

# DİJİTAL GÖRÜNTÜ TEKNOLOJİLERİ

Utku Duyar-Elektronik Mühendisi  
www.utkuduyar.com

**D**ijital elektroniğin gelişmesiyle beraber analog görüntüyü dijital olarak ifade edebilmek için çözünürlük kavramına ihtiyaç duyuldu. Gerçek görüntüyü dijital olarak ifade ederken görüntünün minik minik noktacıklardan oluşturulabileceği fikrinden hareket edildi.

## Renk Derinliği Nedir?

Dijital olarak ifade edilen görüntüdeki nokta sayısı ne kadar fazla olursa o kadar gerçeğe yakın netlikte bir görüntü oluşmaktadır. Ayrıca her bir noktanın ifade edeceği renk de ne kadar gerçeğe yakın olursa o kadar gerçeğe yakın netlikte bir görüntü elde edilmiş olur. Görüntüyü oluşturan her bir noktacığın (piksel) alabileceği renk aralığı ne kadar fazla ise o noktacık da renk havuzunda gerçeğe daha yakın bir renk alacaktır. Buna renk derinliği denir. Genelde " bit " olarak ifade edilir.

1 bit renk derinliğine sahip bir noktacık  $2^1 = 2$  adet renk alabilir. (siyah ve beyaz)

2 bit renk derinliğine sahip bir noktacık  $2^2 = 4$  adet renk alabilir.

3 bit renk derinliğine sahip bir noktacık  $2^3 = 8$  adet renk alabilir.

4 bit renk derinliğine sahip bir noktacık  $2^4 = 16$  adet renk alabilir.

6 bit renk derinliğine sahip bir noktacık  $2^6 = 64$  adet renk alabilir.

7 bit renk derinliğine sahip bir noktacık  $2^7 = 128$  adet renk alabilir.

8 bit renk derinliğine sahip bir noktacık  $2^8 = 256$  adet renk alabilir.

11 bit renk derinliğine sahip bir noktacık  $2^{11} = 4.096$  adet renk alabilir.

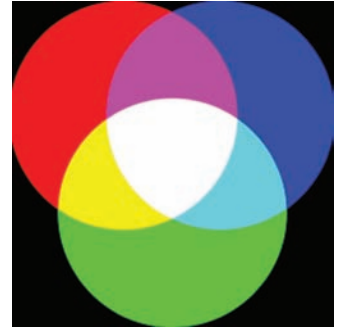
16 bit renk derinliğine sahip bir noktacık  $2^{16} = 65.536$  adet renk alabilir.

24 bit renk derinliğine sahip bir noktacık  $2^{24} = 16.777.216$  adet renk alabilir. (yaklaşık 16.7 milyon)

32 bit renk derinliğine sahip bir noktacık  $2^{32} = 4.292.967.296$  adet renk alabilir. (yaklaşık 4.3 milyar)

## RGB (Red Green Blue) Renk Uzayı:

Gerçek hayattaki renklerin tamamını yeşil, kırmızı ve mavinin birleşimleri ile elde edebiliyoruz. Yandaki şekilden de görüleceği üzere bu üç renk yüzde 100 karışırsa beyaz, yüzde 0'lık bir oran olduğunda ise siyah görüntü elde edilir. Hatta eski analog televizyonunuza baktığınızda her bir noktacıkta bu üç rengi çok kolay görebilirsiniz.

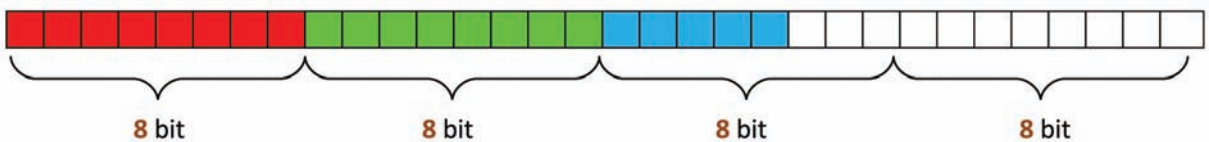


RGB, monitör ve televizyonlarda kullanılan renk uzayıdır. Bunun yanında CMYK adlı baskılı medyalarda kullanılan diğer bir renk uzayı daha vardır. Ancak CMYK renk uzayını burada incelemeyeceğiz.

