

Ψηφιακή Εικόνα

Αντίληψη χρωμάτων
Συστήματα χρωμάτων
Κβαντισμός χρωμάτων

Σχηματισμός εικόνων

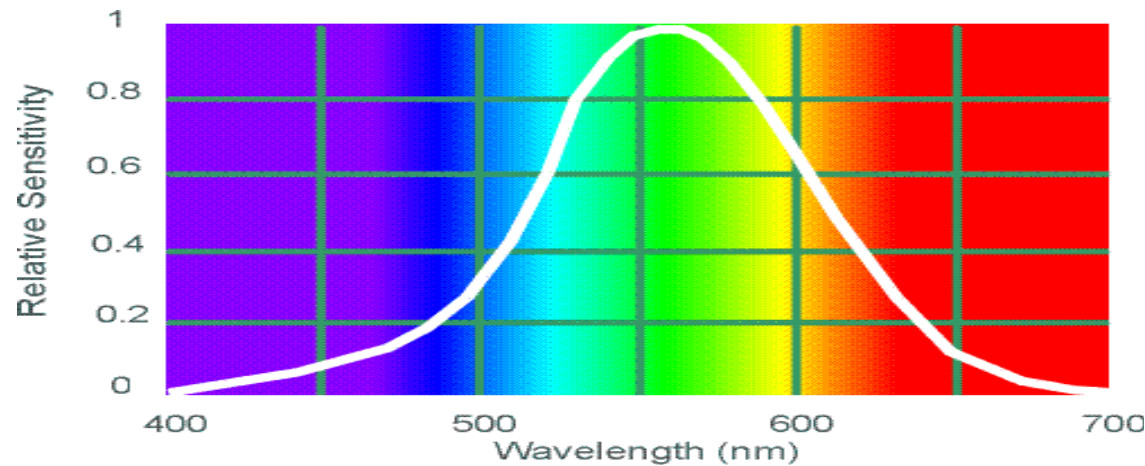
Το φως είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα
Το χρώμα προσδιορίζεται από το μήκος κύματος

$$L(x, y; t) = \int \Phi(x, y; t; \lambda) E(\lambda) d\lambda$$

Μονοχρωματικός δέκτης
Τριχρωματικός δέκτης

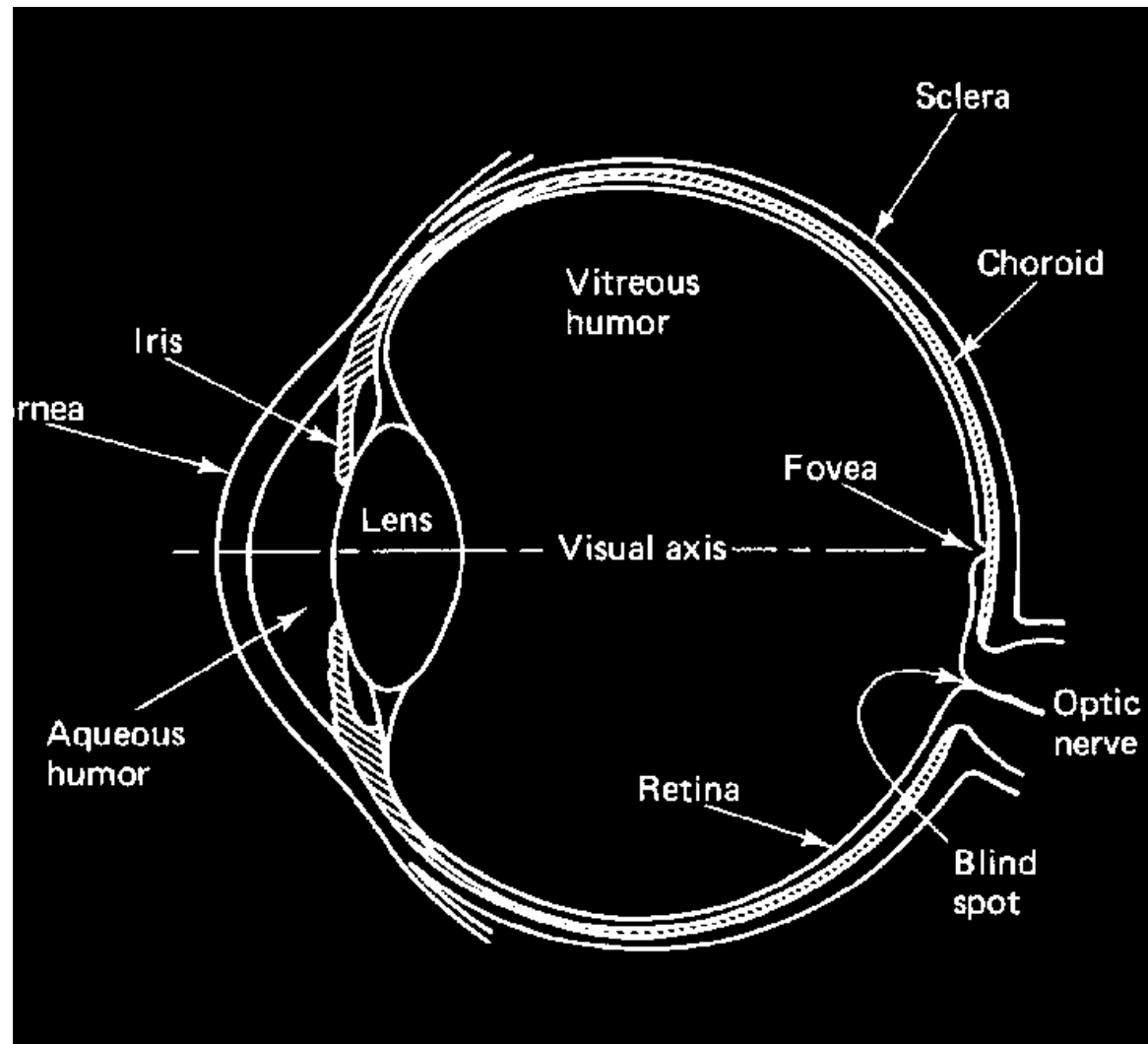
Ανθρώπινο σύστημα όρασης

- Σκοτοπική όραση (μονοχρωμία)
- Φωτοπική όραση (τριχρωμία)

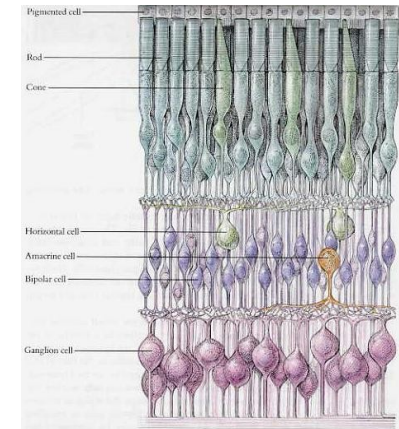
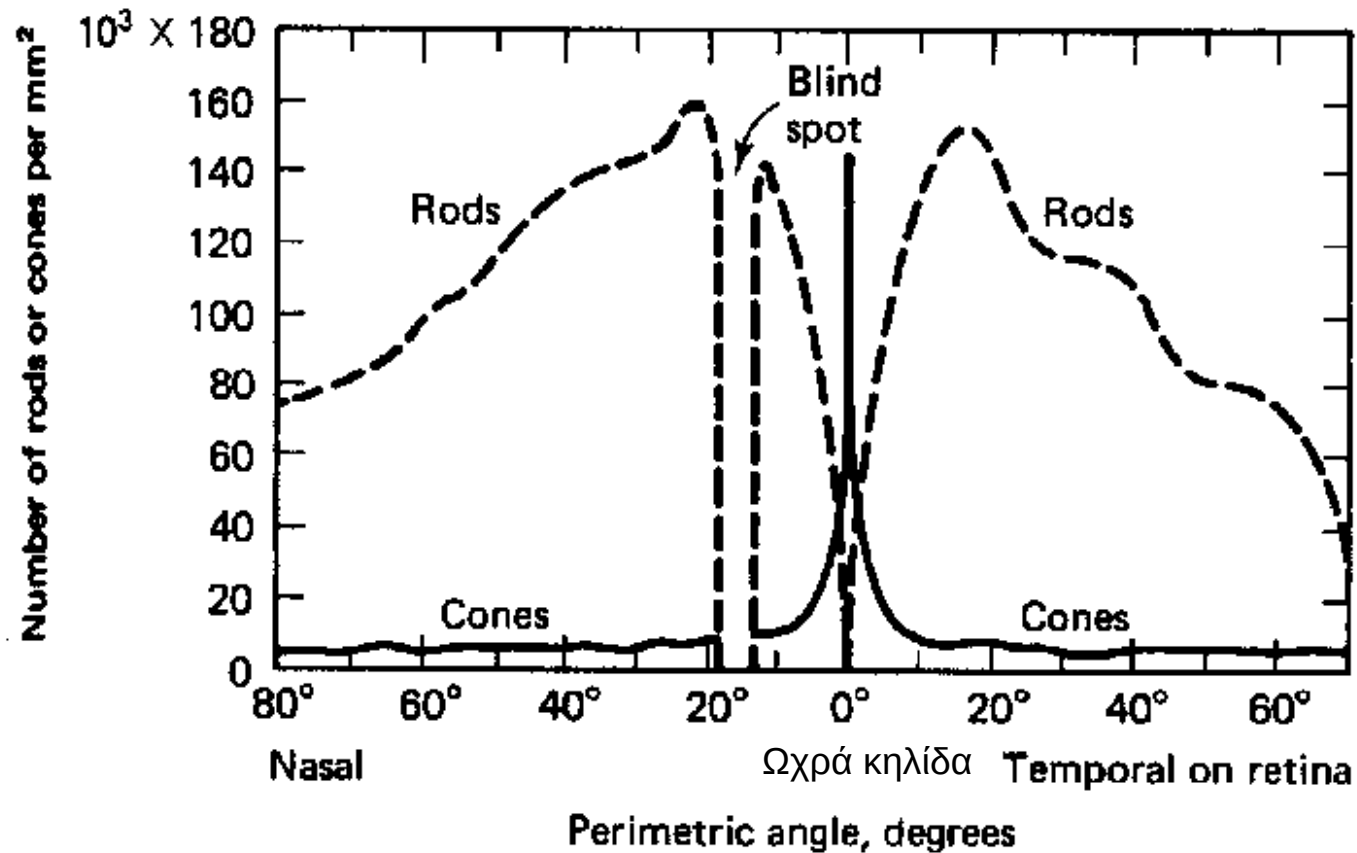


