بینایی کامپیوتر
COMPUTER VISION
مقدمه‌ای بر ذخیره‌سازی تصویر

محمدجواد فدائی اسلام

ویرایش بهمن ۱۴۰۳

تصاویر تک‌رنگ و سطح خاکستری

تصاویر ۱ بیتی

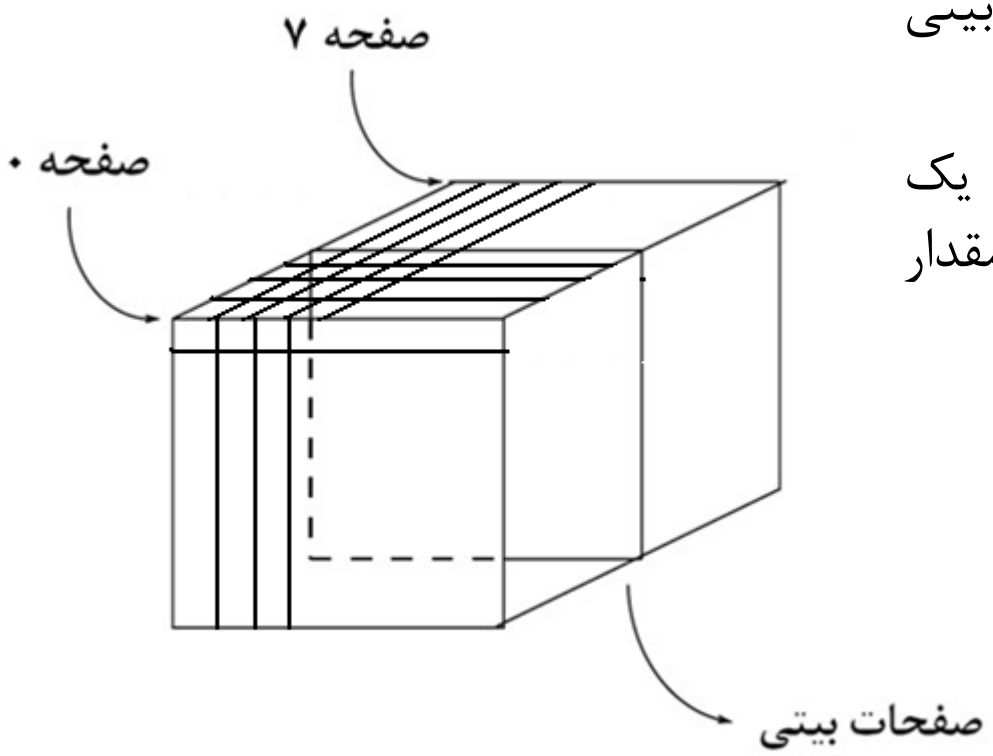
- هر پیکسل به صورت یک بیتی (۰ یا ۱) ذخیره می‌شود، بنابراین به آن تصویر باینری نیز گفته می‌شود.
- این‌گونه تصاویر تک رنگ (Monochrome) نیز گفته می‌شوند.

تصاویر ۸ بیتی سطح خاکستری (Gray-Scale)

- هر پیکسل، یک ارزش خاکستری بین صفر تا ۲۵۵ دارد.
- هر پیکسل به وسیله یک بایت نشان داده می‌شود.
- یک پیکسل تیره ارزش صفر یا نزدیک به صفر دارد و یک پیکسل روشن ارزش ۲۵۵ یا نزدیک به آن دارد.
- **Bitmap**: آرایه دو بعدی از ارزش پیکسل‌ها که داده‌های تصویری/گرافیکی را نمایش می‌دهد.
- **وضوح تصویر (Resolution)**: به تعداد پیکسل‌ها در یک تصویر دیجیتالی اطلاق می‌شود. (یا به تعداد پیکسل در واحد سطح) (وضوح بالاتر همیشه بازدهی کیفیت بالاتری دارد.)
  - ۱۶۰۰×۱۲۰۰
  - ۶۴۰×۴۸۰

تصاویر ۸ بیتی سطح خاکستری (ادامه)

- تصویر ۸ بیتی می‌تواند به صورت مجموعه‌ای از صفحات یک‌بیتی (Bit-Plane) باشد.
- در این حالت هر صفحه شامل یک بیت برای نمایش ارزشی از مقدار پیکسل است.



نمایش بیت صفحه ای

کم ارزش ترین صفحه

تصویر اصلی

پر ارزش ترین صفحه

تصاویر ۸ بیتی سطح خاکستری (ادامه)

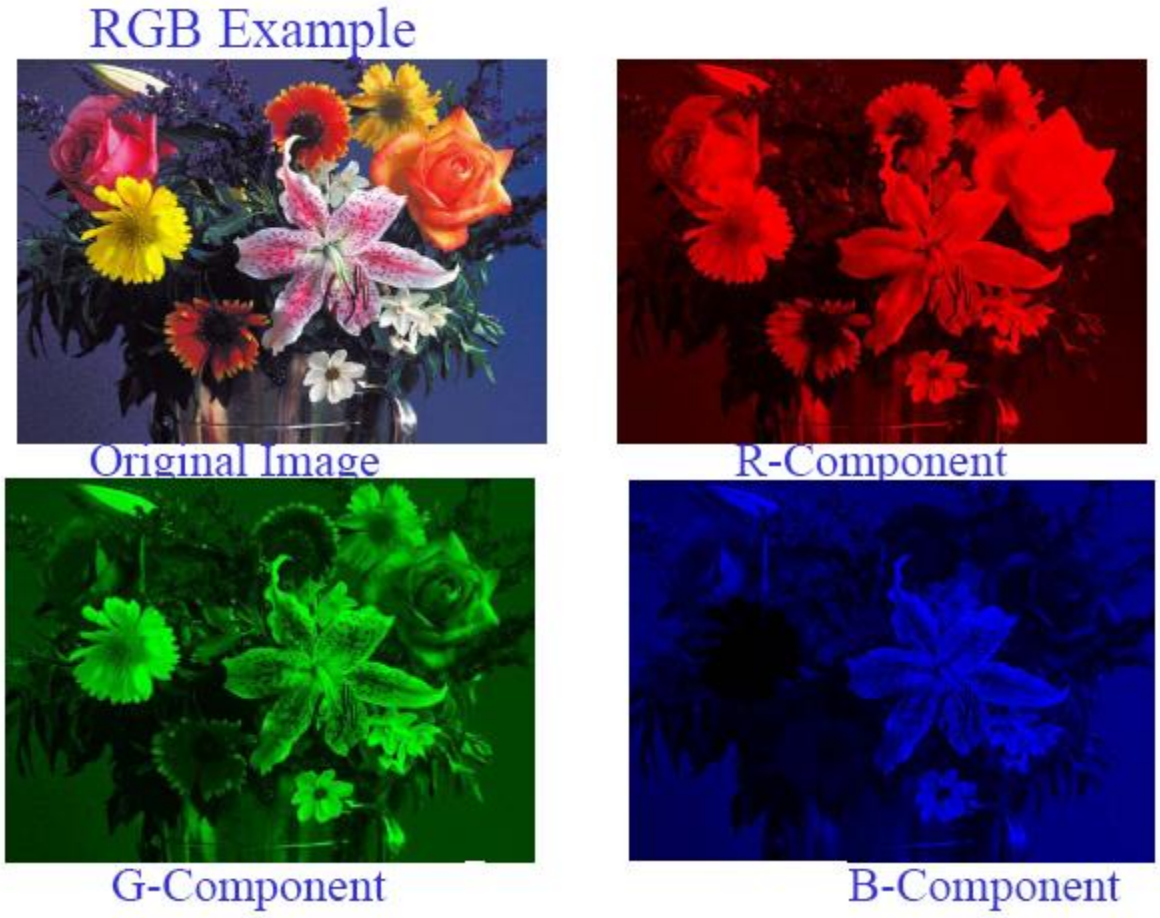
- هر پیکسل معمولاً به صورت یک بایت ذخیره می شود (یک ارزش بین صفر تا ۲۵۵)، بنابراین یک تصویر ۴۸۰×۶۴۰ سطح خاکستری به ۳۰۰ کیلوبایت فضا برای ذخیره شدن نیاز دارد. (۶۴۰×۴۸۰=۳۰۷۲۰۰)