## RGB Renk Uzayında Gerçek Renk (True Colour) Kavramı:

Günümüz monitörleri ve LCD paneller en yüksek renk ayarında gerçek renk üretebilirler. Gerçek renk 32 bit ile ifade edilmesine karşılık, her bir noktacık yaklaşık 4.3 milyar değil; 16.7 milyon farklı renk alabilir. Bunun açıklaması şudur:

Aşağıda 32bit uzunluğunda bir renk kodu (gerçek renk) olduğu varsayalım.



Şekilden de görüleceği üzere ilk 8 bit kırmızı, ikinci 8 bit yeşil, üçüncü 8 bit mavi için ayrılmıştır. Son 8 bit ise piksellerin saydamlık bilgisini tutan alfa kanalı olarak adlandırılır.

Kırmızıya tahsis edilen ilk 8 bitte kırmızı,  $2^8 = 256$  adet farklı renk tonu alabilir.

Yeşile tahsis edilen ikinci 8 bitte yeşil,  $2^8 = 256$  adet farklı renk tonu alabilir.

Maviye tahsis edilen üçüncü 8 bitte mavi  $2^8 = 256$  adet farklı renk tonu alabilir.

Son 8 bitin renk ile alakası olmadığından; toplamda  $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$  farklı renk elde edilebilir.

Gerçek rengi ifade eden değer, 32 bit yer kaplamasına rağmen gösterimde ilk 3 bölümdeki 8 bit kullanılır. Farklı gösterimleri vardır. RGB (125,33,0), RGB (0,0,0), RGB (255, 10, 98) vb... olabileceği gibi aşağıdaki gibi de heksadesimal şekilde gösterilebilir. Örneğin;

Beyaz

RGB (FFFFFF) = RGB(255,255,255) = RGB(11111111,11111111,11111111)

Siyah

RGB (000000) = RGB(0,0,0) = RGB (00000000,00000000,00000000)

### RGB Renk Uzayında Yüksek Renk (High Colour) Kavramı:

Gerçek renk 32 bit ile ifade edilirken yüksek renk 16 bitlik yer kaplar. Kırmızı için 5 bit, yeşil için 6 bit ve mavi için 5 bit kullanılır.

Kırmızıya tahsis edilen 5 bitte kırmızı,  $2^5 = 32$  adet farklı renk tonu alabilir.

Yeşile tahsis edilen 6 bitte yeşil,  $2^6 = 64$  adet farklı renk tonu alabilir.

Maviye tahsis edilen 5 bitte mavi  $2^5 = 32$  adet farklı renk tonu alabilir.

Toplamda;  $32 \times 64 \times 32 = 65.536$  farklı renk elde edilebilir.

RGB (31,63,31) beyazı, RGB(0,0,0) siyahı tanımlar.

### RGB Renk Uzayında 256 Renk Kavramı:

256 renk (8 bit) kavramında hangi rengin kaç bit yer kaplayacağı belli değildir. Renk paletinden gerçeğe yakın renk

seçmek için kırmızı, yeşil ve mavi 8 biti en uygun değer şekilde kullanır. Örneğin bazen kırmızı 2, yeşil 3, mavi 3 bit ile ifade edilince en canlı renk elde edilirken; bazen de kırmızı 3 yeşil 2 mavi 3 bit ile ifade edilince en canlı renk elde edilir.

Sistemin 256 renge ayarlı olduğunu fakat 16 bitlik bir resim dosyası açtığımızı varsayalım. Bu durumda mevcut renklerin değişik birleşimleri kullanılarak üretilemeyen renge yakın bir renk oluşturulur ve bu renk üretilmesi gereken rengin yerine gösterilir. Buna dithering denir. Tabi ki bu yöntemle elde edilmiş bir resmin kalitesi orijinal resme göre çok daha düşüktür.

Renk derinliği arttıkça; görüntüdeki her bir noktacığın ifade edilebilmesi için gerekli olan boyut arttığından, doğru orantılı olarak görüntünün toplam boyutu da artar. Örneğin 16 bit renk derinliği olan bir fotoğraf, aynı çözünürlükteki 8 bit renk derinliği olan diğer fotoğraftan 2 kat daha fazla yer kaplar.