Ορατό φάσμα

Οφθαλμός



Αισθητήρες οφθαλμού



Ραβδία (σκοτοπική όραση) : 100 εκατ.

Κωνία (φωτοπική τριχρωματική όραση) : 6 εκατ.

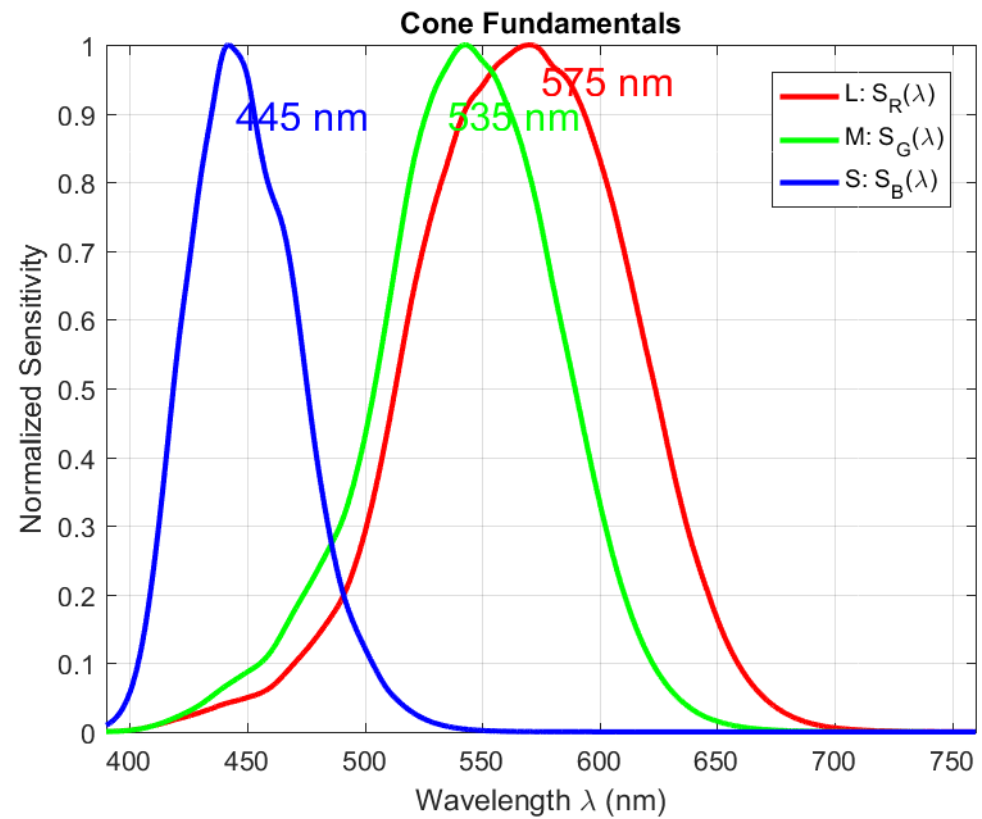
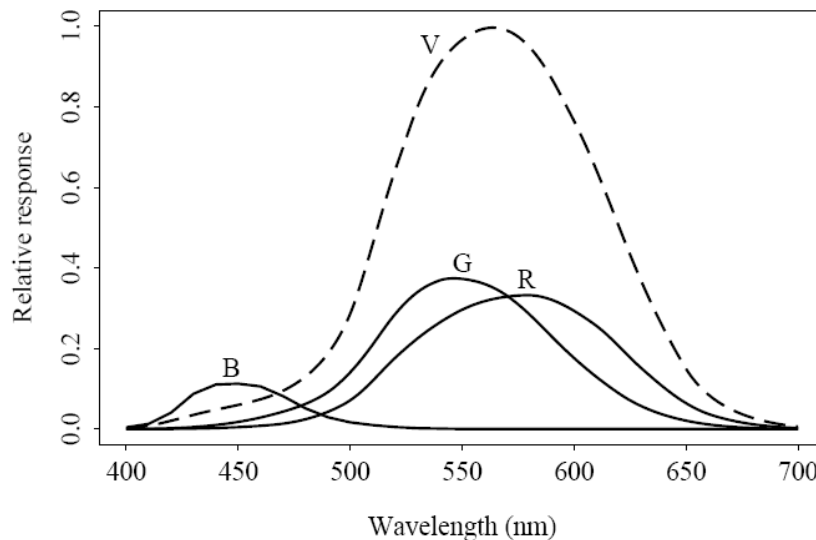
Κεντρική όραση : στατικά, χώρος

Περιφερειακή όραση : κίνηση

Χρωματικό σύστημα οφθαλμού

Τρία πρωτεύοντα χρώματα

Κόκκινο	R	575 nm
Πράσινο	G	535 nm
Μπλε	B	445 nm



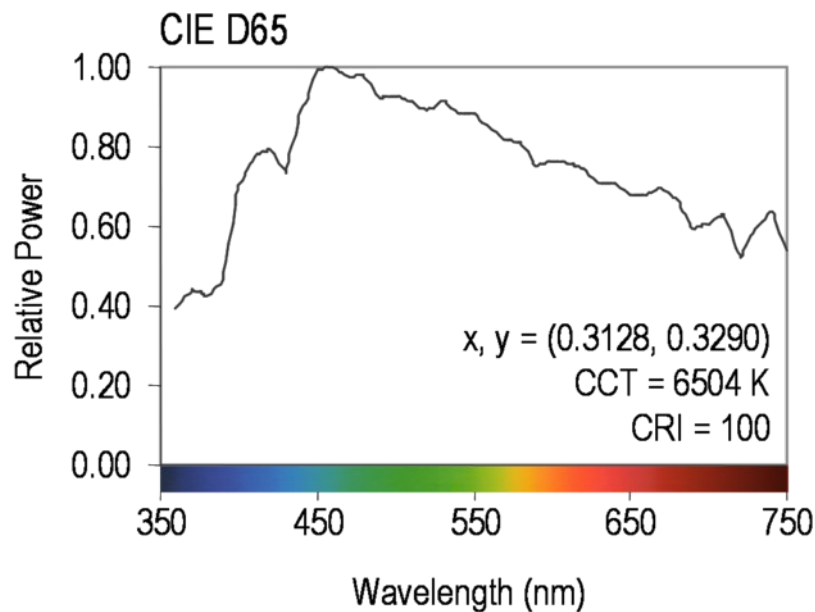
Ορισμός χρωμάτων (C.I.E.)