تصاویر ۲۴ بیتی رنگی(RGB)

تصاویر ۲۴ بیت رنگی(RGB)

- هر رنگ با سه رنگ اصلی قرمز(**R**)، سبز(**G**) و آبی(**B**) نشان داده می‌شود که برای هر رنگ اصلی یک بایت فضا در نظر گرفته شده است. با این توصیف، ۲۵۶×۲۵۶×۲۵۶ رنگ مختلف را می‌توان نشان داد. (یا مجموعاً ۱۶۷۷۷۲۱۶ رنگ ممکن).
- یک تصویر ۲۴ بیت رنگی با اندازه ۴۸۰×۶۴۰ به ۹۲۱.۶ کیلوبایت فضا برای ذخیره سازی بدون فشرده کردن نیاز دارد.
- **یک نکته مهم:** بسیاری از تصاویر ۲۴ بیتی رنگی در حقیقت به صورت تصاویر ۳۲ بیتی ذخیره می‌شوند، یعنی علاوه بر سه رنگ اصلی، ۸ بیت دیگر برای هر پیکسل در نظر گرفته شده که میزان شفافیت (transparency) آن پیکسل را نشان می‌دهد. به این مولفه آلفا(alpha) می‌گویند و این مدل را با **RGBA** نشان می‌دهند.

تصاویر ۲۴ بیت رنگی



تصویر با وضوح بالای رنگی و کانال‌های تصویری جداگانه R، G و B.

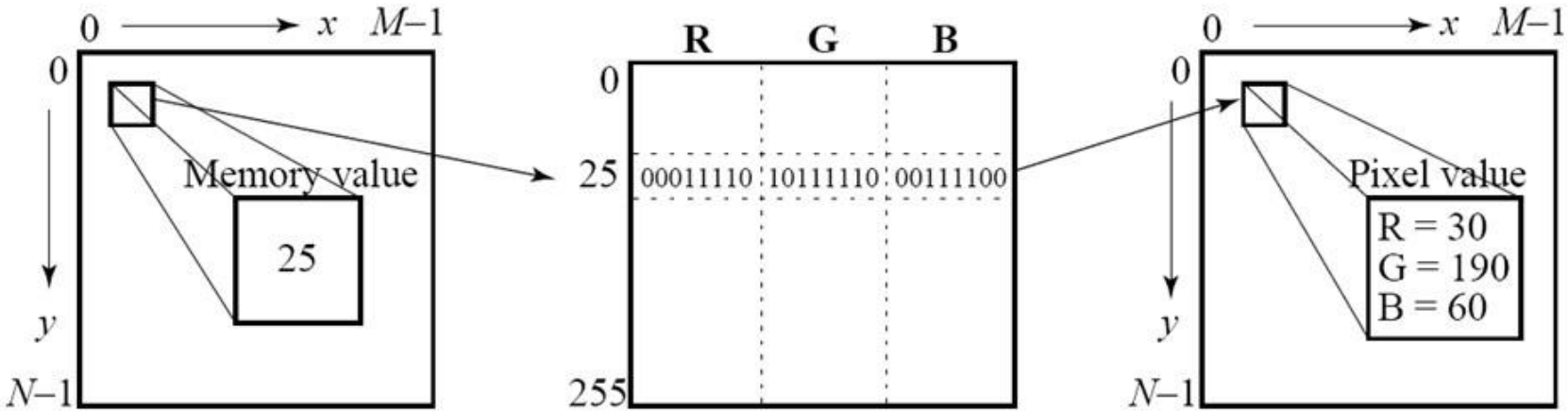
تصاویر ۸ بیتی رنگی و جداول جستجوی رنگ (LUT)

تصاویر ۸ بیت رنگی

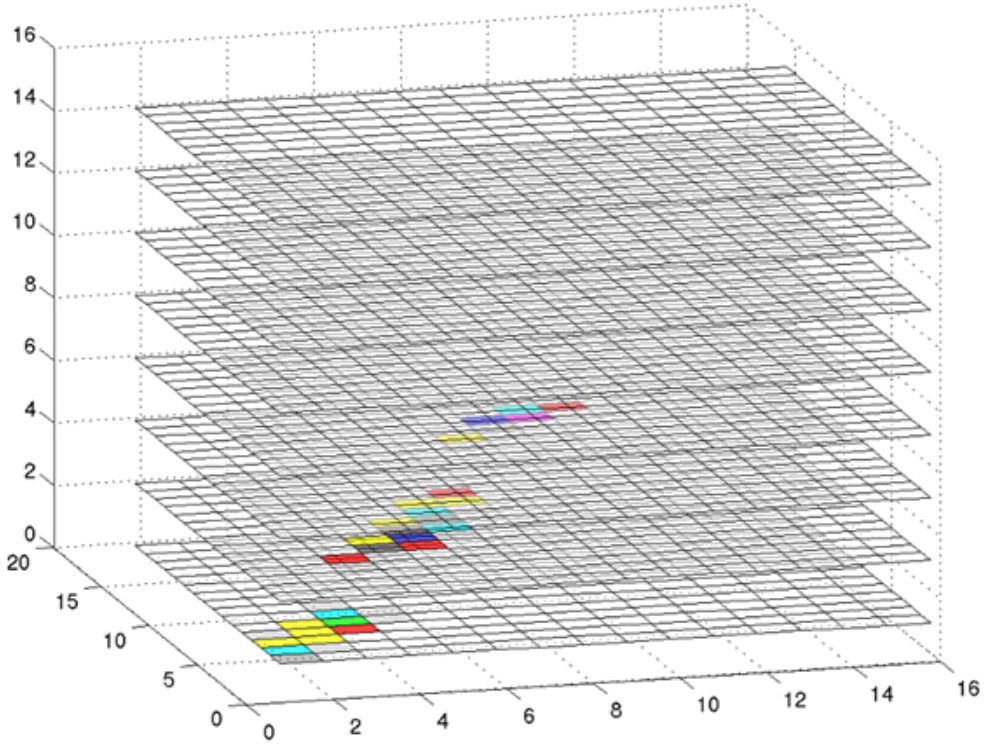
- بسیاری موارد ۸ بیت (۲۵۶ رنگ) برای نمایش رنگ‌های کل تصویر کافی است.
- استفاده از مفهوم Lookup Table یا جدول جستجوی رنگ
  - رنگ را ذخیره نمی‌کنیم.
  - مجموعه‌ای از بایت‌ها (اندیس در جدول رنگ) ذخیره می‌شوند.
  - هر سطر جدول مقادیر واقعی رنگ (۳ بایت) را ذخیره می‌کند.

جداول جستجوی رنگ (LUT) Lookup Table

- برای هر پیکسل فقط یک اندیس ۸ بیتی ذخیره می‌شود.
- مثال: اگر یک پیکسل مقدار ۲۵ را ذخیره کند:



تصاویر ۸ بیتی رنگی



هیستوگرام سه بعدی از رنگ‌های RGB

- تصویر ۸ بیتی رنگی با اندازه ۴۸۰×۶۴۰:
  - ۶۴۰×۴۸۰×۸=۳۰۰ کیلوبایت
- تصویر ۲۴ بیتی رنگی با همین اندازه:
  - ۹۲۱.۶ کیلوبایت

قالب فایل‌های معروف گرافیکی

قالب فایل‌های معروف گرافیکی

- **GIF (Graphics Interchange Format)**
  - اولین نوع تصویر مورد استفاده توسط مرورگرهای اینترنت و زبان HTML
  - GIF87a
  - GIF89a
  - قابلیت انیمیشن دارد.
- **BMP (Bitmap)**
  - قالب فایل گرافیک استاندارد اصلی برای ویندوز مایکروسافت است.

