

## BİLGİSAYAR VİZYON VE GÖRÜNTÜ İŞLEME

**Doç.Dr.Emin D.AYDIN**  
MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
İletişim Fakültesi

**Görüntü İşleme** : Bir görüntünün işlenmesidir, genelde bir bilgisayar ile başka bir görüntü üretme.

**Bilgisayar Vizyon** ise; görüntü alma, işleme, sınıflandırma, tanıma ve hepsini içermeye, karar verme aşamaları; bir uzay araştırma aracının kendi hareketi hakkındaki kararını verebilmesi gibi.

Bu tanımlar tam değildir.

### **Görüntü işlemenin uygulamaları:**

- Görsel veri tabanı
- Grafik dizaynı
- Oymacılık
- Tekstil dizaynı
- Haritacılık
- Metallurji
- Materyal bilimi
- İlaç kurgu dizaynı
- Nesne tanımlama
- Mikroskobik işlemler
- Uzay aracı resmi işleme
- Partikül sayma ve boyutlandırma
- Ses ayarlama
- Üç boyutlu tekrar yapılandırma

Fotoğrafik gizlilik  
Elyazması çözme  
Döküman okuma  
Yiyecek kalite kontrolü  
Bakterisel gelişme  
Coğrafik modelleme  
Özerk seyrüsefer  
Kozmetik  
Astronomi  
Savunma uygulamaları  
Parçacık izleme  
Ultrason ile balık avlama  
Çömlek hatası belirleme  
Göz retina karşılaştırması  
Sıvı mekaniği  
Yazı ve resim mükemmelleştirme  
Döküman transferi  
Döküman karşılaştırma  
Gizlilik mükemmelleştirme ve tanımlama  
Hava haritalama

**Ballard ve Brown (1982) tanımı :**

**Bilgisayar Vizyon ;** Otomatikleştirme girişimi ve geniş bir işlemler menziline birleştirme ve görsel algı için temsilleştirmelerdir. "Görüntü işleme"yi de bu terime dahil etmişlerdir.

**Niblack (1986) tanımı :**

Görüntü işleme: Resimlerin bilgisayarlarca işlenmesi ve daha sonra işlenen görüntünün de bir görüntü olması.

Bilgisayar vizyon, görüntü işleme'den pek çok teknik içerir. Fakat "Gören makina" diyebileceğimiz komple bir sistemle ilişkili olması itibariyle görüntü işleme ile kardeşir.

**Boyle ve Thomas (1988) :**

Bilgisayar vizyon : Düşük seviyeli işlemlerde görüntü işleme algoritmaları kullanılır ve bilgisayar vizyonu bunları kapsar.

**Jensen (1986) :**

Kitabına "Sayısal Görüntü İşlemeye giriş" adını vermiş (Uzaktan algılama perspektifinde) ve görüntü alma ile bölge sınıflandırma üzerine önemli bölümler ayırmış ve üzerinde durmuştur.

**Gonzales ve Wintz (1977) :**

Bölümlerini tüm diğer yazarlar bilgi vizyonu olarak konuları ele almasına rağmen, alan ve ilişki tanımlamaları üzerinde yoğunlaştırmıştır.

En iyi yaklaşım bilgisayar vizyonu uygulamalarını gösteren bir örnek vermektedir.

### **ÖRNEK 1; ÇELİK ÇİVİLER KALİTE KONTROLÜ**

Bilgisayar vizyon sistemi, eğer üretim sistemi yeterli standart frekansında üretim yapmıyorsa üretimi durdurmada kullanılabilir.

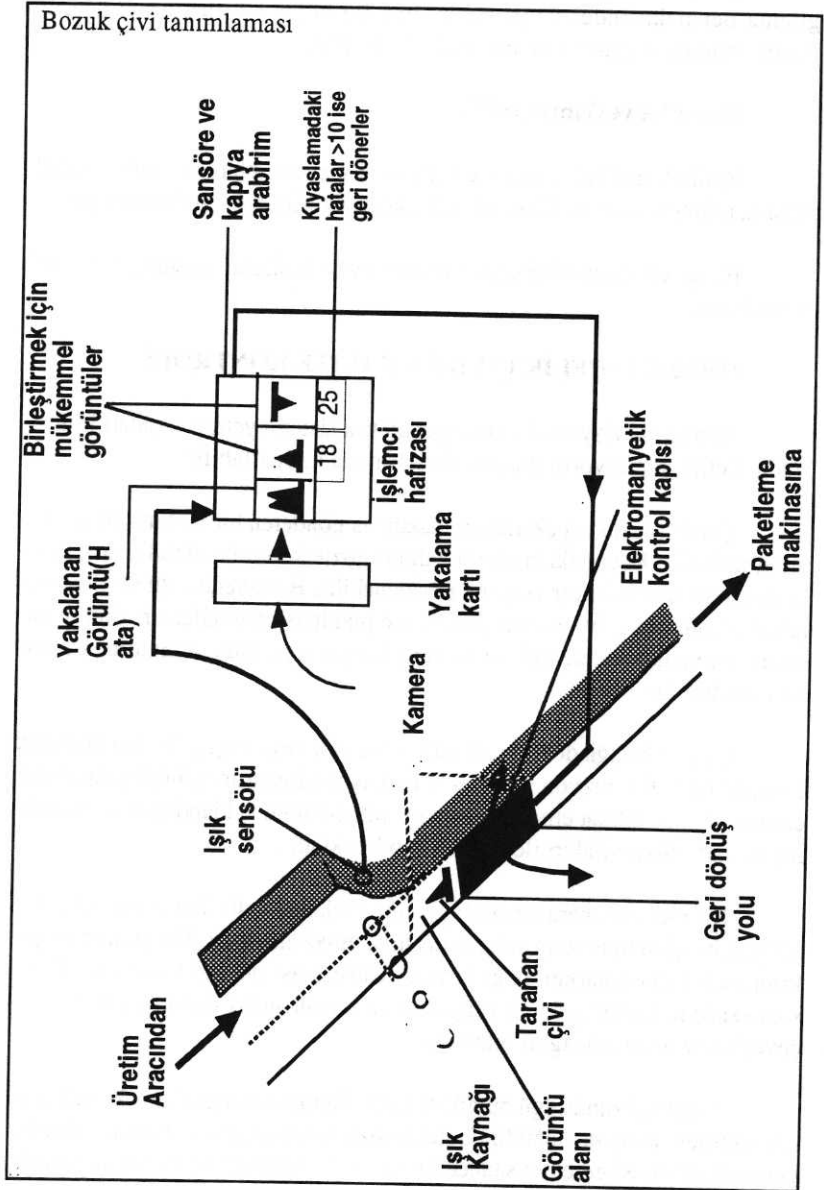
Çiviler, kızakta paketleyen makinaya gönderen bir makina tarafından üretilmektedir. Kızaktaki çivilerin kalitesi gözle kontrol edilebilir. Ancak sıkı bir işlem ve bilgisayar vizyonu ile izlenebilir. Bu sayede kötü şekilli olanlar çöp bölümüne, iyi olanlar paketleme makinasına gönderilir. Bunun yanında sistem denetleme imkanı da verir ki eğer bozukluk oranı artmışsa sistem durdurulur.