Sonuç olarak renk derinliği ne kadar fazla olursa, her bir noktacığın gerçek renge o kadar yakın bir renk alır. Buna karşılık boyutu da o kadar büyük olur. Günümüzde 32bit yer kaplayan 24bitlik renk derinliği, dijital paneller için standart olmuştur.

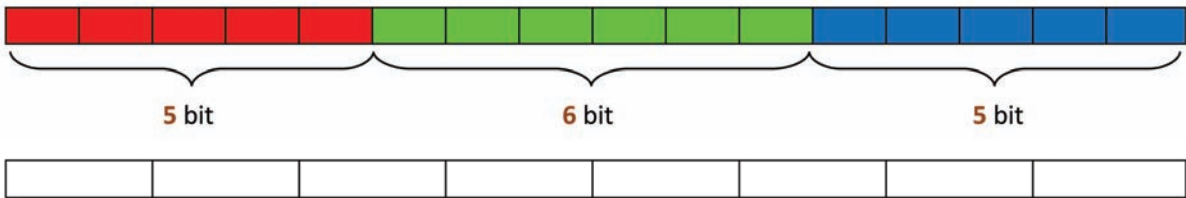
### Çözünürlük Nedir?

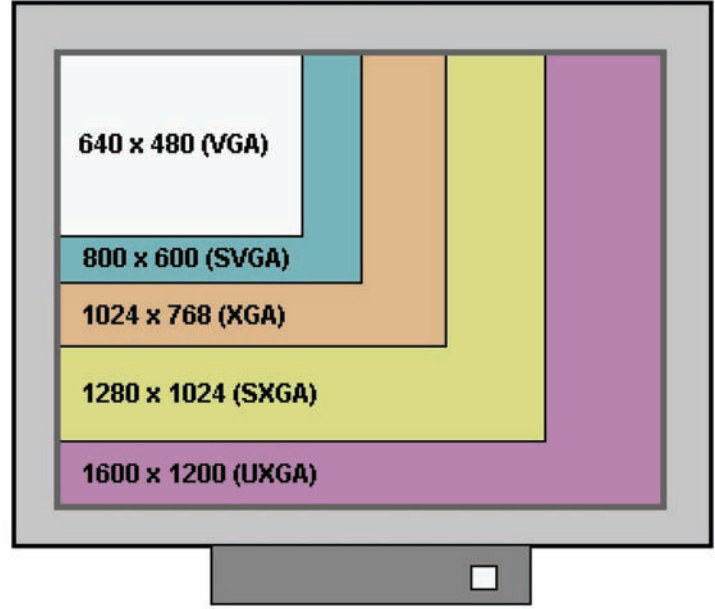
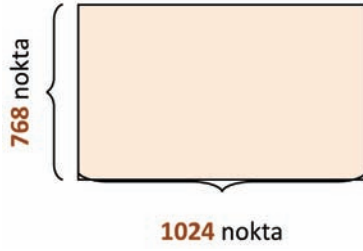
Çözünürlük; A x B şeklinde gösterilen bir ifade olarak karşımızda duruyor. Pek çoğumuz bunun ne demek olduğunu bilmiyor. Şimdi detayları ile çözünürlük kavramını kafamızda netleştirelim. İşte başlıyoruz:

A x B ile gösterilen çözünürlük; yatay olarak A tane, dikey olarak B tane nokta anlamına gelmektedir.

Örneğin; 1024 x 768 çözünürlük için aşağıdaki resmi inceleyelim.

Yandaki görüntüde 1024 x 768 = 786.432 adet nokta var anlamına gelir. Yani; 786.432 adet nokta bize 1024 x 768 çözünürlüğünde bir görüntü oluşturur. Bu görüntü bir fotoğraf olabileceği gibi bir filmin tek bir karesi de olabilir. (Bildiğimiz gibi film, ekrana belli hızlarla ardı ardına getirilen resimlerden oluşur.)





### Tarihçesi:

VESA (Video Electronics Standards Association), video adaptörleri ve monitör üreticileri için video standartlarını belirleyen kurumdur.