قالب فایل‌های معروف گرافیکی

- **JPEG (Joint Photographic Experts Group)**
  - در حال حاضر مهم‌ترین نوع استاندارد برای فشرده‌سازی تصاویر است.
  - سیستم بینایی انسان دارای محدودیت‌هایی است که JPEG برای دستیابی به نرخ فشرده‌سازی بالاتر از این محدودیت‌ها به خوبی بهره می‌گیرد.
  - JPEG به کاربران اجازه می‌دهد، سطح کیفیت دلخواه خود را با فاکتور Q تنظیم کنند.
- **PNG (Portable Network Graphics)**
  - ذخیره‌سازی به صورت نقش‌بیتی
  - فشرده سازی بدون اتلاف
  - شفافیت را هم ذخیره می‌کند.
  - به عنوان جایگزینی برای GIF مطرح شد.
  - قابلیت انیمیشن ندارد.

قالب نقش‌بیتی

Bitmap

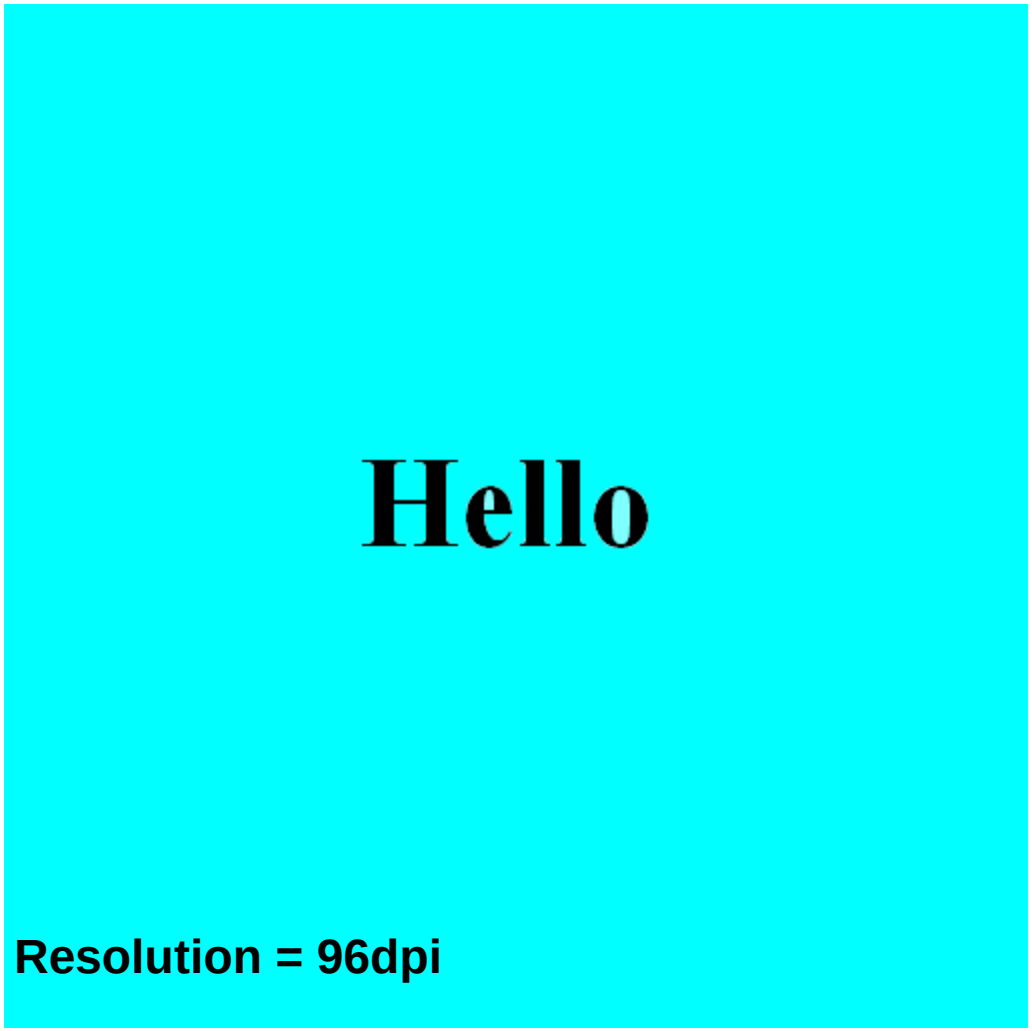
Name	Size (Byte)	Description
Header	14	Windows Structure: BITMAPFILEHEADER
Signature	2	'BM'
FileSize	4	File size in bytes
reserved	4	unused (=0)
DataOffset	4	File offset to Raster Data

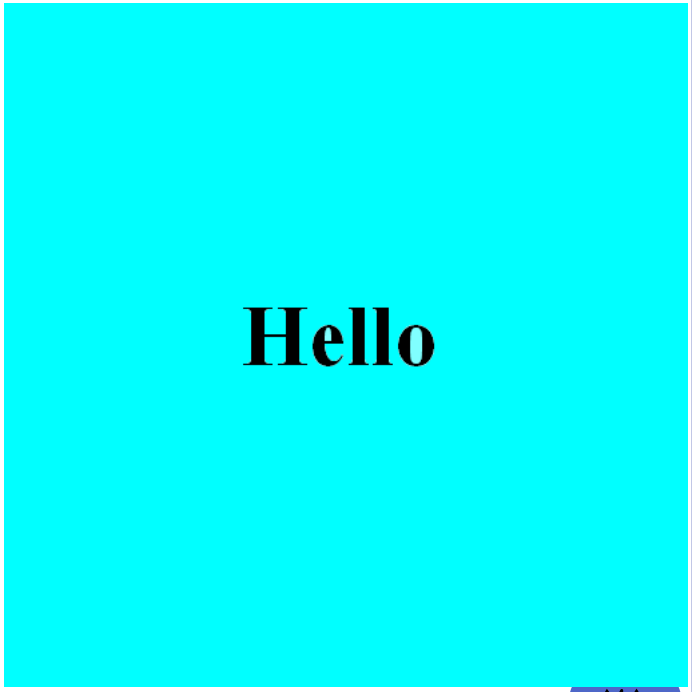
InfoHeader	40 bytes	Windows Structure: BITMAPINFOHEADER
Size	4	Size of InfoHeader =40
Width	4	Bitmap Width
Height	4	Bitmap Height
Planes	2	Number of Planes (=1)
BitCount	2	Bits per Pixel 1 = monochrome palette. NumColors = 1 8 = 8bit palletized. NumColors = 256 24 = 24bit RGB. NumColors = 16M
Compression	4	Type of Compression
ImageSize	4	(compressed)Size of Image, set to 0 if Compression = 0
XpixelsPerM	4	horizontal resolution: Pixels/meter
YpixelsPerM	4	vertical resolution: Pixels/meter
ColorsUsed	4	Number of actually used colors
ColorsImportant	4	Number of important colors 0 = all
ColorTable	4 * NumColors	present only if Info.BitsPerPixel <= 8