Çiviler kızığa dökülür ve tarayıcıya ucu veya başı gelir. Bu mekanik bir sistemdir. Bu, vizyon sisteminin parçasını oluşturur. Çünkü paketleyici çivinin yönüne dikkat etmez. Kızıktan alma bölümü ışıklandırma ve odaklama satandardizasyonları ile sürekli yapılmaktadır.

Bir video kamera devamlı çivileri gözlemektedir. Fakat vizyon sistemi yeni bir çivinin ne zaman kamera altına gireceğini tutar. Bu, çivinin yerçekimi ile kızığa dolarken ışığı kırması/yansıtması ile yapılmaktadır. Daha sonra sistem, kameradaki bir çerçeveyi ne zaman analiz edeceğini ve bu çerçeveyi ne zaman atacağını bilebilir.

Sistem çözünürlüğü büyük değildir. Renkli veya grinin pekçok tonlarını içermek zorunda değildir. Gerekli çözünürlük görevleri belirler, bilmesi gereken, görmesi gereken sadece bir şekil, dolayısıyla siyah beyaz yeterli.

30\*50 pixellik bir çerçeve ve 1 bit/pixel (yani nokta siyah ve beyaz olacak) gibi bir çözünürlük yeterlidir. Bu devamlı sabit olan mono (siyah-beyaz) video kameralarında kullanılır.



Daha sonra işlemci istenmeyen çerçeveleri yok eder. Böylece istenen çerçevelere geriye kalır, ikili olarak kodlanmış olarak hafızada tutulan iki görüntü ile karşılaştırılır. Bir tanesi aşağıya doğru olan bölümü, diğeri yukarıya doğru olan bölümü içerir. İşlemci aldığı görüntü ile hafızadaki görüntü arasındaki farkı sayar. İdeal olarak bu farkın "0" olması gerekir. Bununla beraber döküm zamanındaki küçük değişiklikler, çivinin sivriltilmesi veya çivinin şekline göre çeşitli hatalar olabilir.

Dolayısıyla, düşük sayıdaki farklılıklar (örneğin aynı yönlendirme/sivriltilme ile çivinin görüntüsü ile karşılaştırılması) verilen değerden büyük ise, çivi, bilgisayar vizyonu tarafından reddedilir.

Görüntü işleme sadece küçük bir parçadır. Çünkü elektronik araetkileşim ve mekanik olayları da gereklidir. Bu, bilgisayar vizyonu ile ilgili bir olaydır.

## **ÖRNEK 2; BİLİMSEL ÜLSER ÇALIŞMALARI (DENEMELERİ) İLAÇLARI AZALTMAK**

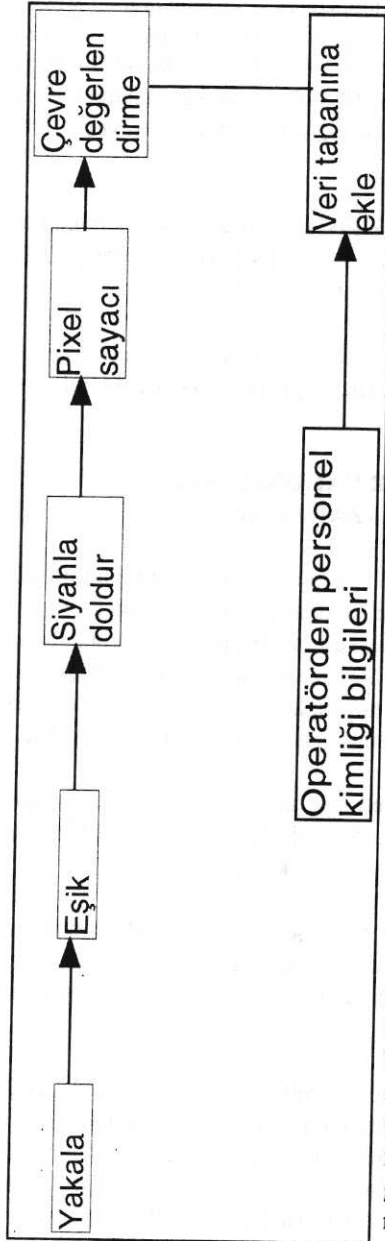
Bacak ülserini tedavi etmede kullanılan ilaçların etkilerini belirleyebilmek için, doktorların A4 ebadında bir saydam üstü kapalı projektör yapıraıkları ile uygulamaya başladığı bir klinik kuruldu. Bu ilaçlar ülserin üzerine konarak ülser üzerindeki gelişmeleri, etkileri izlenmek üzere kabataslak şekli projektör levhaları üzerine doktorlar tarafından işlenir. Bu levhalar daha sonra analiz edilmek üzere ilaç firmalarının laboratuvarlarına gönderilirler.