Kodu	Adı	Çözünürlük	Format	Renk Derinliği
CGA	Color Graphics Adapter	640 x 200	16:5	2
		160x200	4:5	16
EGA	Enhanced Graphics Adapter	640x350	64:35	16 - 64
VGA	Video Graphics Array	640 x 480	4:3	16 - 262
		320x200	8:5	144 - 256
SVGA	Super VGA	800 x 600	4:3	256 – 16,7 milyon
XGA	eXtended Graphics Array	1024 x 768	4:3	16,7 milyon
QVGA	Quad VGA	1280 x 960	4:3	16,7 milyon
SXGA	Super XGA	1280 x 1024	5:4	16,7 milyon
SXGA+	Super XGA+	1400 x 1050	4:3	16,7 milyon
UXGA	Ultra XGA	1600 x 1200	4:3	16,7 milyon
WXGA	Wide XGA	1366 x 768	16:9	16,7 milyon
		1280 x 800	8:5	16,7 milyon
WSXGA+	Wide Super XGA+	1680 X 1050	8:5	16,7 milyon
WUXGA	Wide Ultra XGA	1920 X 1200	8:5	16,7 milyon
QXGA	Quad XGA	2048 x 1536	4:3	16,7 milyon
QSXGA	Quad Super XGA	2560 X 2048	5:4	16,7 milyon
QSXGA+	Quad Super XGA+	2800 x 2100	4:3	16,7 milyon
QUXGA	Quad Ultra XGA	3200 x 2400	4:3	16,7 milyon

## Boyut Hesabı:

Tek bir görüntünün boyutu = düşey nokta sayısı x yatay nokta sayısı x renk derinliği

Örneğin 16 bit renk (orta gerçek renk) derinliğine sahip 1024 x 768 çözünürlükteki sıkıştırılmamış bir fotoğrafın boyutunu hesaplayalım:

Boyut = 1024 x 768 x 16 = 12.582.192 bit = 1.572.864 Byte  
= 1536 kB = 1,5 MB

## Görüntü Teknolojileri:

Görüntü birbiri ardına akan resimlerden başka bir şey değildir. O halde görüntünün kalitesini belirleyen unsurlar şunlardır:

- Görüntü çözünürlüğü
- Resmin renk derinliği
- Resimlerin değişme hızı
- Görüntüyü ekrana getiren yöntem
- Sıkıştırma varsa sıkıştırma oranı ve yöntemi
- Görüntünün gösterildiği panelin görüntüye uyumu
- Görüntüyü ekrana aktaran malzemelerin kalitesi

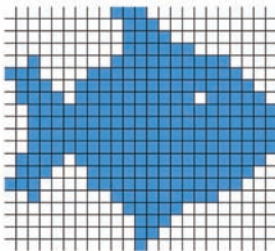
## Görüntü Çözünürlüğü:

### SD Kavramı (Standard Definition - Standart Çözünürlük) Nedir?

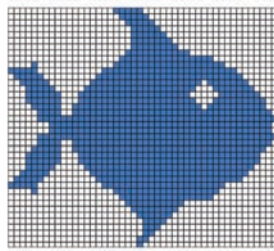
720 x 576p, 720 x 576i, 720 x 480p, 720 x 480i, 640 x 480p, 640 x 480i çözünürlüklerindeki HD kavramından önceki yayın standardıdır. 720 x 576i çözünürlüğü SD yayın için bir standart haline gelmiştir.

### HD Kavramı (High Definition - Yüksek Çözünürlük) Nedir?

1280x720p ve 1920x1080i çözünürlüğündeki SD kavramından sonraki yayın standardıdır. HD Ready özellikli panel televizyonlar bu yayınları orijinal kalitede izleyebilir.



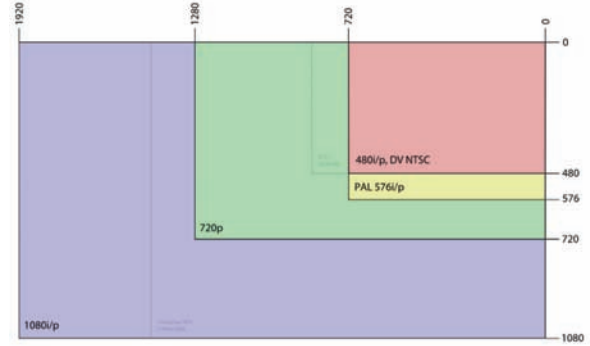
SD



HD

## Full HD Kavramı (Full High Definition - Çok Yüksek Çözünürlük) Nedir?

1920x1080p çözünürlüğündeki HD kavramından sonraki yayın standardıdır. Full HD özellikli panel televizyonların bu yayınları orijinal kalitede izleyebilmesine karşılık HD Ready özellikli panel TV'ler bu yayınları orijinal çözünürlükte izleyemez.