دو فایل هم‌اندازه از نظر تعداد پیکسل و متفاوت از لحاظ رزولوشن

اندازه هر تصویر:۵۱۲×۵۱۲

اندازه تصویر:
512×512×3+54=786486





Resolution = 143dpi

مفاهیم پایه‌ای ویدیو

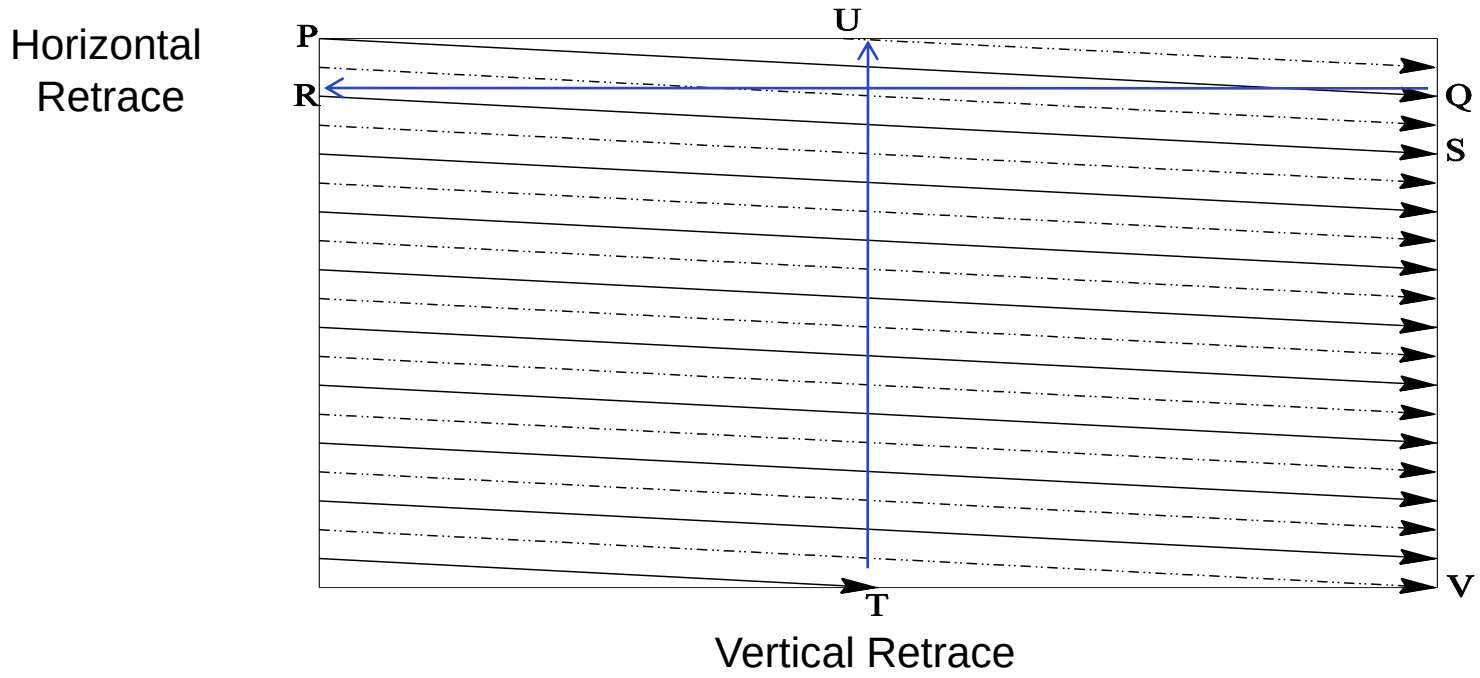
ویدئو (تعریف)

- ویدئو از تصاویری تشکیل شده است که با سرعت ثابتی پشت سرهم نشان داده می‌شوند. به این تصاویر **فریم** گفته می‌شود.

ویدیوی آنالوگ

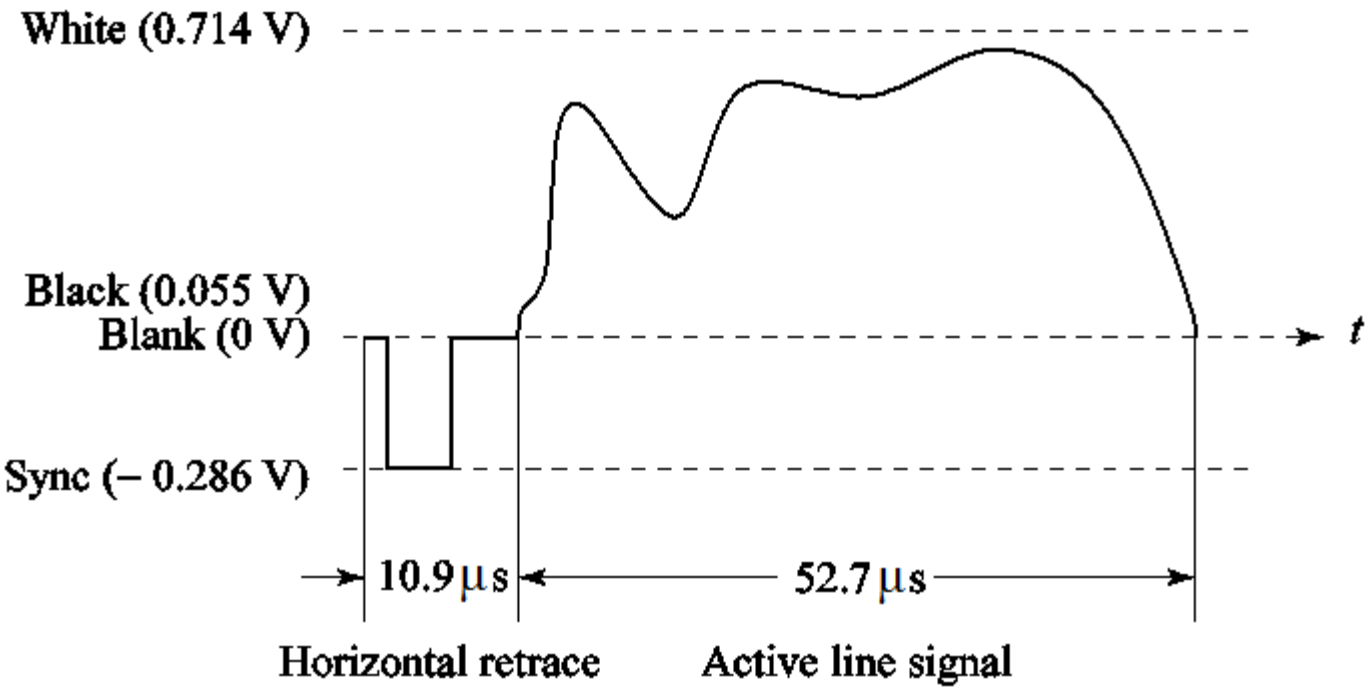
- ویدئو می‌تواند به دو صورت زیر اسکن شود:
  - Interlaced
  - Progressive
- در تلویزیون‌ها و بسیاری از سیستم‌های چندرسانه‌ای اسکن یک در میان استفاده می‌شود (Interlaced).
  - خطوط فرد اول پیمایش شده و سپس خطوط زوج، پیمایش می‌شوند. این روش باعث ایجاد فیلد های فرد و زوج می‌شود.