İlk iş olarak ülserin resmini gösteren bölgenin kesilmesi işlemi yapılır. Bu makas kullanarak elle yapılır daha sonra da ağırlığı belirlenir. Gerçekte yapılan işler doğru fakat çoğu zamanlar kafa karıştırırlar.

İkinci bir yaklaşım ise uygun bir grafik şeması ve dijital tablodur. Bu durumda ülserin kabataslağı dijitalleştirilir ve bu bölgenin incelenmesi için makinada bir süre bekletilir. İşin bu kısmı karışık ve eğer hata yapılmışsa onlar bilmek açısından zordur.

Bilgisayar görüntüsüyle çizimde bu kağıt tarayıcıya girilerek çalışmalara devam edilir. Görüntü daha sonra en uç noktalara kadar taranan bir prosese aktarılır. Sonra, bilgisayar bu işlem sonunda kaç tane beyaz noktanın geriye kaldığını sayar. Böylece geriye kalan yerler (lackground) siyahtır. Bu bize ülserli bölgeyi gösterir. Processor (mikroişlemci) otomatikman yapılan

## Genel projektör kağıtlarına çizilen ülserli bölgeleri bulma sistemi.



testlerin sayısını ve sonraki analizler ve deneylerin sonuçlarını öğrenmek üzere operatöre girer.

Aşağıdaki şekil bütün işlemleri açıklar.

Aynı zamanda kolaylıkla, uzman olmayan bir kişinin görüşüne de sunulabilir.

Algoritmaların ve gerçek projelerin uygulanmasında bu kitaptan faydalanılabilir.

### GÖRÜNTÜ İŞLEMENİN FAYDALARI :

- Hatayı azaltır
- Kısa sürede işlemi gerçekleştirir.
- Kolayca faydalanılabilir.

Bu bölüm özellikle görüntü işleme ile işlemlerin ne kadar kolaylaştırıldığını göstermiştir.

### GÖRÜNTÜ MODELİ

#### Giriş (Tanıtım)

Bu bölüm görüntünün bellekte nasıl tutulduğu konusunda ilgilidir. Görüntü işleme yazılımı belleğin doğru kullanımına bağlı olduğu için bellek modelleri önemlidir. Üç boyutlu bir görünüşün lineer hafızaya eşlenmesi demek; görüntü gösterilmek zorunda kalındığında, ekran datasının tutulduğu süreç içerisinde

hassas veri yapılarının, rahat bir erişim için kullanılması demektir. Eğer orijinal eşleme dikkatlice seçilirse, çoğu görüntü geçişleri işleme konulacak şekilde kolaylaştırılır.

## GÖRÜNTÜ ŞEKLİ

Dikdörtgen şeklindeki görüntü modeli en popüler bellek modelidir. Gri seviyede bir görüntü, herbiri 0 ve  $2^g-1$  değerleri arasında bulunan gri değerleri içeren kutular setinden meydana gelmiştir. 9 tamsayıdır. Herbir kutu pixeldir (resim elemanı) ve herbir pixel dizisi M yatay sıralardan ve N düşey sütunlardan meydana gelmiştir. Böylece herbir pixel dikdörtgensel dizinin elemanı olarak ifade edilebilir. Yukardaki değerleri kullanarak, bu görüntü  $N*M*g$  bitlik depo gerektirir. "g" 1 ile 10 arasında, genelde 8 olan, 256 gri seviye evren tipik bir tamsayıdır. N ve M tatmin ettirici bir televizyona benzeyen görünüm verebilmek için en azından  $500*500$  almalıdır. Açıkçası, bazı sistemlerde bu kararlılık uygun değildir.

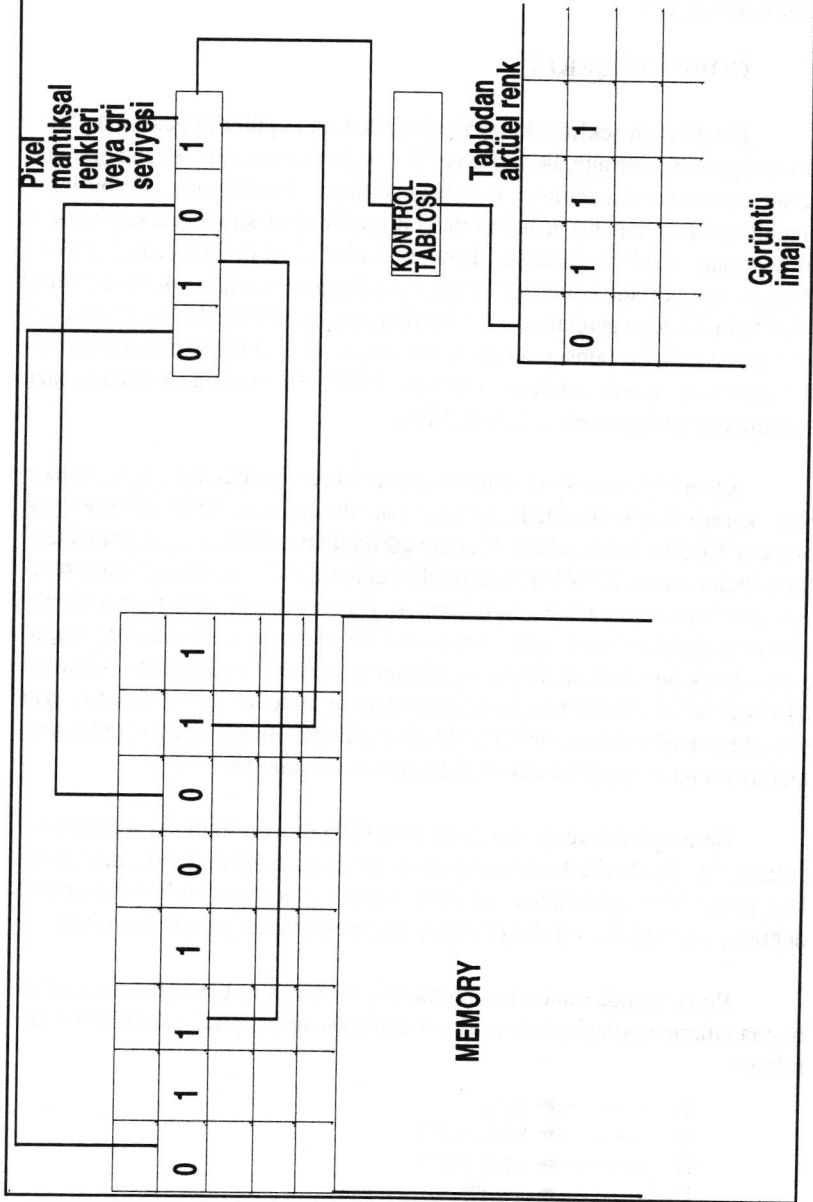
Kararlılık önemli bir fonksiyondur. Görevi gerçekleştirecek, sadece min. kararlılık gerekmektedir, böylece bazı durumlarda  $1000*1000$  yetersiz olurken  $30*50$  yeterli olabilir. Pratikte görüntünün tutulması için gerekli teçhizat ender olarak  $N*N$  kere görüntüleri elde tutar. Normalde görüntü standart televizyon oranında  $X:Y=4:3$  tutulur. Bu oran dışındaki herhangi bir görüntünün elde tutulması; eğer görüntü 4:3'lük ekran monitorunda tam olarak gösterilmek durumunda kalırsa pixeller artık kare olmayacaktır. Örneğin  $640*480$  VGA (Video Grafik Dizisi) oranı ile pixeller kare olacaktır, aynı görünümü başka sistem  $640*512$  ile gösterilebilir. Bu durumda pixeller normal uzunluktan marjinal olarak daha uzun olacaklardır.

