğdu. İlköğrenimini, Karaman İstiklal İlkokulunda; orta öğrenimini, İzmir 9 Eylül Orta Okulu ve Mithatpaşa Endüstri Meslek Lisesinde yaptı. 1984 yılında Yıldız Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümüne girip, 1988'de mezun oldu. Daha sonra Hereke Nuh Çimento Endüstri Meslek Lisesinde Öğretmenlik yaptı. 1989 yılında, Yıldız Üniversitesi Elektrik Mühendisliği, Elektrik Makinaları Anabilim Dalı, Elektronik ve Ölçme Standartları, bilim dalında araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Aynı yılda yüksek lisansa başladı halen devam etmektedir.