ویدیوی آنالوگ



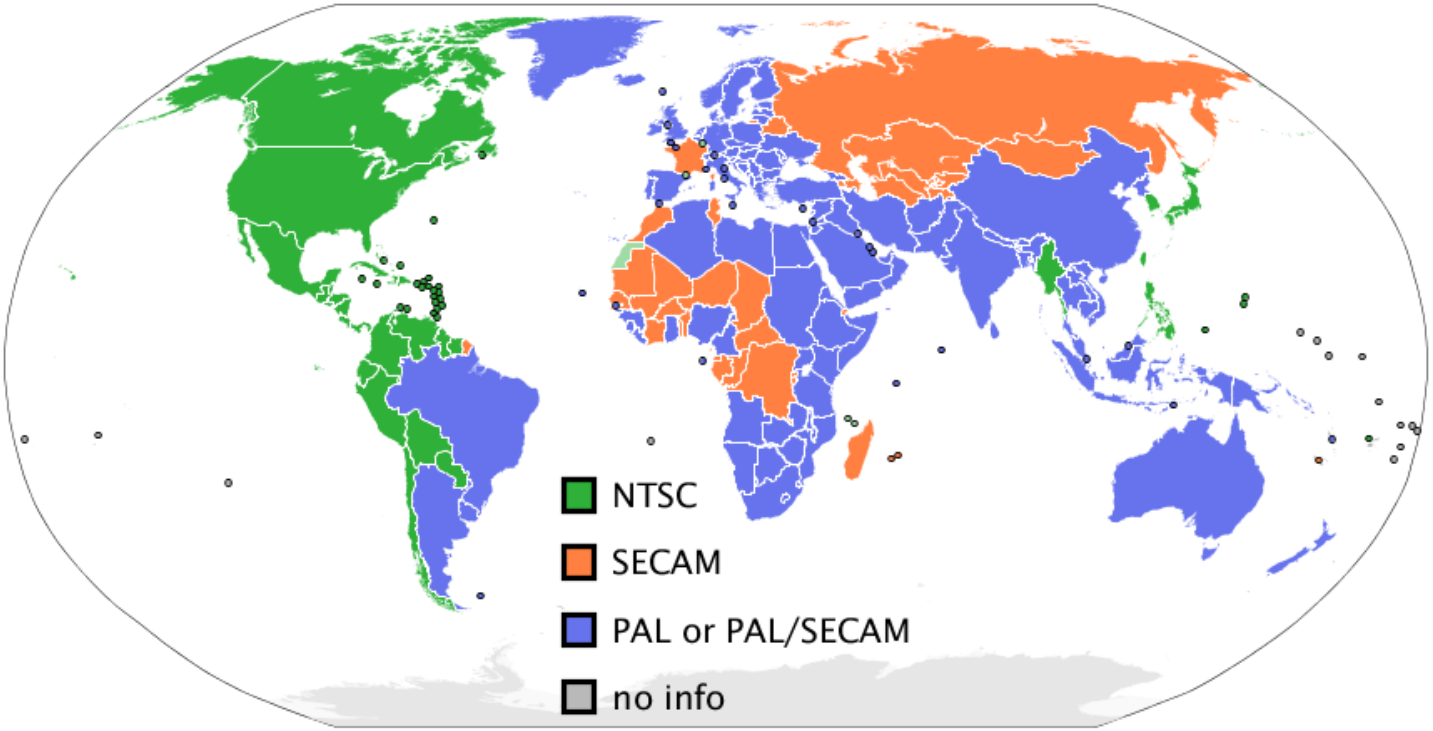
P = odd
U = even

ویدیوی آنالوگ



سیگنال الکترونیکی برای یک اسکن خط NTSC

انواع ویدیوی آنالوگ
PAL, SECAM, NTSC



ویدیوی دیجیتال

- ویدیو می‌تواند برای پردازش (حذف نویز، ویرایش و....) و کاربردهای چندرسانه‌ای گوناگون در دستگاه‌های دیجیتال یا در حافظه ذخیره شود،
- دسترسی مستقیم به ویدیو امکان پذیر است (ویرایش غیر خطی ویدیو).
- ضبط مجدد، کیفیت را پایین نمی‌آورد.
- به آسانی رمز گذاری می‌شود و تحمل بهتری در برابر نویز کانال دارد.

تلویزیون دیجیتال
استانداردهای ارسال دیجیتال تلویزیونی

DVB standards (Europe)

DVB-S (satellite) DVB-S

DVB-T (terrestrial) DVB-T

DVB-C (cable) DVB-C

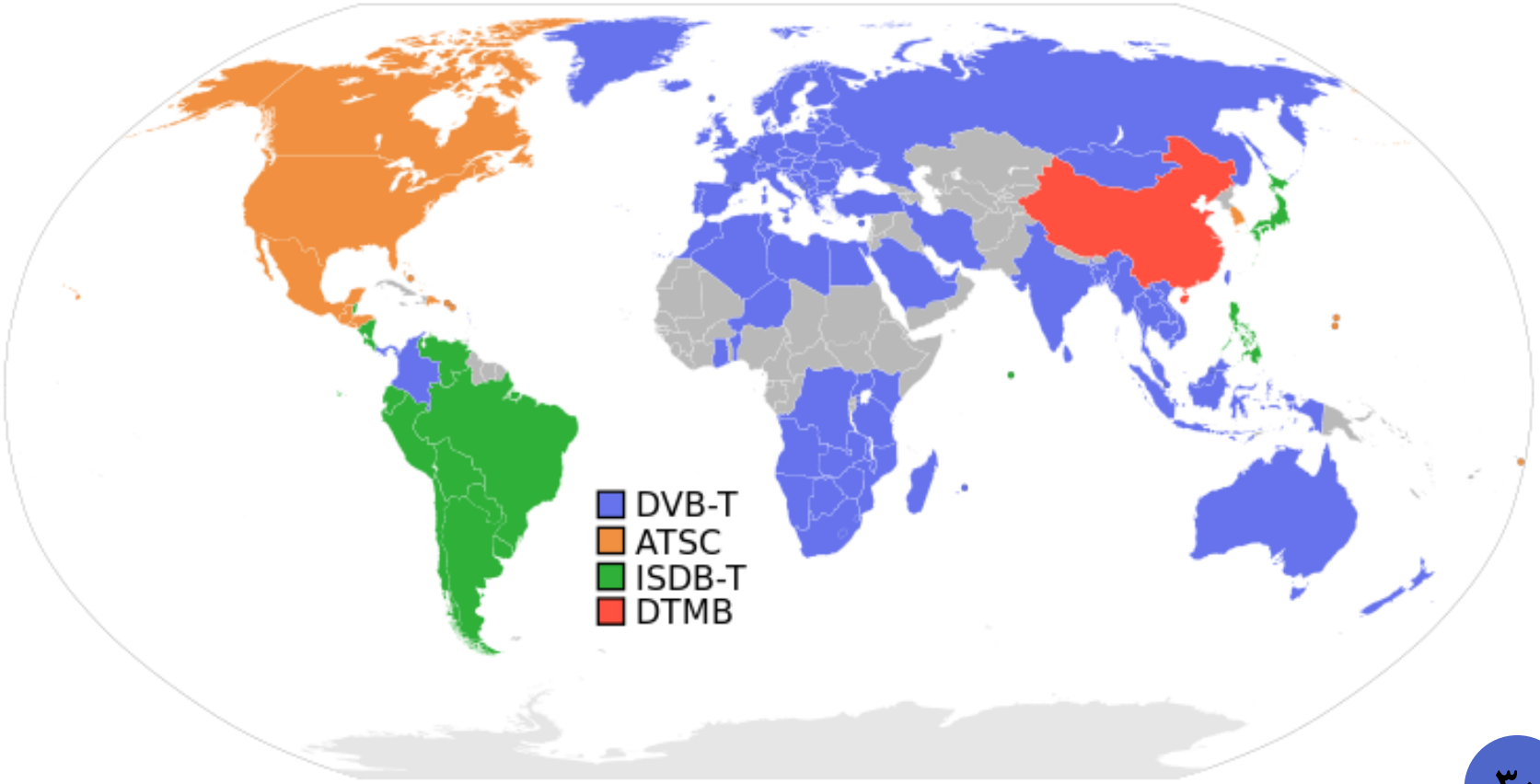
ATSC standards (North America/Korea)

ISDB standards (Japan/Latin America)

DMB standards (China & Korea)

Terrestrial= با استفاده از آنتن‌های زمینی

Digital Video Broadcasting (DVB)



SDTV vs. HDTV

Standard-Definition Television(SDTV)

- ارسال ویدئوی تلویزیونی با رزولوشنی در حد تلویزیون‌های آنالوگ

640 × 480 format is used in NTSC (aspect ratio = 4:3)

720 × 576 format is used in PAL (aspect ratio = 4:3)

compressed

High-Definition television (HDTV)

- ارسال ویدئوی تلویزیونی با رزولوشنی بیش از تلویزیون‌های آنالوگ

1920 × 1080i = 2,073,600 pixels per frame (two megapixels)

1280 × 720p = 921,600 pixels per frame (one megapixel)