Herbir pixelin rengi, bir ya da daha fazla bitlerin sıklıkları şeklinde depolanır. Pratikte herbir bit 8 bitli grup üyelerinden birisi durumundadır. Böylece prosesörler içerisindeki işlemler, normal olarak belirli bitler üzerinde değil, tüm byte'lar bir defada işlem göreceği şekilde gerçekleştirilmelidir.

Pixel dışında ikiden fazla renkler için (Siyah ve beyaz dışında), pixel başına bitlerin sayıları artırılmalıdır. 4 renkli bir sistem pixel başına iki bit gerektirir.

00	→	mavi
10	→	koyu mavi
01	→	açık mavi
11	→	mauve

160\*256\*2 bit/pixel sisteminde düşük çözünürlükteki video hafızası haritası.





Düşük kararlı bir sistem, pixel başına 4 renk ile 160\*256'lık görüntüler işleyebilir. Bu sistemde her bir pixeli oluşturan 2 bit aynı byte'dan gelmiştir, fakat ardışık değildir.

Genelde kare olmayan pixellerin elde tutulması daha değerlidir. Hexagonal pixeller kullanılmıştır. Burada her bir sıra ve sütun iletişim içerisindedir. Bu da bazı etkilerden kurtulma avantajı sağlamaktadır. Sistemdeki "Drawback" eşleme işleminin, dikdörtgenleşme eşlemede olduğu gibi işlev görmemesidir. Çünkü pixellere arasındaki mesafeler hangi sütun ve satırların pixelleri içerdiğine bağlıdır. Elde tutulan araçları gösterim malzemesi, işlem gerçekleri ve algoritmaları, bütün hepsi değişik standartlara ayarlanmalıdır.

## RENK STANDARTLARI

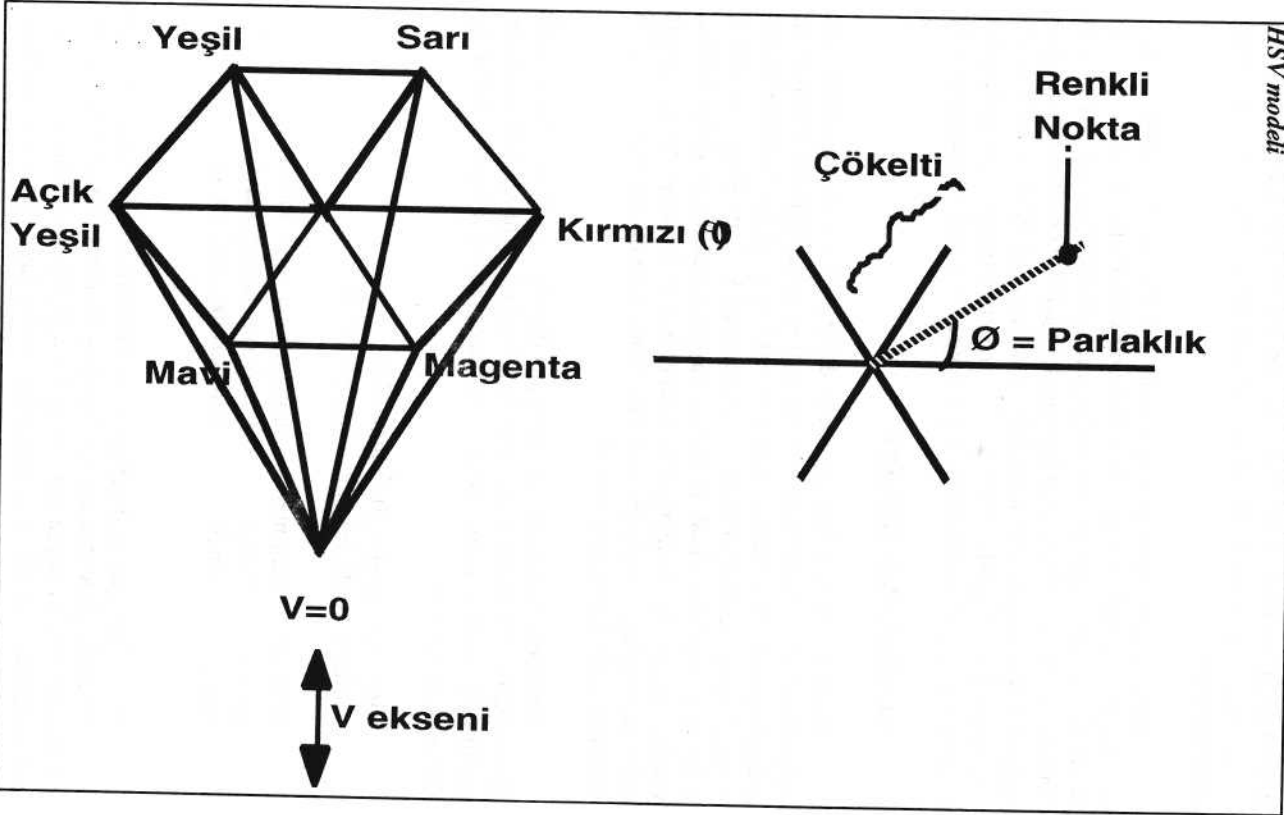
Renk depolaması için değişik modellerle ilgili bir çok donanım renk standartları vardır. Bütün standartlarda bir pixel rengi üç boyutlu uzayda bir nokta ile temsil edilir. Bu uzay bağımsız renklerle belirtilen eksenlere (kırmızı, yeşil, mavi) veya diğer bağımsız göstergeleri kullanır. Bunlar parlaklık, netlik ve çökelti RGV, HSV, ve HLS en yaygın standartlardır. RGB, kırmızı, yeşil ve mavinin bir kombinasyonundan oluşan ve katod ışık tübüne rengin ulaşmasını sağlayan bir karışımdır. HSV daha basit bir organizasyon, HLS daha kompleks bir yapıya sahiptir.