## Görüntüyü Ekrana Getiren Yöntem:

### Progressive Scan (p) - Tek Seferde Tarama Yöntemi Nedir?

HD kavramı ile görüntü teknolojilerinde kullanımına ağırlık verilen bu yöntem ile görüntü tek bir tarama çevriminde ekrana getirilir. Örnek vermek gerekirse 720p'lik bir görüntüde 720 satır olduğundan yukarıdan aşağıya doğru sırasıyla bu satırlar ekrana getirilir. Frekansın 50Hz olduğu varsayılırsa, bu da 1 saniyede 50 tane 720 satır tarandığı anlamına gelir. Yani 720 satır (bir ekran görüntüsü) 0.02 saniye gibi bir sürede ekrana getirilir. Bu da gözün taranan satırları bir bütünmüş gibi algılayıp ekranda tek bir resim varmış gibi hissetmesi için yeterli bir tarama hızıdır. Tarama hızı azaldıkça göz ekranda dalgalanma hissetmeye başlar. Sonuç olarak bu tarama yönteminde görüntünün bütün satırları sırasıyla ekrana getirilir ve görüntü oluşturulur.

### Interlace Scan (i) - Birleşik Tarama Yöntemi Nedir?

SD yayınlarda kullanılan ve HD yayınların 1920 x 1080 çözünürlüğünde kullanılan tarama yöntemidir. Örnek vermek gerekirse 576i çözünürlüğündeki bir görüntüde 576 satır olduğundan yukarıdan aşağıya doğru önce tek numaralı satırlar taranarak ekrana getirilir ve ardından kalan çift numaralı satırlar ekrana getirilerek görüntü tamamlanmış olur. Frekansın 50 Hz olduğu varsayılırsa bu da 1 saniyede 25 tane 576 satırın tarandığı anlamına gelir. Yani 576 satır (bir ekran görüntüsü) 0.04 saniye gibi bir sürede ekrana getirilir. Tek seferde tarama yöntemine göre daha düşük kalite sunar.

## 720p, 1080i ve 1080p Görüntü İzleme Gereksinimleri:

• 1080p kalitesinde bir görüntü izleyebilmek için aşağıdakilerin tamamı aynı anda sağlanmalıdır:

1. Full HD destekli bir panel.
2. 1080p bir yayın.
  - a. Blue Ray veya HD DVD medyalara kaydedilmiş 1080p bir fil.
  - b. Uydudan 1080p yayın yapan bir TV kanalı.
  - c. 1080p çözünürlüğündeki bir oyun.
3. Blue Ray veya HD DVD medyalara kaydedilmiş 1080p filmi oynatabilmek için bir HD DVD veya Blue Ray oynatıcı.
4. Uydudan 1080p çözünürlüğünde bir yayını izlenecekse 1080p destekli bir HD uydu alıcısı.
5. 1080p çözünürlüğündeki oyunlar için Sony PlayStation 3 (Aynı zamanda Blue Ray film de oynatabilir.)
6. Bilgisayardan 1080p çözünürlüklü bir film panele HDMI kablo üzerinden aktararak izlenecekse, panelin PC sinyali algılaması en az 1080p olmalıdır.

• 720p veya 1080i kalitesinde bir görüntü izleyebilmek için aşağıdakilerin tamamı aynı anda sağlanmalıdır:

1. HD Ready destekli bir panel.
2. 1080i veya 720p bir yayın.
  - a. Blue Ray veya HD DVD medyalara kaydedilmiş 1080i veya 720p bir film.
  - b. Uydudan 1080i veya 720p yayın yapan bir TV kanalı.
  - c. 1080i veya 720p çözünürlüğündeki bir oyun.
3. Blue Ray veya HD DVD medyalara kaydedilmiş 1080i veya 720p filmi oynatabilmek için bir HD DVD veya Blue Ray oynatıcı.
4. Uydudan 1080i veya 720p çözünürlüğünde bir yayını izlenecekse 1080i veya 720p destekli bir HD uydu alıcısı.
5. 1080i veya 720p çözünürlüğündeki oyunlar için Sony PlayStation 3 (Aynı zamanda Blue Ray film de oynatabilir.)