Aspect ratio= 16:9

compressed

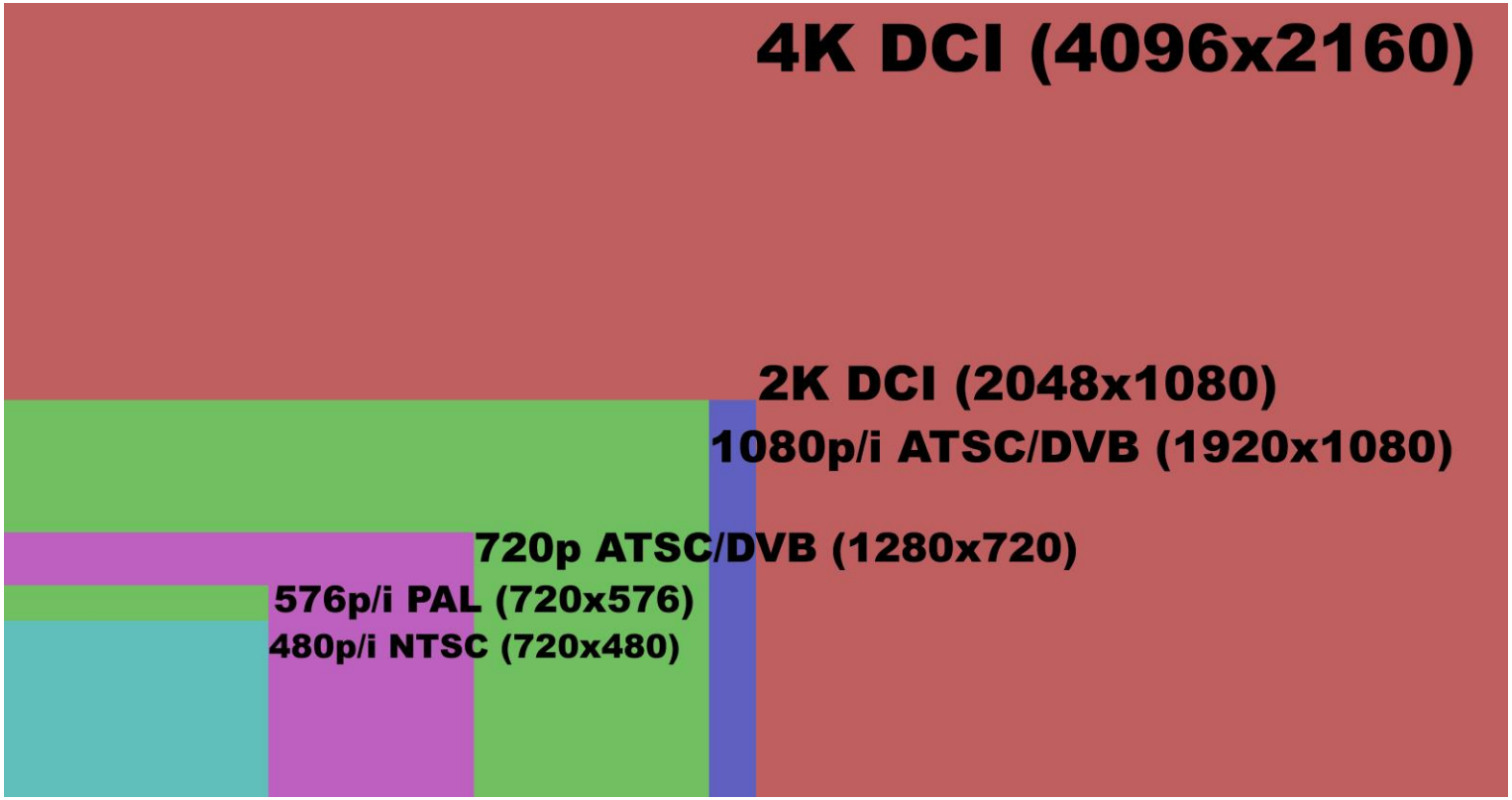
ویدیوی دیجیتال (اهمیت فشرده‌سازی)

ویدئویی با مشخصات

- اندازه فریم: ۶۴۰×۴۸۰
- سه بایت برای ذخیره سازی مقدار هر پیکسل
- نرخ فریم ۲۵ فریم بر ثانیه
- مدت نمایش یک ساعت

حدود ۷۷ گیگابایت فضا اشغال می‌کند. این مقدار بدون در نظر گرفتن فضا لازم برای ذخیره‌سازی صوت است.

رزولوشن


4K DCI (4096x2160)
2K DCI (2048x1080)
1080p/i ATSC/DVB (1920x1080)
720p ATSC/DVB (1280x720)
576p/i PAL (720x576)
480p/i NTSC (720x480)

علم رنگ‌ها – نور و طیف رنگ

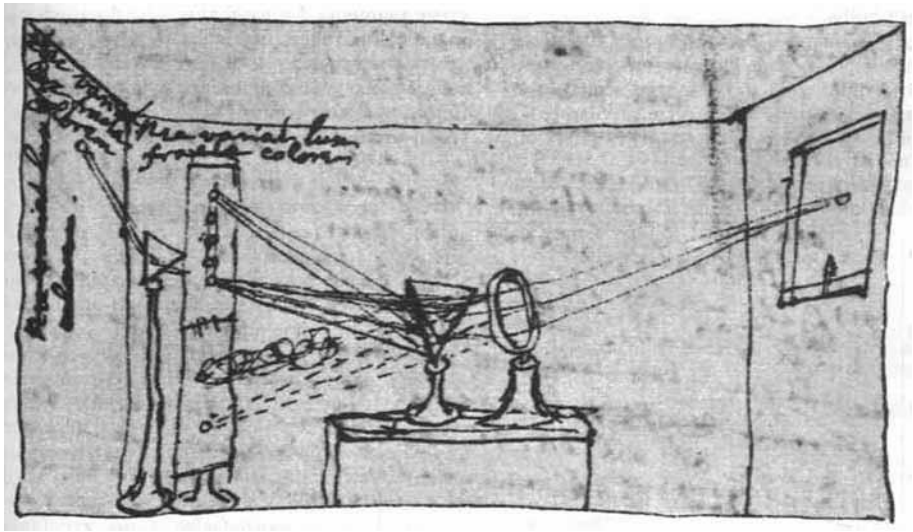
علم رنگ‌ها

- **نور:** نور یک موج الکترومغناطیس است.
- رنگ نور وابسته به طول موج آن است.
- تمامی طول موج‌های الکترومغناطیسی قابل نمایش نیستند.
- طول موج‌های کوتاه، آبی به نظر می‌رسند، و طول موج‌های بلند قرمز.