Γραμμική μίξη τριών χρωμάτων μπορεί να δώσει οποιαδήποτε φασματική κατανομή

Τρεις χρωματικές διεγέρσεις αναφοράς

Λευκή φασματική κατανομή (ομοιόμορφη)

Κόκκινο	R	700 nm
Πράσινο	G	546 nm
Μπλε	B	436 nm

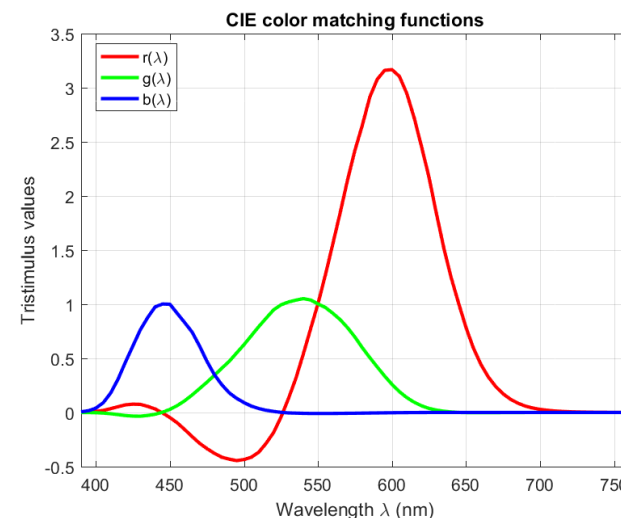


$$R = \int \bar{r}(\lambda) d\lambda$$

$$G = \int \bar{g}(\lambda) d\lambda$$

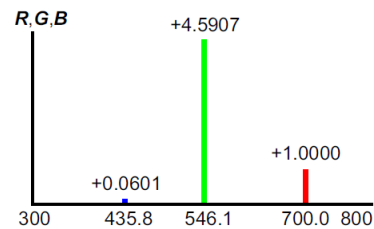
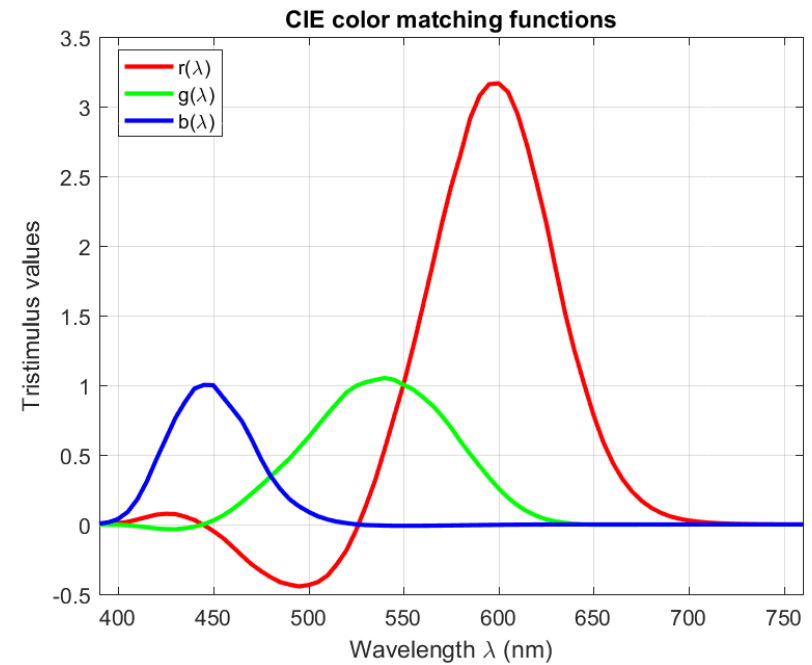
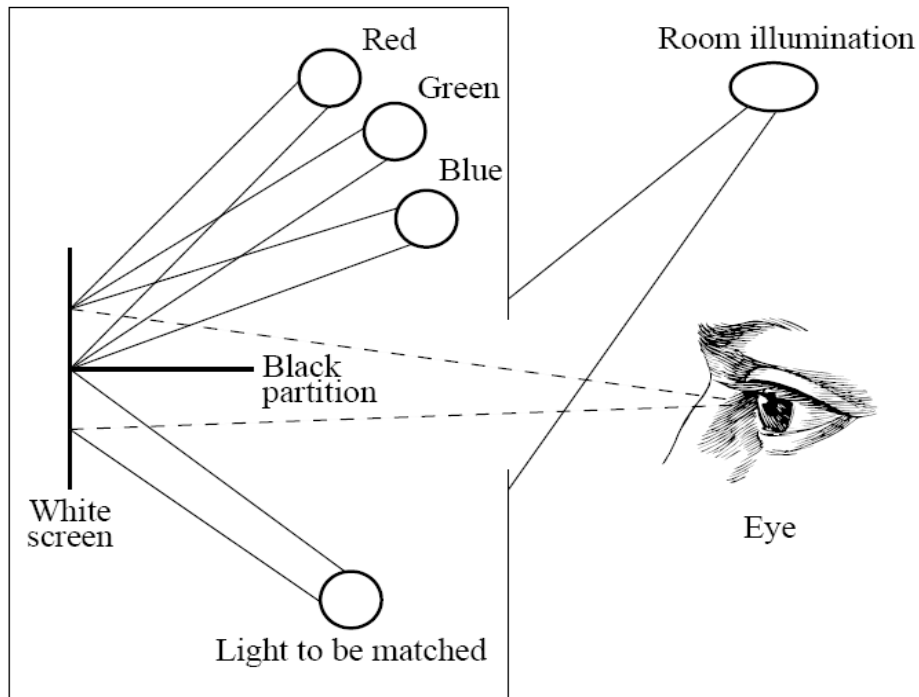
$$B = \int \bar{b}(\lambda) d\lambda$$

C.I.E. 1931

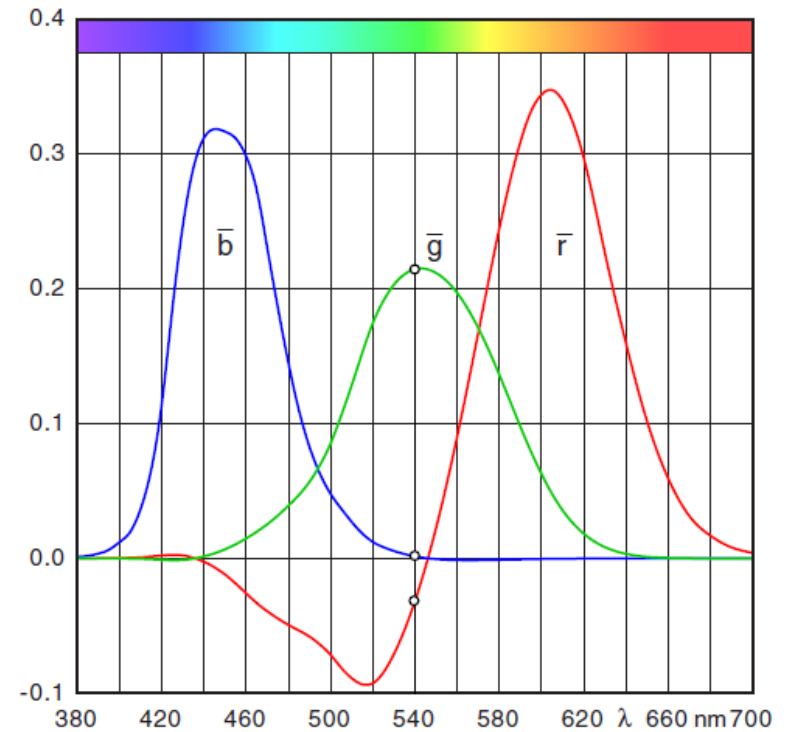
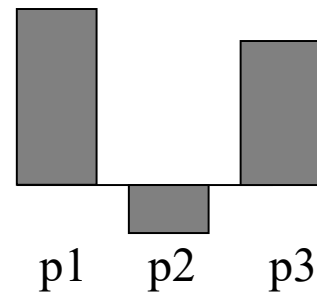
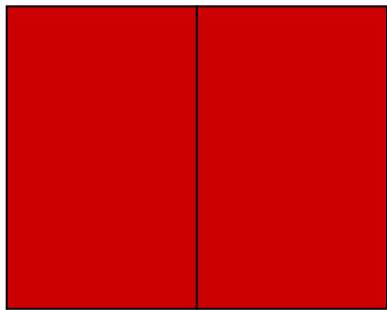
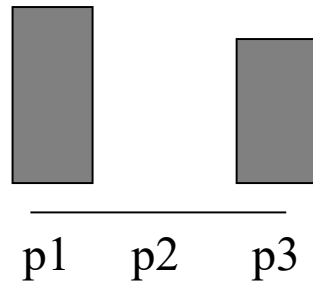
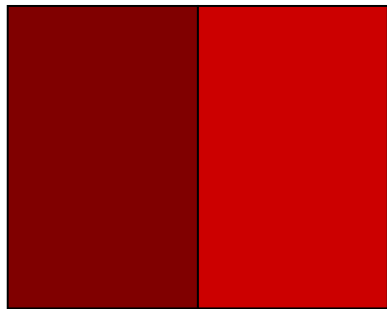


“φως ημέρας”

Ταίριασμα χρωμάτων



Ταίριασμα χρωμάτων

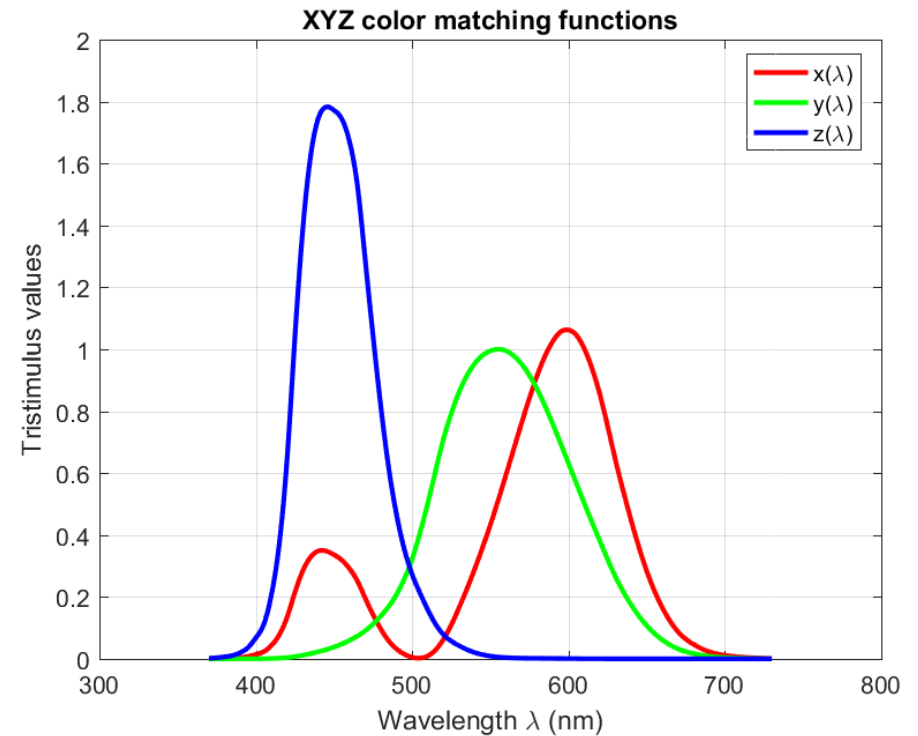


Σύστημα χρωμάτων XYZ (C.I.E.)