HSV'de parlaklık ana rengin dalga boyu ölçümüdür. Alıştırma olarak bunun değeri 0'dan 255'e kadardır. Diyelim ki o kırmızıyı temsil ediyor, spektrumun sonuna doğru 256 tekrar kırmızıyı temsil edecektir. Bu bir açı olarak da görülebilir.

kırmızı=0, yeşil=120 ve mavi=240  
Parlaklık RGB değerinden hesaplanabilir.

kırmızıh = kırmızı - min (kırmızı, yeşil, mavi)  
yeşilh = yeşil - min (kırmızı, yeşil, mavi)  
mavih = mavi - min (kırmızı, yeşil, mavi)

Görüldüğü gibi bu değerlerin en az bir tanesi sıfırdır. Eğer ikisi sıfırsa böyle parlaklık üçüncünün açısıdır. Üçü de sıfırsa renk parlaklığı yok demektir. Monitor siyahla beyaz arasında gri bir renk olacaktır. Sadece bir bileşen sıfırsa parlaklık iki bileşenin arasındaki açıdır. Büyük olanın tarafına doğrudur.



Eğer kırmızı sıfırsa, açısı;

$$240 * \text{mavi} + 120 * \text{yeşil}$$

---

$$\text{mavi} + \text{yeşil}$$

formülüyle hesaplanır.

Çökelti son rengin parlaklık derecesidir. Çökelti sıfırsa son rengin parlaklık değeri yoktur. Sadece beyaz ışıktan oluşmuştur. Eğer çökelti 255 ise son renkte hiç beyaz ışık olmayacaktır.

$$\text{Çökelti} = \frac{\max(\text{kırmızı}, \text{yeşil}, \text{mavi}) - \min(\text{kırmızı}, \text{yeşil}, \text{mavi})}{\max(\text{kırmızı}, \text{yeşil}, \text{mavi})}$$

$$\text{value} = \max(\text{kırmızı}, \text{yeşil}, \text{mavi})$$

Tüm model altıgen olarak gösterilir.

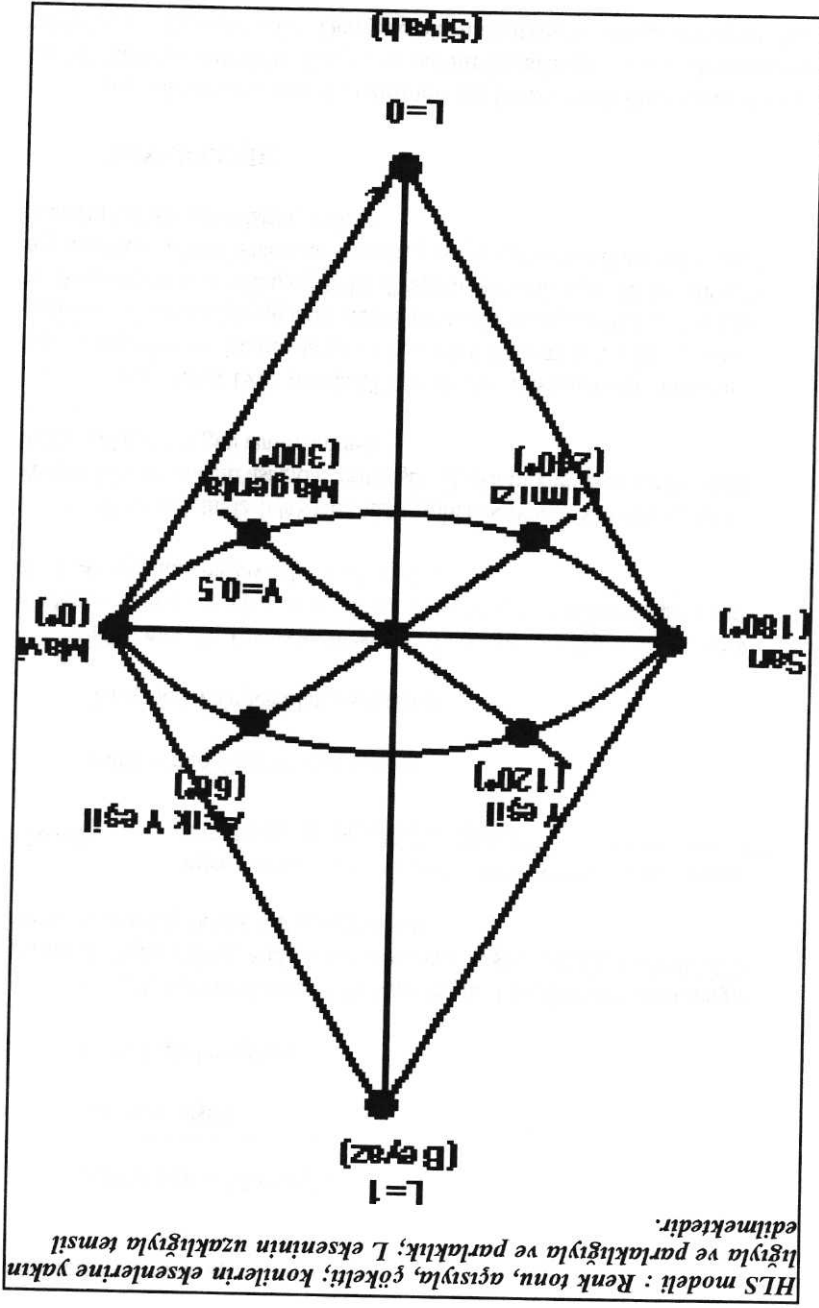
HLS modeli, Textronik Incerproted tarafından geliştirilmiştir. HSV modeline benzer fakat h açısı mavi=0 dan başlar ve bir parlaklık eksenidir. L=0 siyahtan başlayıp L=1 white (2.3)