۳۵

علم رنگ‌ها

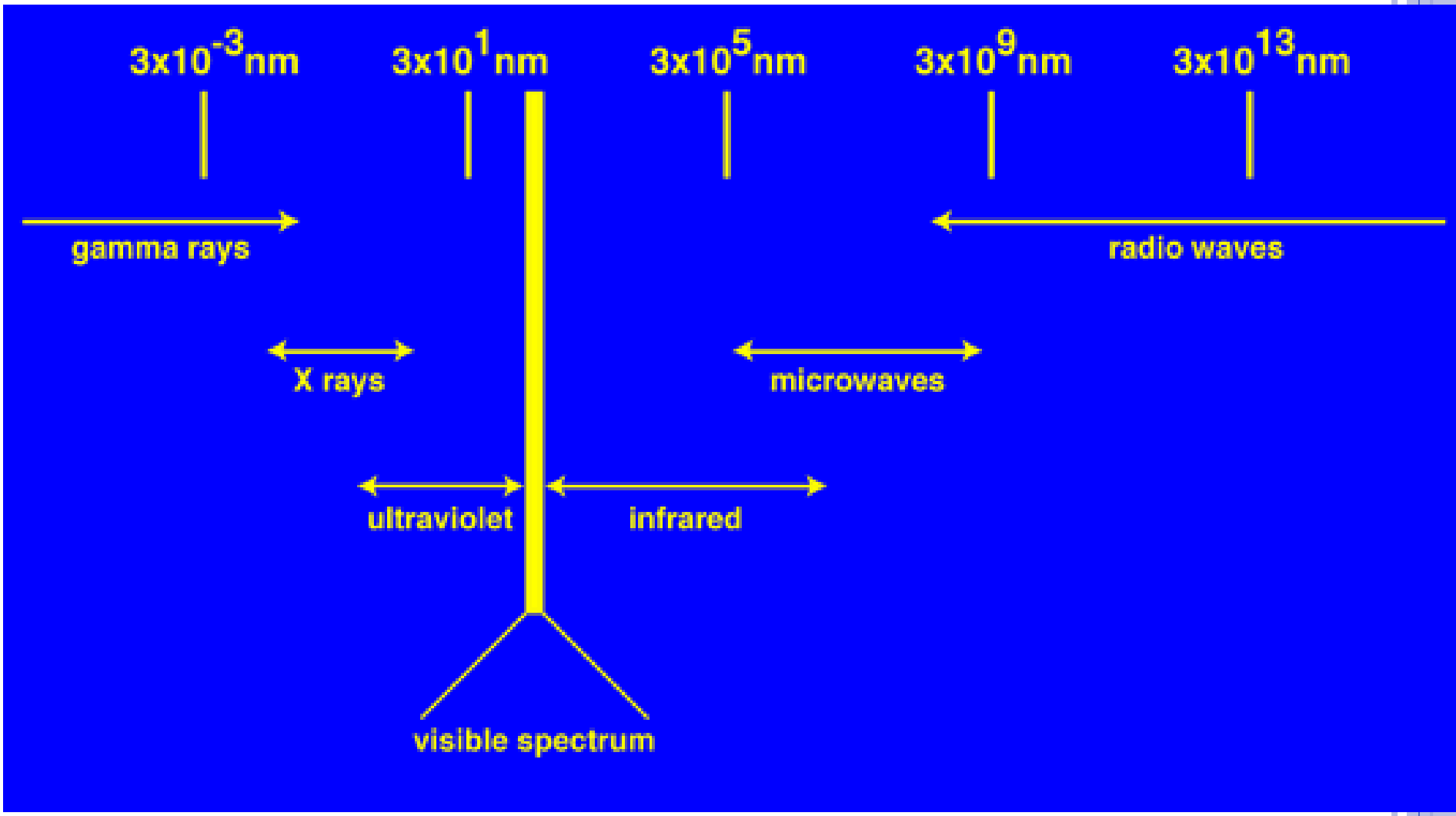
- نور سفید شامل همه رنگ‌های یک رنگین کمان است.



آزمایش‌های نیوتون

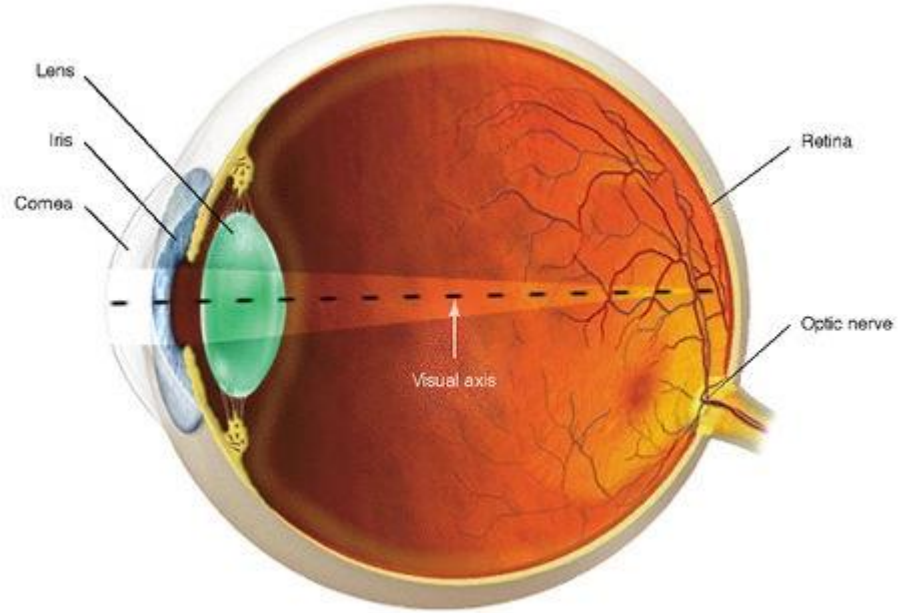
- نور مرئی یک موج الکترومغناطیس در محدوده ۴۰۰ نانو متر تا ۷۰۰ نانو متر است. (۱ نانومتر معادل 10^{-9}متر است).

طیف الکترومغناطیسی



بینایی انسان

- چشم مانند یک دوربین عمل می‌کند، که با عدسی یک تصویر را به شبکیه چشم منعکس می‌کند.
- شبکیه چشم از مجموعه‌ای از سلول‌های(میله ای) rod و سه نوع سلول (مخروطی) cone تشکیل شده است.



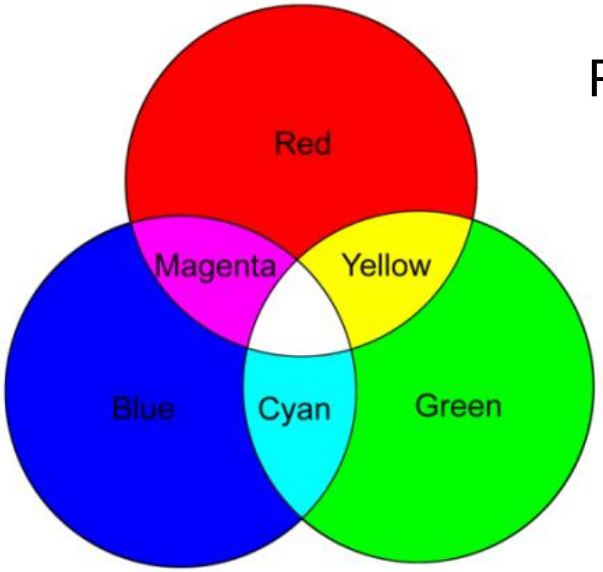
بینایی انسان

- **خصوصیت سلول‌های میله‌ای**
  - تعداد سلول‌های میله‌ای بیشتر است.
  - کار آنها تولید تصویری کلی و کامل از میدان دید است.
  - در بینایی رنگی دخالتی ندارند.
  - به سطوح پایین روشنایی حساس هستند.
- **ویژگی‌های سلول‌های مخروطی**
  - بسیار حساس به رنگ
  - حساس به جزییات ریز
  - تعداد آنها کمتر است
  - سه نوع هستند که به قرمز، آبی و سبز حساس هستند.
- مغز از تفاوت‌های R-G، G-B و B-R برای تولید سیگنال رنگ استفاده می‌کند.

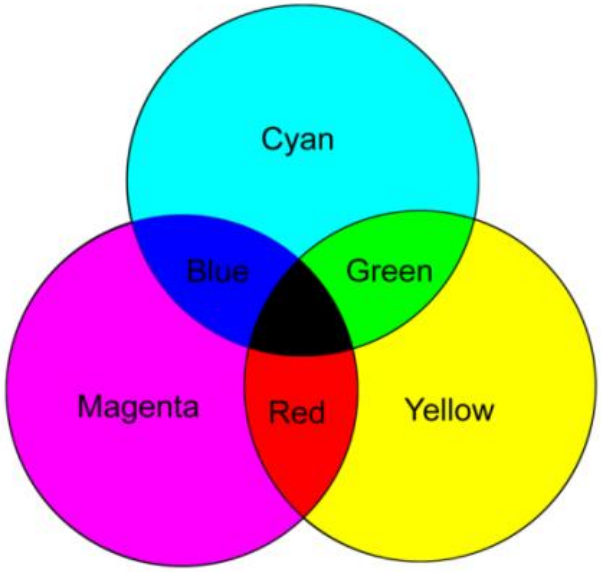
رنگ تجمعی و تفاضلی

- رنگ‌های تجمعی (Additive) از منابع نور حاصل می‌شوند، مانند نوری که توسط یک صفحه سفید تولید می‌شود.
  - وقتی‌که دو پرتو نور، هدفی را روشن می‌کنند، رنگ‌های آن‌ها باهم جمع می‌شود.
- رنگ‌های تفاضلی(Subtractive) برای چاپگرها و دستگاه‌هایی که خودشان منبع نور نیستند به کار می‌روند.
  - جوهر که روی کاغذ رها می‌شود، ؛ رنگ آنها اصطلاح از هم کم (تفریق) می‌شود.