Υ αντιστοιχεί στη φωτεινότητα

X		0,490	0,310	0,200	R
Y	=	0,177	0,813	0,011	G
Z		0	0,010	0,990	B

Ταίριασμα της μεσαίας συνιστώσας
με τη μονοχρωματική απόκριση
Λευκό $X=Y=Z$



Διάγραμμα χρωμάτων C.I.E.

Τριχρωματικοί
συντελεστές

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

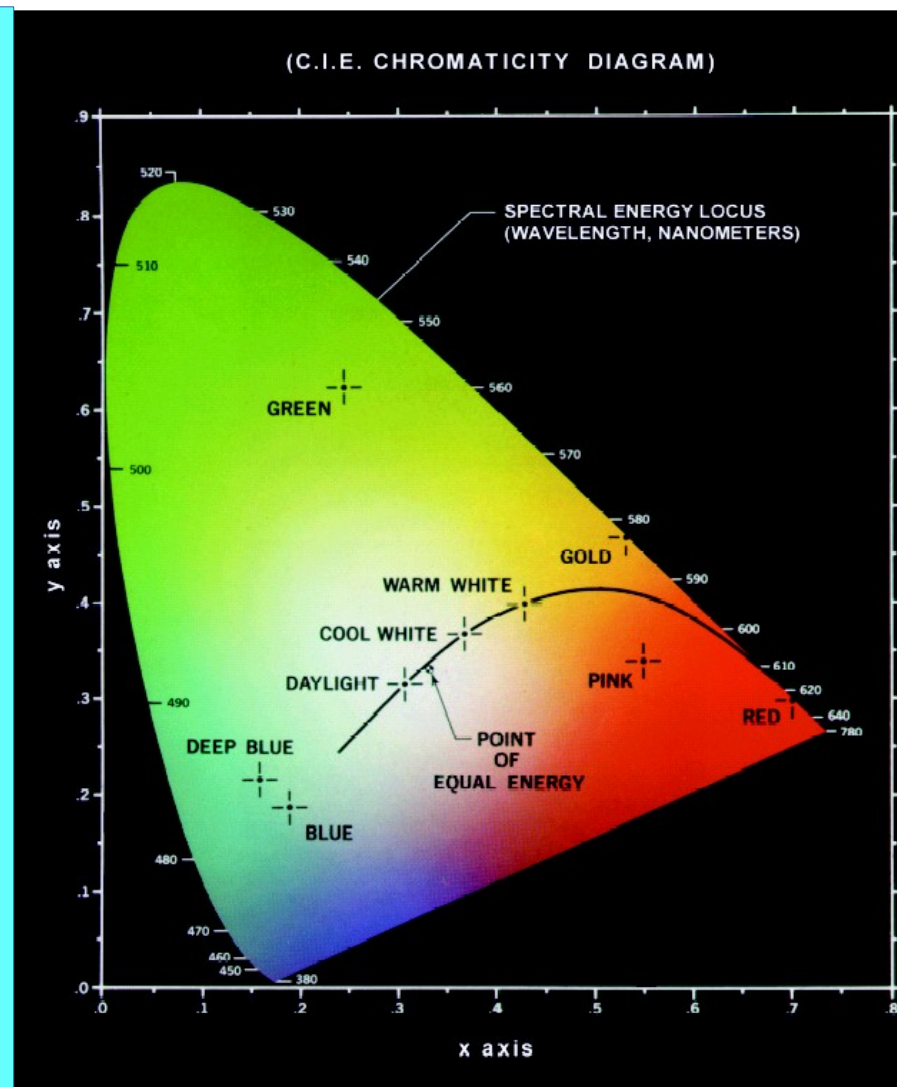
$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

Ανάκτηση
συνιστωσών

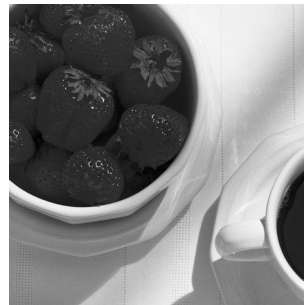
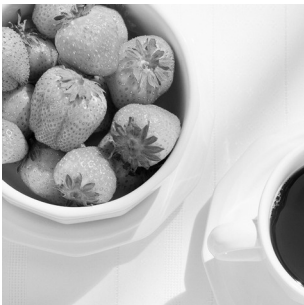
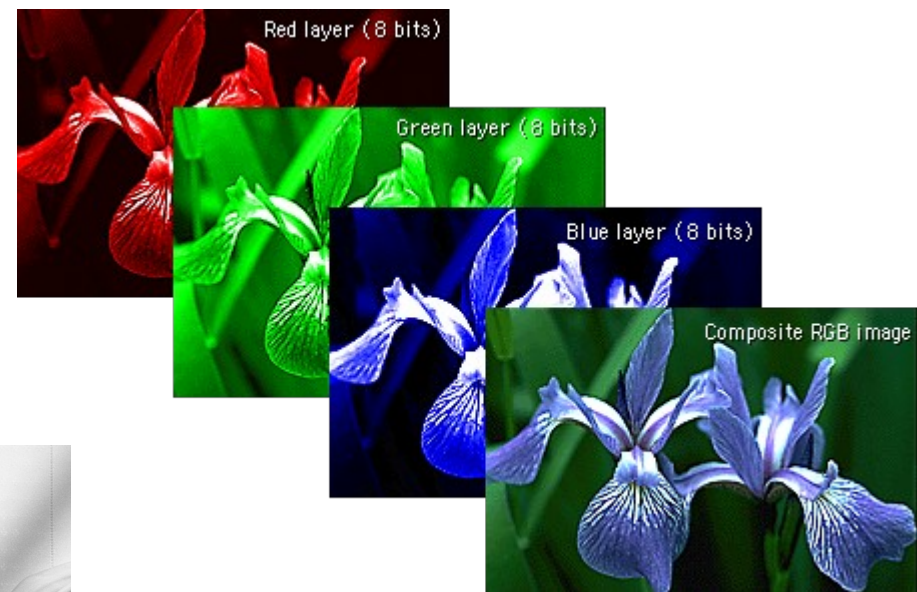
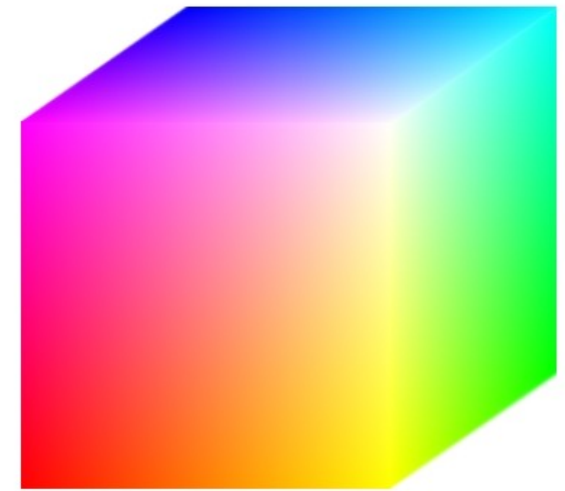
$$X = \frac{x}{y} Y$$

$$Z = \frac{(1-x-y)}{y} Y$$

Τα καθαρά χρώματα
βρίσκονται στο “πέταλο”
Τα χρώματα συνδυάζονται
γραμμικά
Κορεσμένα και ακόρεστα
χρώματα