Diyelim ki görüntümüz 1080p ama panelimiz Full HD değil. Bu görüntüyü HD Ready özellikli bir panelde izleyemeyecek miyim? Yanıt: Evet izleyebileceksiniz, ama 1080p çözünürlüğünde değil. Sistem görüntüyü "downscale" yaparak 720p boyutuna indirir ve görüntü kalitesi artık 720p'dir. Ancak bunun için panelin downscale özelliğini desteklemesi gerekmektedir.

## Dijital Panel İzleme Mesafeleri:

Analog monitörlerden dijital panellere geçilince çözünürlük kavramı hayatımıza girdi. Gerçek görüntüyü noktacılarla ifade etmek, insan gözünün görüntünün tamamını bir bütün olarak algılayabilmesi için panele belli bir uzaklıktan bakmayı zorunlu kıldı. Yapılan bilimsel araştırmalar, normal

bir insan gözünün kabaca 6,096 metre mesafeden 1,7018 mm'lik bir genişliği ayırt edebildiğini göstermektedir. (Arka plan ile obje arasında yeterli karşıtlık farkı olduğu kabul edilmiştir.)

16:9 boyutlu bir görüntünün en düşük izleme mesafesini hesaplırsak;

$$(9x)^2 + (16x)^2 = \text{hipotenüs}^2$$

$$81x^2 + 256x^2 = \text{hipotenüs}^2$$

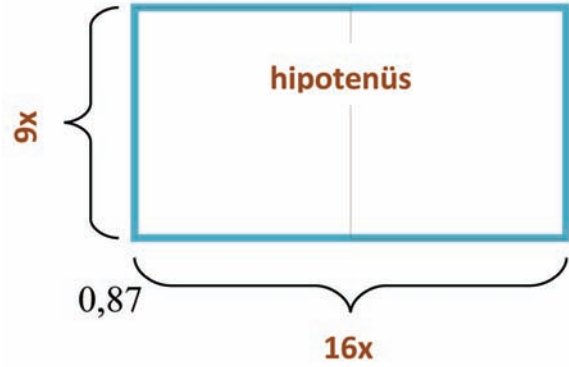
$$337x^2 = \text{hipotenüs}^2$$

$$x = \text{hipotenüs} / \sqrt{337}$$

$$x = \text{hipotenüs} / 18,36$$

$$\text{kısa kenar} = 9 \times \text{hipotenüs} / 18,36 = \text{hipotenüs} \times 0,49$$

$$\text{uzun kenar} = 16 \times \text{hipotenüs} / 18,36 = \text{hipotenüs} \times 0,87$$



Ekranın hipotenüs uzunluğu x 0,87 / Yatay çözünürlük = Bir pikselin genişliği

Ekranın hipotenüs uzunluğu x 0,49 / Dikey çözünürlük = Bir pikselin yüksekliği

Minimum izleme mesafesi = (hipotenüs x 25,4 x 0,87 / yatay çözünürlük) x (6,096 / 1,7018)

Minimum izleme mesafesi (metre) = 79,16 x hipotenüs (inç) / yatay çözünürlük

16:9 görüntü formatında hesaplanan yukarıdaki formülü 5:4 görüntü için hesaplırsak aşağıdaki formülü buluruz:

Minimum izleme mesafesi (metre) = 71,05 x hipotenüs (inç) / yatay çözünürlük

Yukarıdaki formüllerden çeşitli ekran büyüklükleri ve çözünürlükler için minimum izleme mesafelerini hesaplayalım:

(5:4 formatındaki SD yayın 16:9 formatında bir panelde ekrana tam oturan 16:9 formatında bir ayar ile izlenirse izleme mesafesini yukarıdaki ilk formüle göre hesaplamalıyız. Aşağıdaki SD yayının minimum izleme mesafesi hesabı 5:4 bir panelde izlemeye göre dir.)



Görüntünün tek seferde (p) veya birleşik (i) yöntemle ekrana getirilmesi görüldüğü gibi minimum izleme mesafelerinde herhangi bir etki yapmamaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi tarama yöntemi görüntünün ekrana geliş hızını etkilediğinden, tarama frekansının düşük olması (birleşik (i) taramada, tek seferde(p) taramaya göre daha fazla hissedilir) gözün taramayı algılamasına ve dolayısı ile görüntüde bir dalgalanma hissi duymasına neden olabilir.