RGB

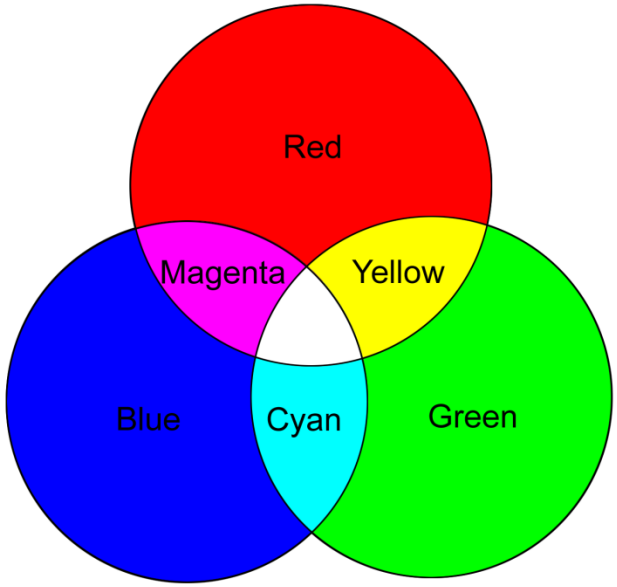


CMY

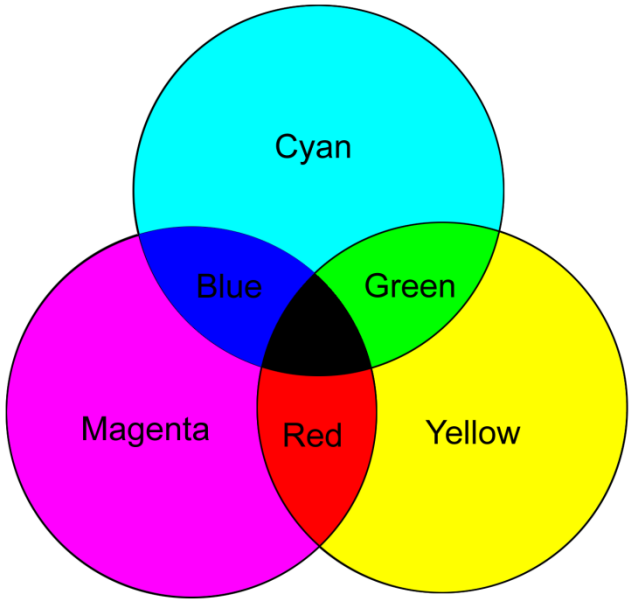


مدل های رنگ تفاضلی و تجمعی

- برای نمایشگرهای CRT از مدل رنگ RGB استفاده می‌شود.
- برای پرینترها از فضاهای رنگی تفاضلی (مانند CMY) استفاده می‌کنیم.



رنگ‌های تجمعی



رنگ‌های تفاضلی

۴۱

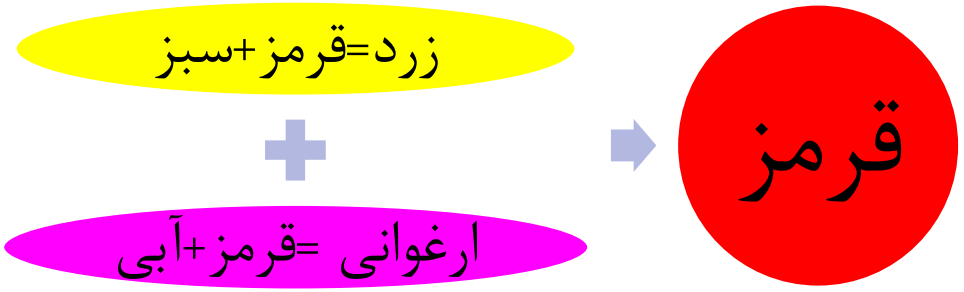
تبدیل RGB به CMY

مخلوط دو جوهر زرد و ارغوانی باعث تولید رنگ قرمز می‌شود.

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

تبدیل معکوس :

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$



۴۲

نمایش رنگ با توجه به ساختار چشم انسان

۱- چشم انسان سلول‌های عصبی متفاوتی برای درک رنگ و شدت نور دارد. (میله‌ای و مخروطی)

- مدل‌های رنگی ابداع شد که شدت نور و رنگ را جدا کردند(شدت نور + رنگینگی).

YIQ, YUV, YCbCr

۲- چشم انسان دقت کمتری در درک رنگ نسبت به شدت نور دارد.(تعداد میله‌ای ها بیشتر است.)

- نمونه برداری رنگی

۴۳

مشخصات رنگی

- روشنی (شدت رنگ): Brightness (Luminance)
- اصل رنگ(طول موج غالب در ترکیب امواج نوری) : Hue
- اشباع (خلوص نسبی یا مقدار نور سفید مخلوط با اصل رنگ): Saturation
  - نقاط روی مرز نمودار رنگینگی کاملا اشباع هستند
  - اشباع در نور سفید صفر است.
- رنگ های طیفی خالص کاملا اشباع هستند
  - صورتی = قرمز به اضافه سفید
  - بنفش کمرنگ = بنفش به اضافه سفید
  - نور سفید = سهم سه رنگ اولیه باهم برابراست.
- اصل رنگ و اشباع (روی هم) رنگینگی نامیده می شود. Chromaticity

مدل رنگ YIQ

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.595 & -0.274 & -0.321 \\ 0.211 & -0.522 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

- برای رنگ خاکستری: R = G= B
- درخشندگی (luminance) یا Yمیزان خاکستری‌است.
- برای یک تصویر خاکستری (سیاه و سفید)، تابع I و Q مقادیر صفر دارند.

مدل رنگ YIQ

I

Y

Q

Luminance

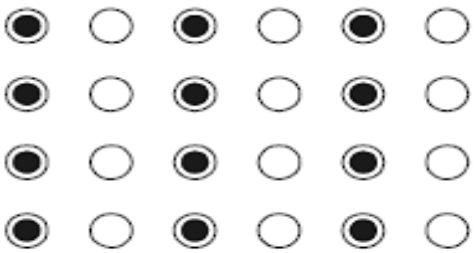
Chrominance

نمونه‌برداری رنگ (Chroma Subsampling)

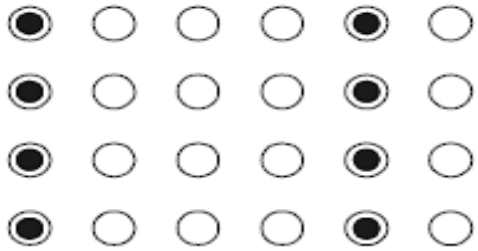
- از آنجایی‌که چشم انسان رنگ را با وضوح خیلی کمتری نسبت به میزان شدت آن حس می‌کند، این احساس به‌وجود می‌آید که می‌توان از وضوح و دقت سیگنال رنگی کاست.
- ۴:۴:۴
- ۴:۲:۲
- ۴:۱:۱
- ۴:۲:۰
- طرح ۴:۲:۰ به طور معمول در JPEG و MPEG استفاده می‌شود.

نمونه‌برداری رنگ (Chroma Subsampling)

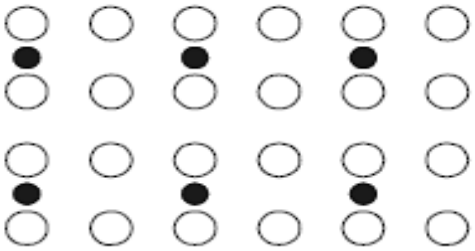
4:4:4



4:2:2



4:1:1



4:2:0

تعداد پیکسل‌هایی که در
نمونه‌برداری رنگ شرکت می‌کنند

تعداد پیکسل‌هایی که رنگ آنها
به طور مستقیم استفاده می‌شود.