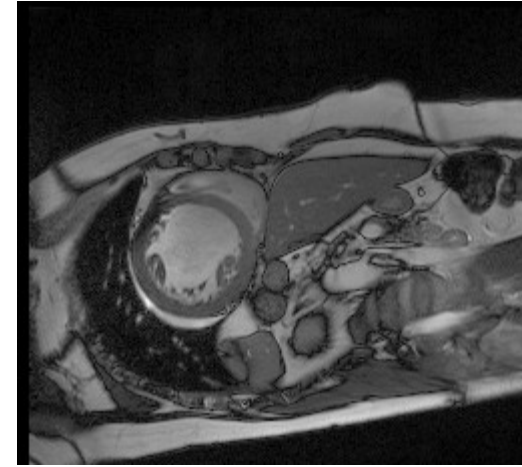
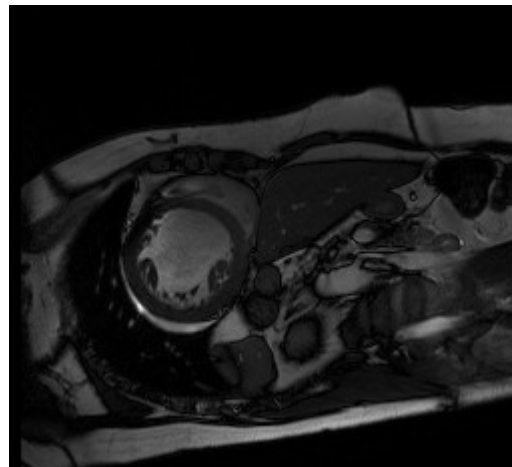
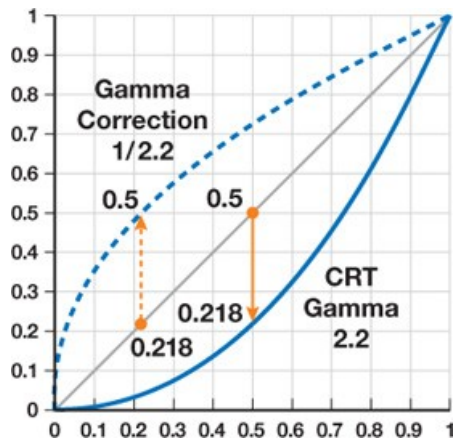
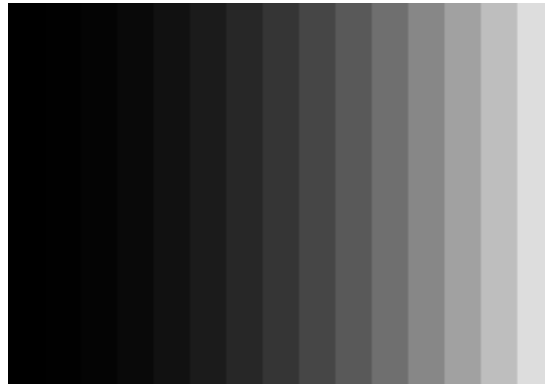
ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ RGB



Μετατροπή σήματος

Η λήψη (σάρωση, φωτογραφία) όσο και η οθόνη (CRT, LCD ή άλλο) πιθανόν να μην είναι γραμμικές διαδικασίες και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένες εικόνες, αν δεν ληφθεί μέριμνα για αυτό

$$V = L^{\gamma}$$



ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ sRGB

Πρωτεύοντα

$R_0 : x = 0.64, y = 0.33, z = 0.03$

$G_0 : x = 0.30, y = 0.60, z = 0.10$

$B_0 : x = 0.15, y = 0.06, z = 0.79$

Λευκό : $x = 0.3127, y = 0.3290, z = 0.3583$

C.I.E. D65

$$Y = 0.21 R_0 + 0.72 G_0 + 0.07 B_0$$

$$R = 1.055 R_L^{(1/2.4)} - 0.055$$

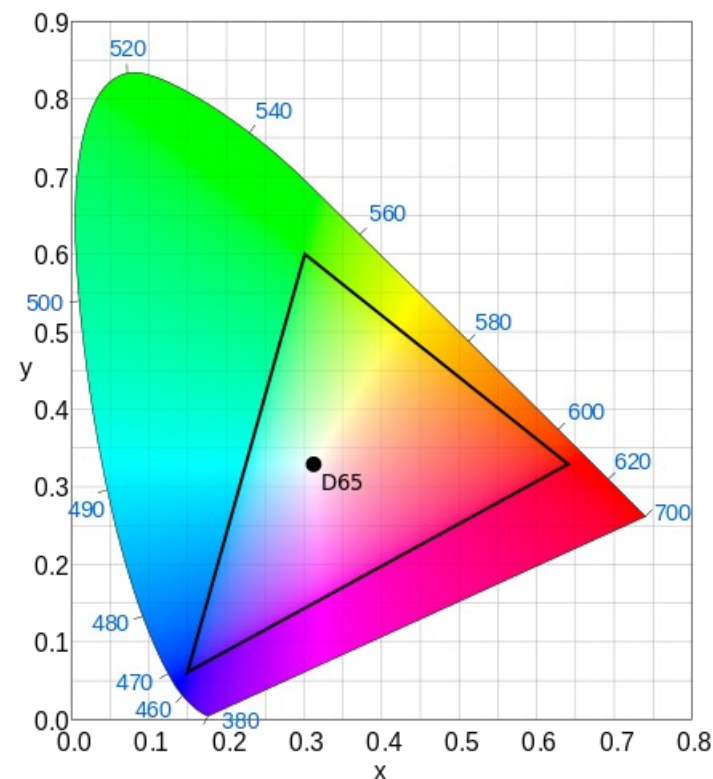
$$G = 1.055 G_L^{(1/2.4)} - 0.055$$

$$B = 1.055 B_L^{(1/2.4)} - 0.055$$

$$R_L = ((R + 0.055)/1.055)^{2.4}$$

$$G_L = ((G + 0.055)/1.055)^{2.4}$$

$$B_L = ((B + 0.055)/1.055)^{2.4}$$



Σύστημα χρωμάτων Lab

$$X = 0.4303R + 0.3416G + 0.1784B$$

$$Y = 0.2219R + 0.7068G + 0.0713B$$

$$Z = 0.0202R + 0.1296G + 0.9393B.$$

$$L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{(1/3)} - 16$$

$$a^* = 500 \left[\left(\frac{X}{X_n} \right)^{(1/3)} - \left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{(1/3)} \right]$$

$$b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_n} \right)^{(1/3)} - \left(\frac{Z}{Z_n} \right)^{(1/3)} \right]$$

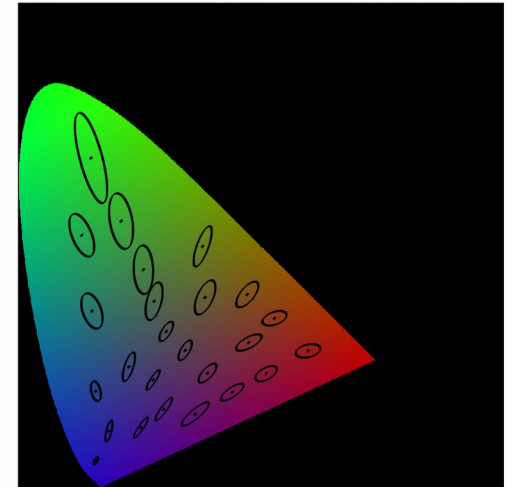
$$X_n, Y_n, Z_n$$

Λευκό (L=100)

C.I.E. D65

$$\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$\arctan \frac{b^*}{a^*}$$



κορεσμός
χρώματος
χρώμα

$$f(x) = \begin{cases} x^{\frac{1}{3}} & x > 0.008856 \\ 7.787x + \frac{16}{116} & x \leq 0.008856 \end{cases}$$