HLS modelinde, h HSV'de aldığı gibi hesaplanır. Sadece mavi+O'dır ve parlaklık ve çökelti aşağıda verilmiştir. Başka modeller de vardır, fakat bunlar anlatılanlar gibi tanımlanmıştır.

Sonuç olarak 1931 yılında CIE tarafından uluslararası bir renk standardı geliştirilmiştir. Bu standartın bir bölümü CIE normalize edilmiş formdaki ilave sistem saflığı paylarını tanımlamak için bir diyagram hazırlanmıştır. Aşağıdaki şekilde olduğu gibi bu diyagram gösterilmiştir. İki boyutlu yüzey üzerinde, sabit noktalar saf kırmızı, yeşil ve mavii ve diğer noktalarda bunların kombinasyonlarını gösterir.

## ÖRNEKLEME

Bir yakalama aracının çözülmesi bir hafıza modelinin karar vermesinden daha iyi olmalıdır. Hafıza modelinin kararlılığı ihmal edilmemiş görüntü detaylarının olmalıdır. Detay gereksinimi uygulamaya göre değişir. Her



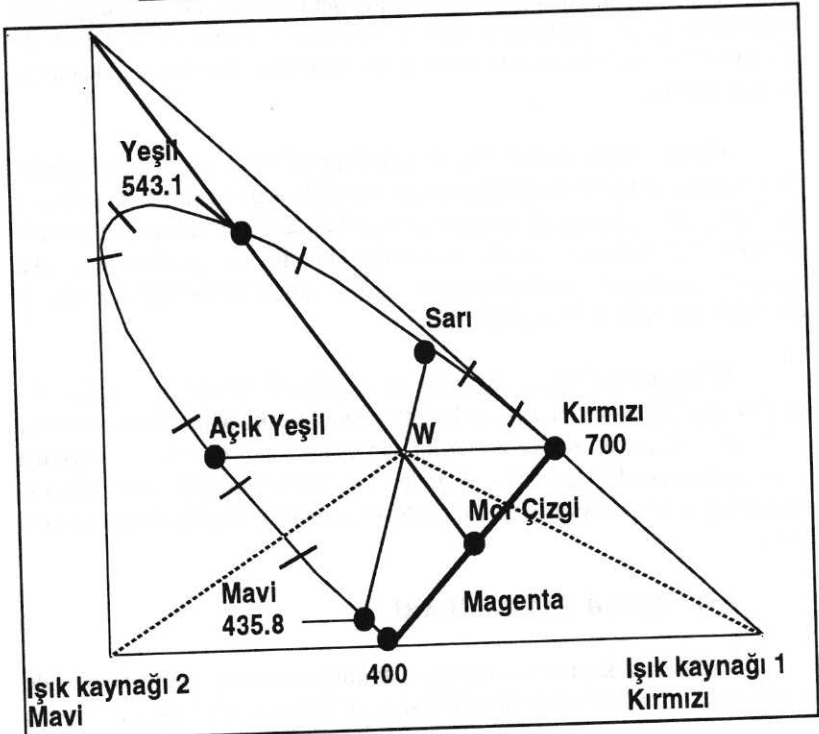
nasılsa bazı durumlarda eğer görüntü yolu üzerinde çözünüm aynı ise bir etkileşimli görüntü oluşturabilir. Görüntü içindeki yolunu belirlerken, çözünüm yol içindeki tepe ve çukurları olacak şekilde olması gerekir.

$$\text{Parlaklık} = \frac{\max(\text{kırmızı, yeşil, mavi}) - \min(\text{kırmızı, yeşil, mavi})}{2}$$

$$L \leq 0.5 \quad \frac{\max(\text{kırmızı, yeşil, mavi}) + \min(\text{kırmızı, yeşil, mavi})}{\max(\text{kırmızı, yeşil, mavi}) - \min(\text{kırmızı, yeşil, mavi})}$$

$$\text{Çökelti} = \frac{\max(\text{kırmızı, yeşil, mavi}) - \min(\text{kırmızı, yeşil, mavi})}{\max(\text{kırmızı, yeşil, mavi}) - \min(\text{kırmızı, yeşil, mavi})}$$

$$\text{Diğer yerlerde} \quad 2 - \max(\text{kırmızı, yeşil, mavi}) - \min(\text{kırmızı, yeşil, mavi})$$



## İNSAN GÖRÜNTÜ SİSTEMİ

İnsan görüntü sisteminin açıklaması, bilgisayarların insan yeteneklerine ulaşmadan önce görüntüleme ne kadar mesafede olduğunun gösterilmesine yardımcı olur.