Minimum izleme mesafeleri görüldüğü gibi yatay çözünürlüğe göre hesaplanmıştır. Düşey nokta sayısı yatay nokta sayısından az olduğu için, aynı tabloyu düşey kesit için de yaptığımızda yatay kesite göre yapılandırma daha küçük rakamlarla karşılaşacaktık. Örneğin 32" ekran boyutunda 1280 x 720 çözünürlük için dikey izleme mesafesini hesaplırsak 1.12 metre buluruz. Diyelim ki 1.50 metre mesafeden görüntüyü izliyoruz. Göz paneldeki noktacıkların yatay kenarlarını algılayamadığı halde düşey kenarlarını algıladığı için ekrandaki görüntüyü analogmuş gibi algılayamayacak, pikselleşme fark edecektir. Bulunduğu noktadan geri geri giderek tam da 1.98m mesafeye geldiğinde artık gözü 32" ekrandaki 1280 x 720 çözünürlüğü bir bütün olarak algılamaya başlayacaktır.

### Tepki Süresi Nedir?

Tek bir pikselin tam beyazdan tam siyaha geçiş süresi olarak adlandırılan tepki süresi görüntünün akış hızından büyüktür; renk değiştirmesi gereken piksellerin bu değişimi için yeterli süre olmadığından, noktacıkların yüksek karşıtlık değişimlerinde ekranda pikselleşme olacaktır. Hesaplamalarda tepki süresinin akış hızından küçük olduğu

varsayılmıştır. 50Hz hızında tek seferde (p) yöntemiyle akan bir ekranın bir görüntüyü taraması için 0.02 saniye gerekir. Örneğin 1920 x 1080 çözünürlüğü varsayarsak 1080 satır 0.02 saniyede ekrana yansır. Yani her bir piksel 20 milisaniyede bir renk değiştirir. Eğer panelin tepki süresi 20ms'den uzunsa renk değiştir komutu geldiği halde, değişmesi için yeterli zaman olmayacağından noktacığın renk değişmesi gecikir ve bu da panelde pikselleşme algılanmasına sebep olur.

Konuya ters açıdan yaklaşırsak; panelimizin 8ms tepki süresine sahip olduğunu varsayalım: ( $1 / 0.008 = 125$  Hz (125 fps)). Bu da, saniyede en fazla 125 görüntünün ekrana geldiği bir filmi ya da oyunu pikselleşme olmadan izleyebileceğimiz anlamına gelir.

### Gelecek Teknoloji Ultra HD Nedir?

Yavaş yavaş adapte olmaya başladığımız HD yayın kalitesi gelecekte yerini Ultra HD çözünürlüğüne bırakacak ve bu görüntünün çözünürlüğü 7680 x 4320 olacaktır. 4320p çözünürlüğündeki bu görüntünün dijital panellerde gösterilebilmesi için, panellerin bu çözünürlüğü desteklemesi ve yayının bu çözünürlükte yapılması zorunluluğunun yanında, görüntünün yüksek boyutlarını depolayabilecek BlueRay veya HD DVD medyalarla çok daha fazla kapasiteye sahip medyalar ile yüksek hızlı HDMI kablolarının üretilmesi gerekmektedir. Ayrıca sesin mevcut sistemlerde 5.1, 6.1 ve 7.1 kodlanabilmesine karşılık Ultra HD yayınında ses, 22.2 gibi 24 kanallı kodlanabilecektir. Bu yayın sistemini NHK Science and Technical Research Laboratories adlı Japon şirketi geliştirmektedir.

	SD Yayın	HD Yayın	HD & Full HD Yayın
	720 x 576 5:4	1280 x 720 16:9	1920 x 1080 16:9
26"	2,57 m	1,61 m	1,07 m
32"	3,15 m	1,98 m	1,32 m
37"	3,65 m	2,29 m	1,53 m
40"	3,95 m	2,47 m	1,65 m
42"	4,15 m	2,60 m	1,73 m
46"	4,53 m	2,84 m	1,90 m
50"	4,94 m	3,09 m	2,06 m
52"	5,14 m	3,22 m	2,14 m
56"	5,53 m	3,46 m	2,31 m