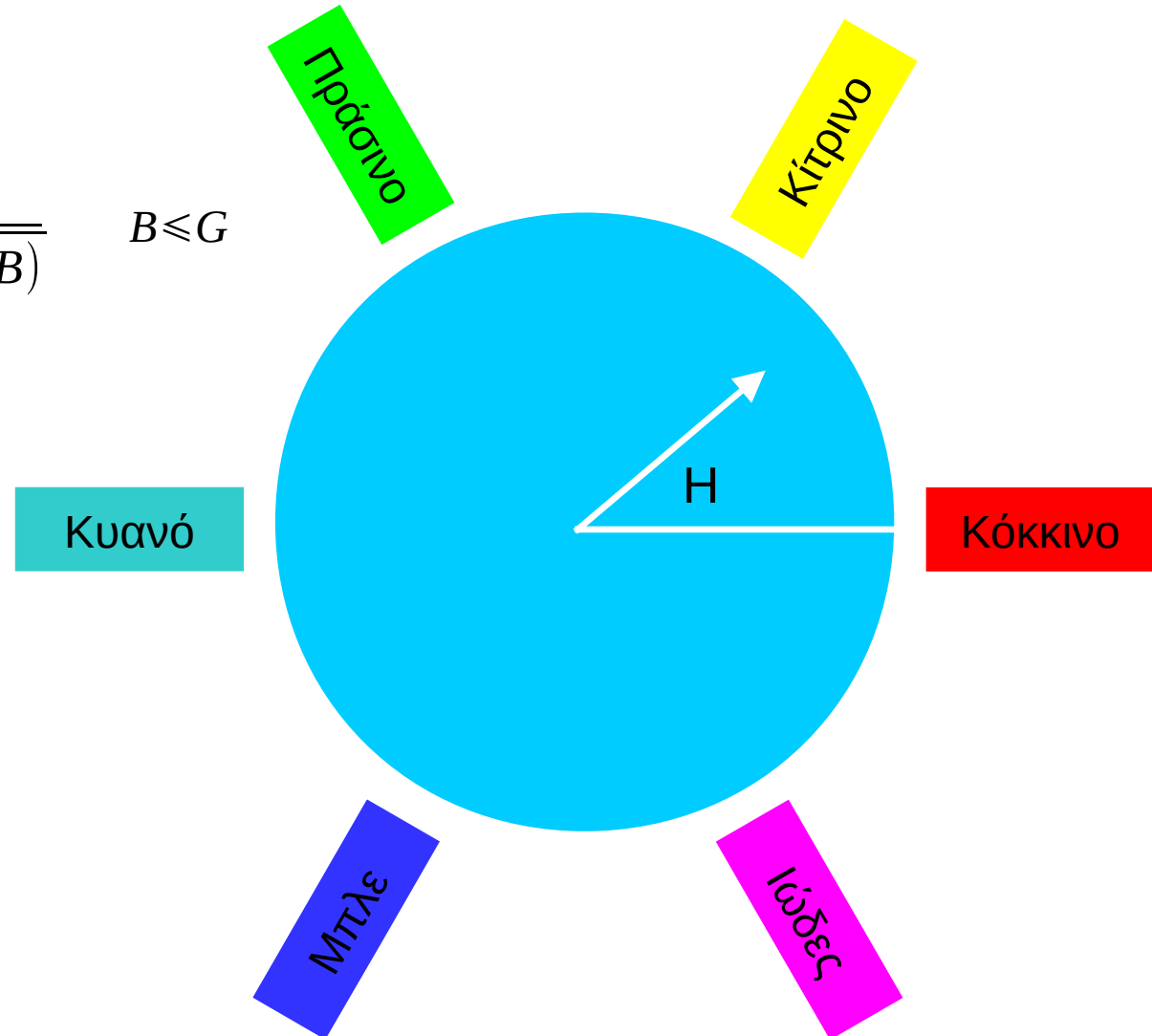
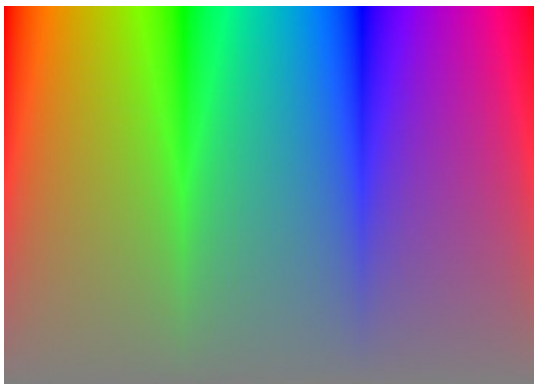
Αντιληπτικά ομοιόμορφος χώρος
Ευκλείδεια απόσταση (ελάχιστη αντιληπτή 2,3)

Σύστημα χρωμάτων HSL

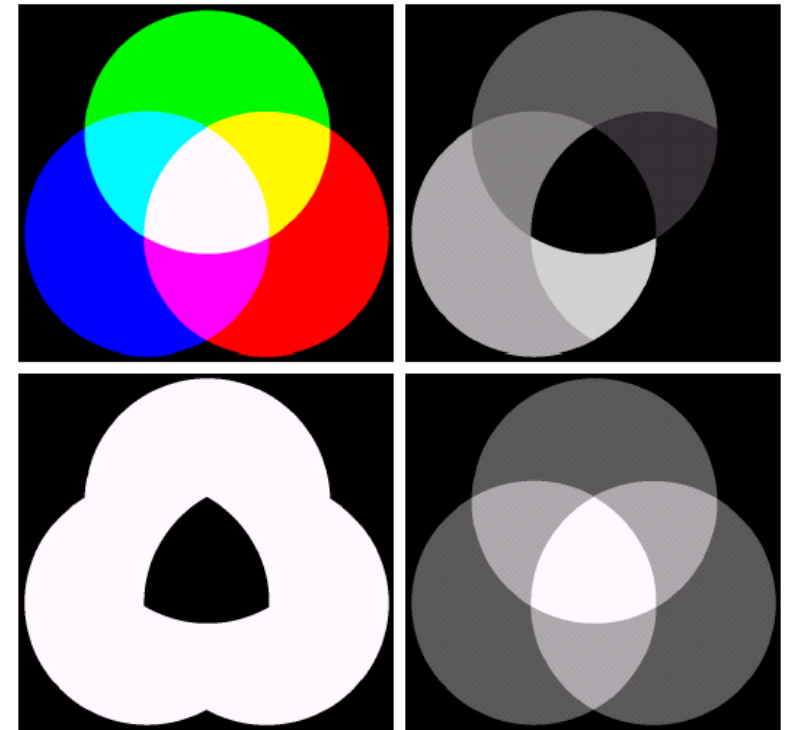
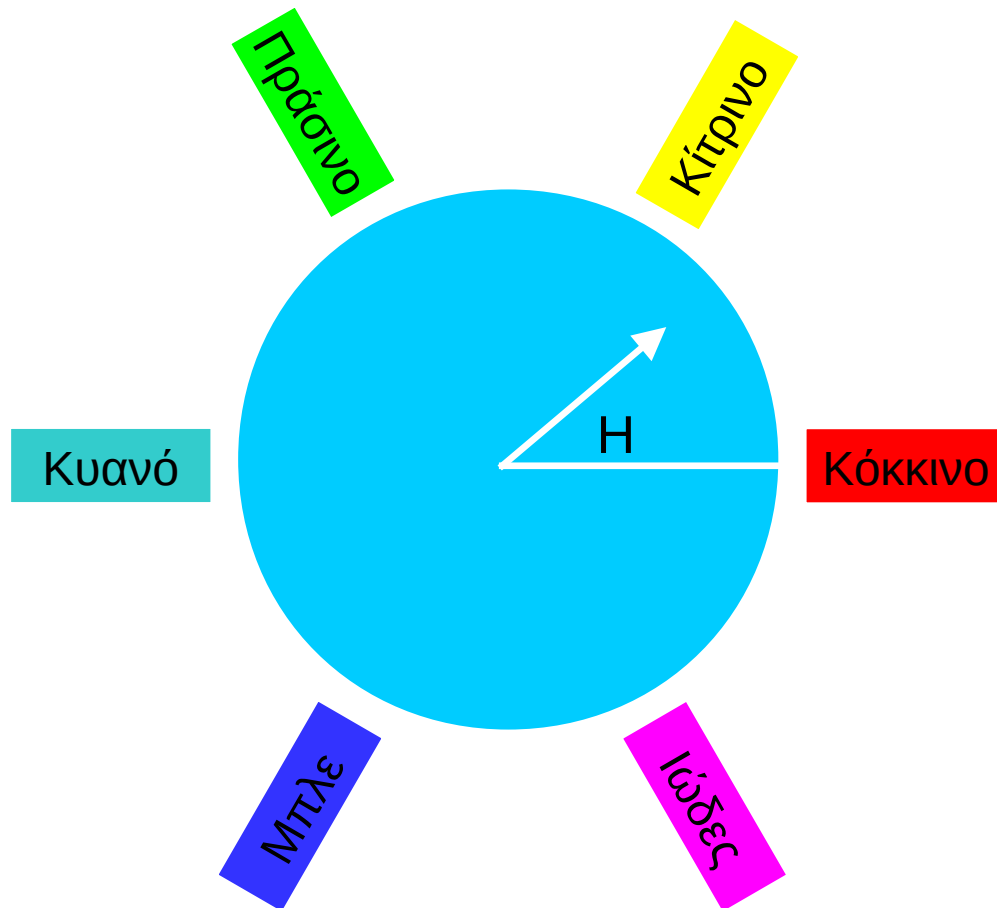
$$H = \arccos \frac{0.5[(R-G)+(R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \quad B \leq G$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} \min(R, G, B)$$

$$L = \frac{R+G+B}{3}$$



Σύστημα χρωμάτων HSL



a b
c d

FIGURE 6.16 (a) RGB image and the components of its corresponding HSI image: (b) hue, (c) saturation, and (d) intensity.