Görüntü elde etme açısından, göz, varolan herhangi bir kameradan çok daha üstün bir durumdadır. Ters görüntünün algılandığı retina tabakası, koni ve çubuk adında iki ayrı alıcıdan oluşur. Gözde 6 ile 7 milyon arasında koni vardır. Çoğu retinanın merkez bölümünde bulunur ve "Fovea" adını alır. Bu koniler renklere karşı yüksek seviyede duyarlıdır. Göz kasları gözü çevirerek görüntünün öncelikle fovea üzerinde odaklanmasını sağlar. Koni parlak ışıkta duyarlıdır. Az ışıklı ortamda işlevini gerçekleştiremez. Her koni be-yine kendi siniri ile bağlanır.

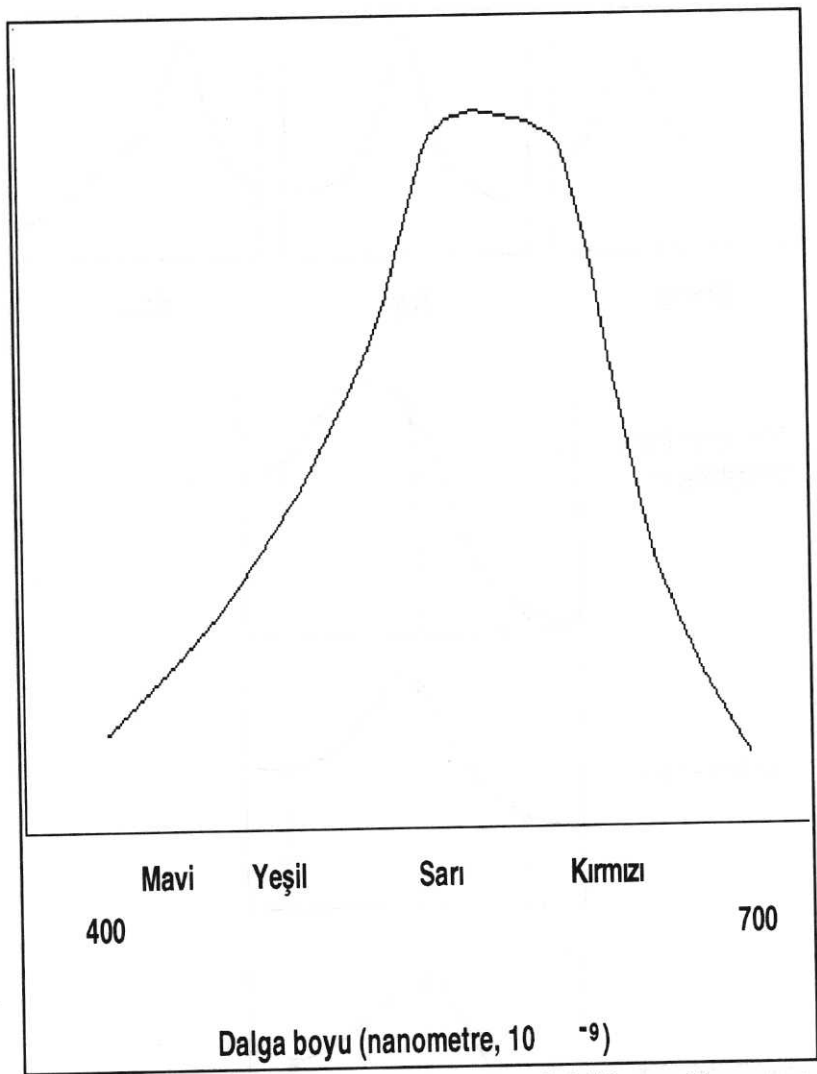
Gözde retinanın yüzeyine dağılmış en az 75 milyon çubuk vardır. Bunlar renklere değil, güçlü ışığa duyarlıdır. Sinir uçlarını ortaklaşa kullanırlar ve sadece görüntünün genel bir resmini iletirler. Az ışıklı ve parlak ışıklı ortamda çalışırlar. Ancak az ışıklı ortamda çalışan tek sensörler oldukları gibi, aynı zamanda sadece tek renkli ve grinin tonlarındaki görüntüyü karanlık-ta elde ederler.

Gözün adapte olabildiği yoğunluk limiti 10 üzeri 10 sıralamasındadır. Bu sıralama en düşük görülebilen ışıktan en güçlü ışığa kadardır. Pratikte göz bu ilginç görevi parlaklık seviyesine göre kendi duyarlılığını değiştirerek gerçekleştirir. Işık seviyelerinin bu geniş limitleri ile başa çıkabilirken, farklı az ışık ve farklı parlak seviyeleri anında ayırtamaz. Verilen işlemlerle aynı anda olmamak şartıyla başa çıkabilir.

Subjektif parlaklık, yoğunluğun logaritmik bir fonksiyonudur. Az ışıklı yoğunluktaki az bir artış, çok ışıklı yoğunluktaki geniş artışa eşit kabul edilir. Bu nedenle gri seviye gösterimi için paletlerin düzenlenmesi sırasında limitin alt yarısındaki gri seviye değerleri ile gölgelerin sayısı, limitin üst yarısındaki gri seviye değerleri ile gölgelerin sayısından büyük olması tavsiye edilir.

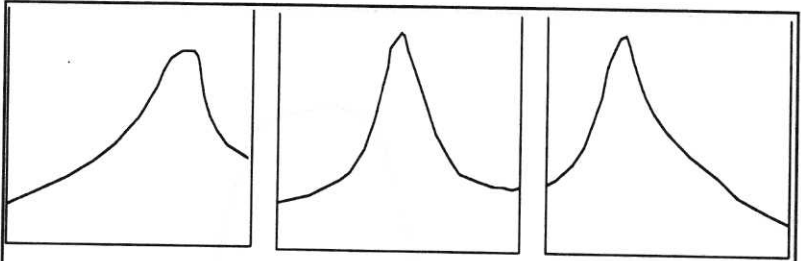
## GÖZ RENGİ KAVRAMLARI

Parlaklığın kavranması dalgaboyunun bir fonksiyonudur ve şekilde gösterildiği gibi bağlı parlama fonksiyonu ile tanımlanır. Sonuç olarak,



spektrumun ortasındaki dalgaboyunda var olan ışık dağılımı spektrumun uçlarındaki dalgaboyunda varolan aynı dağılımdaki ışıktan daha parlaktır. Böylece mavi ve kırmızı tarafından, yeşil ve sarı kadar parlak görülebilmeleri için, daha fazla güç dağıtılır.