Gonzalez & Woods, Digital Image Processing

Σύστημα χρωμάτων YCbCr

$$\begin{aligned} Y &= 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B \\ Cb &= -0.169 R - 0.331 G + 0.500 B \\ Cr &= 0.500 R - 0.419 G - 0.081 B \end{aligned}$$

Χρησιμοποιείται στο ψηφιακό βίντεο
και στα πρότυπα JPEG και MPEG

Πρακτικά καλή προσέγγιση της ομοιομορφίας
στο χώρο των χρωμάτων

Κβαντισμός χρωμάτων

Περιορισμός παλέτας
Εξαγωγή επικρατούντων χρωμάτων

Ομοιόμορφος κβαντισμός (3-3-2)

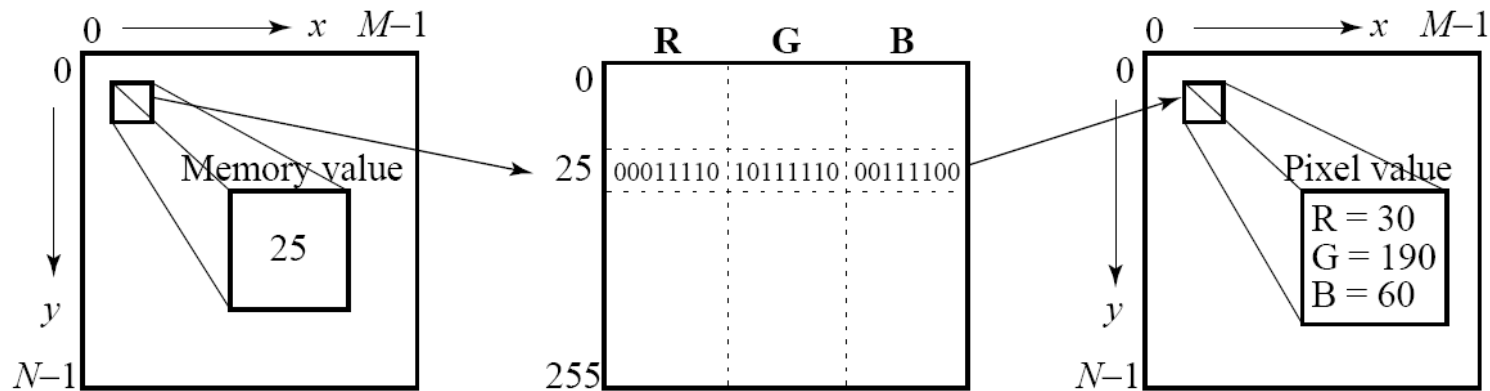
Δημοφιλή χρώματα

Αλγόριθμος μεσαίας τομής

Διανυσματικός κβαντισμός

Περιορισμός παλέτας

Παλέτα (Look-up table)



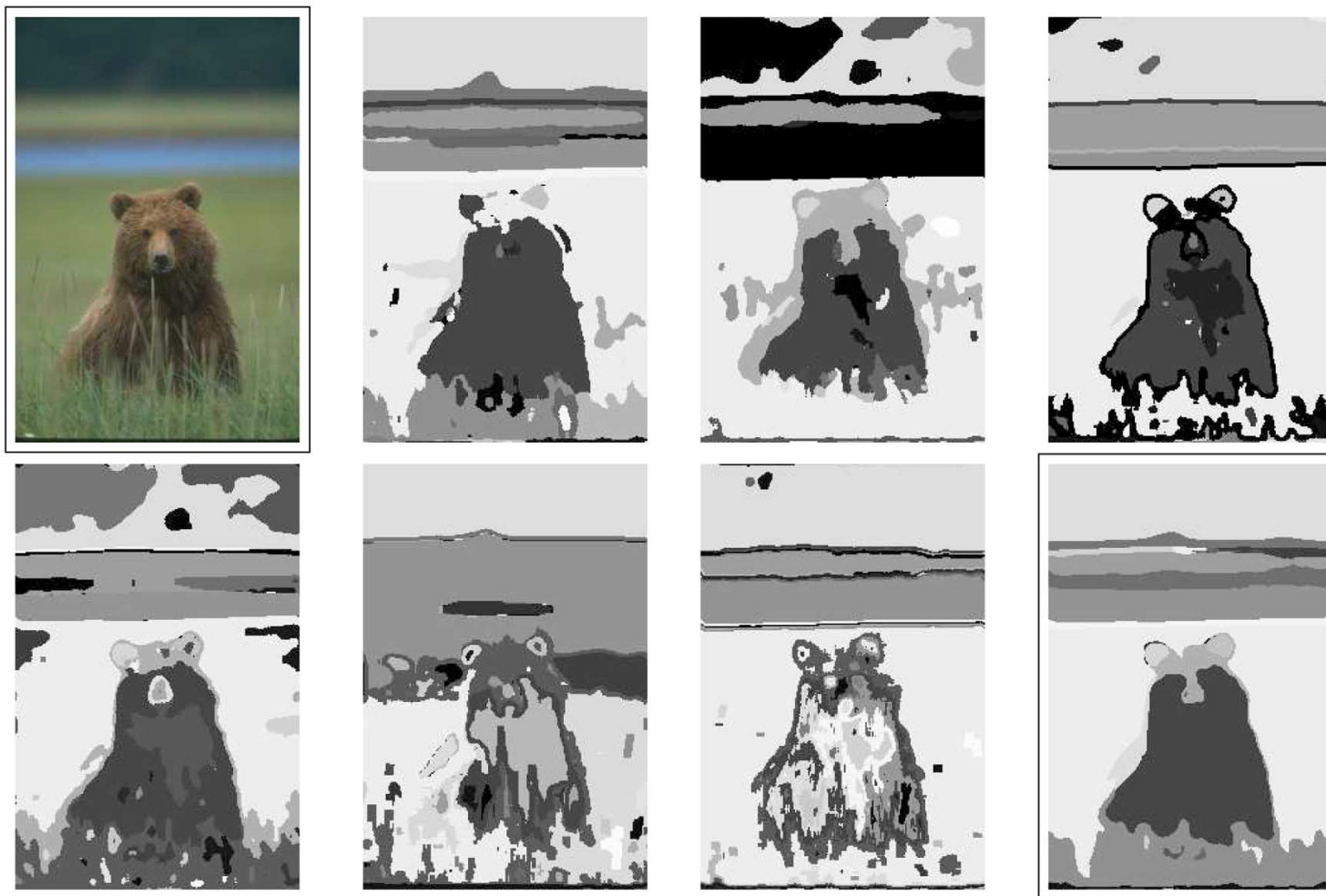
Indexed colour

Palette

Alpha table

	R	G	B	A
0	255	255	255	0
1				
2				
3	176	208	176	255
4				
5	208	176	176	255
6				
7				
8	176	176	208	255
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Κβαντισμός χρωμάτων / χρωματικό σύστημα



RGB, HSI, YIQ, XYZ, Lab, Luv

Αλγόριθμος μεσαίας τομής

```
Color_quantization(Image, n)
{
    For each pixel in Image with color C, map C in RGB space;

    P = {RGB space partition};
    While (n-- > 0) {
        L = Heaviest (P);
        Split L into L1 and L2;
        Remove L from P, and add L1 and L2 instead;
    }

    For all boxes in B do
        assign a representative (color centroid);

    For each pixel in Image do
        map to one of the representatives;
}
```