Renk gösterimleri genellikle bazı renk karışımı formları kullanırlar. RGB sistem ışıkları ekranda kırmızı, yeşil ve mavi noktalar halinde bitişik

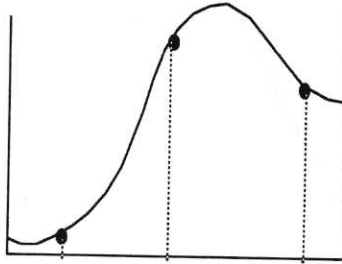


**Kırmızı**

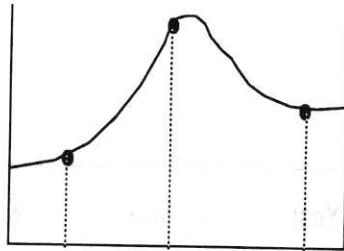
**Yeşil**

**Mavi**

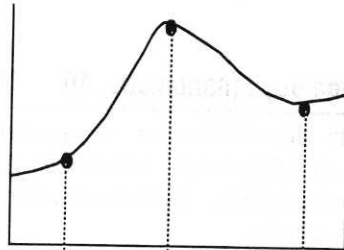
Bilinmeyen Renk  
(Birleştirilecek)



Kırmızı + Yeşil



Bilinmeyen renk  
+ Mavi



Mavi  
bileşen

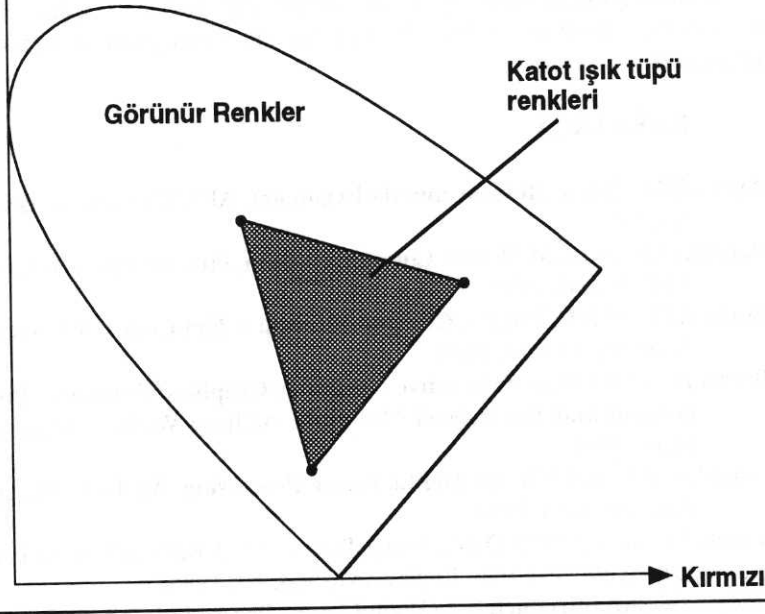
Yeşil  
bileşen

Kırmızı  
bileşen



## CRT (Katod Işık Tüpü) üçgeni

Yeşil



durumdadır. Eğer noktalar yeterince ufak ve gözlemci yeterli uzaklıkta ise, bu üç bitişik renk görünümü yerine bir pixel rengi görüntüsü verir. Bu üç renk o karışımdaki ana renklerdir. Herhangi iki tanesinin herhangi bir karışımı bir üçüncüsünü oluşturmaz. Bağımsızlıkları korunduğu sürece herhangi bir karışımı bir üçüncüsünü oluşturmaz. Bağımsızlıkları korunduğu sürece herhangi üç renk kullanılabilir.

Görüntüleme işlemi katkı renkleri kullanır. Kırmızı, yeşil ve maviye tam güç vermek parlak beyazı oluşturur. Kırmızı yeşil ve maviyi karıştırdığımızda da siyahı oluştururuz.

Pratikte, gösterimin ekran üzerindeki noktaları tek renk dalgaboyu vermez. Daha doğrusu bunlar ihtiyaç duyulan renkler etrafında merkezlenmiş dalgaboyu limitleri oluşturur. Bu da bir problemi ortaya çıkarır. CRT gösteriminde, gerçek hayatta gözle görülebilen bütün renkleri tam olarak oluşturmak mümkün değildir. RGB sisteminde de safspektrum ucu kırmızı ve

maviyi göstermek imkansızdır.

Yukarıdaki son iki diyagram bir rengin diğer üç başlangıçlarla birleştirilmesinin niçin her zaman için mümkün olmadığını göstermektedir. Yeşil ve kırmızının toplamlarından istenen dağılımı elde edemeyiz. Çünkü çok fazla mavi içermektedirler. Birleştirilecek olan renge mavi eklemek bu problemi çözer.

### KAYNAKÇA

- Aydın, E.D. , **Büro Otomasyonunda Ergonomi**, AFA Matbaacılık, İstanbul, 1991.
- Ballard, D.H. and C.M. Brown, **Computer Vision**, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.
- Boyle, R.D. and R.C. Thomas, **Computer Vision: A First Course**, Blackwell Scientific, Oxford, 1988.
- Burger, P. and D. Gillies, **Interactive Computer Graphics: Functional, Procedural and Devicelevel Methods**, Addison-Wesley, Reading, Mass, 1989.
- Gonzales, R.C. and P. Wintz, **Digital Image Processing**, Addison-Wesley, Reading, Mass, 1977.
- Jensen, J.R., **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1986.
- Niblack, W., **An Introduction to Digital Image Processing**, 2nd edn. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1986.