Αλγόριθμος μεσαίας τομής

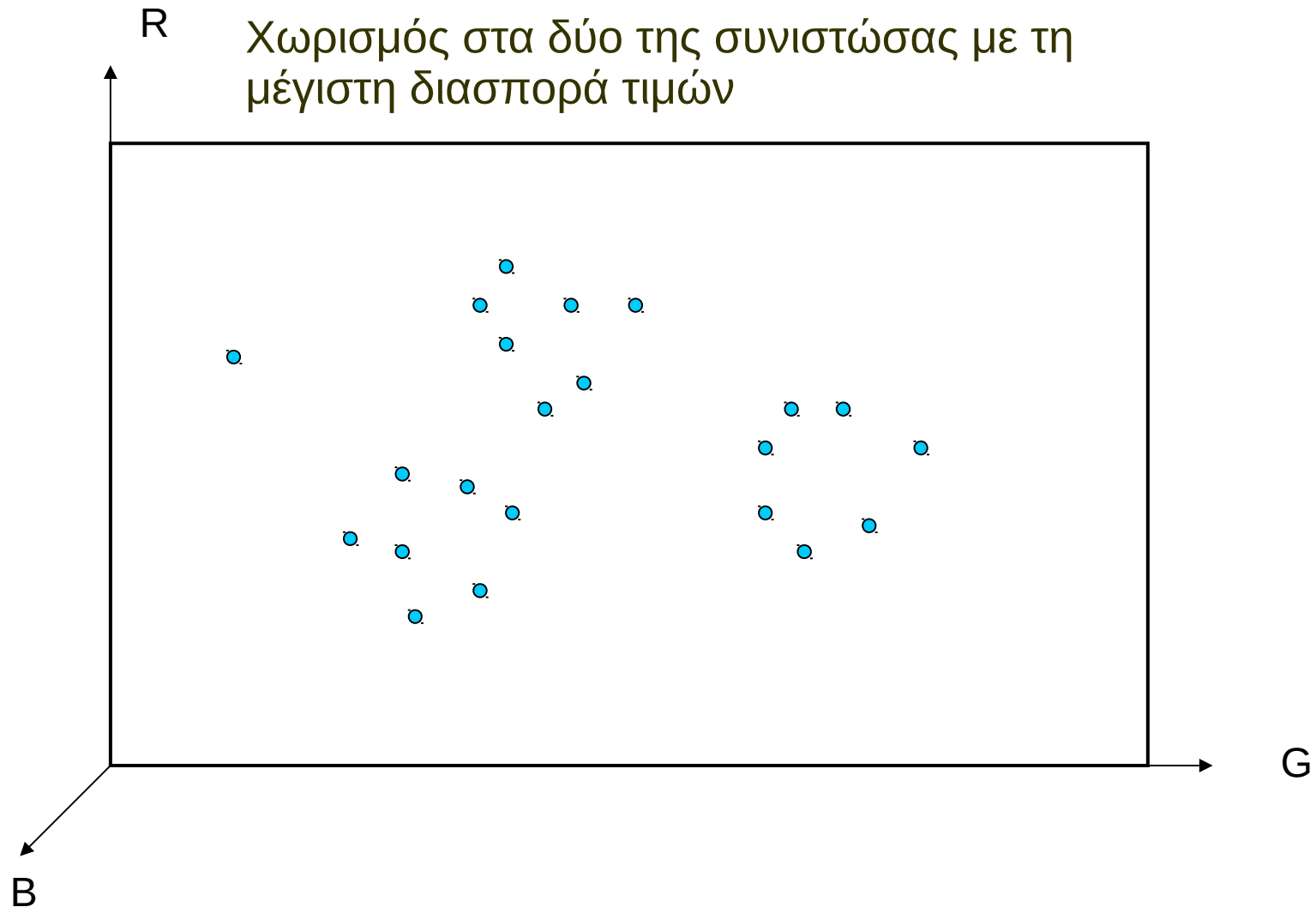
```
Color_quantization(Image, n)
{
    For each pixel in Image with color C, map C in RGB space;

    P = {RGB space partition};
    While (n-- > 0) {
        L = Heaviest (P);
        Split L into L1 and L2;
        Remove L from P, and add L1 and L2 instead;
    }

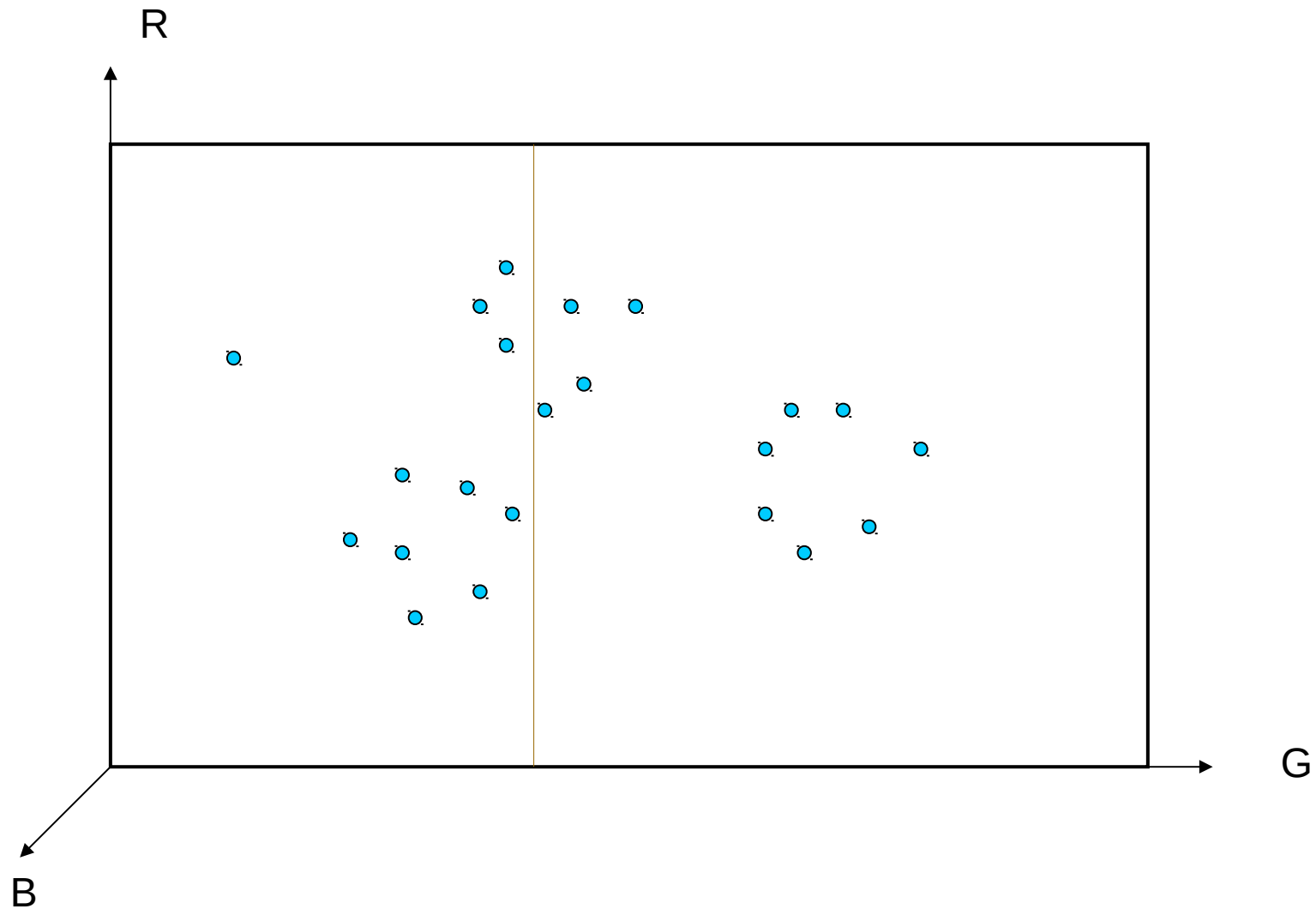
    For all boxes in B do
        assign a representative (color centroid);

    For each pixel in Image do
        map to one of the representatives;
}
```

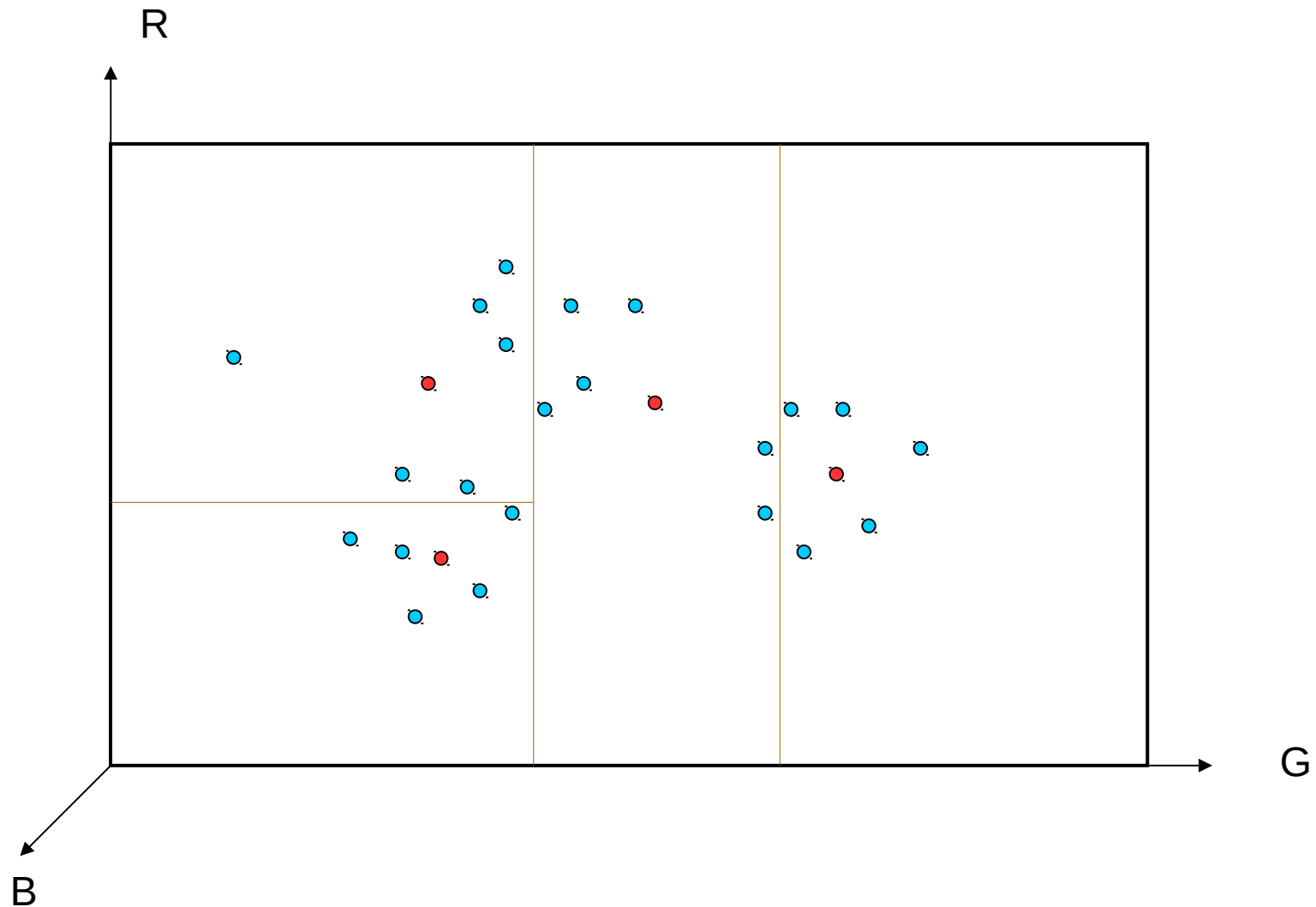
Αλγόριθμος μεσαίας τομής



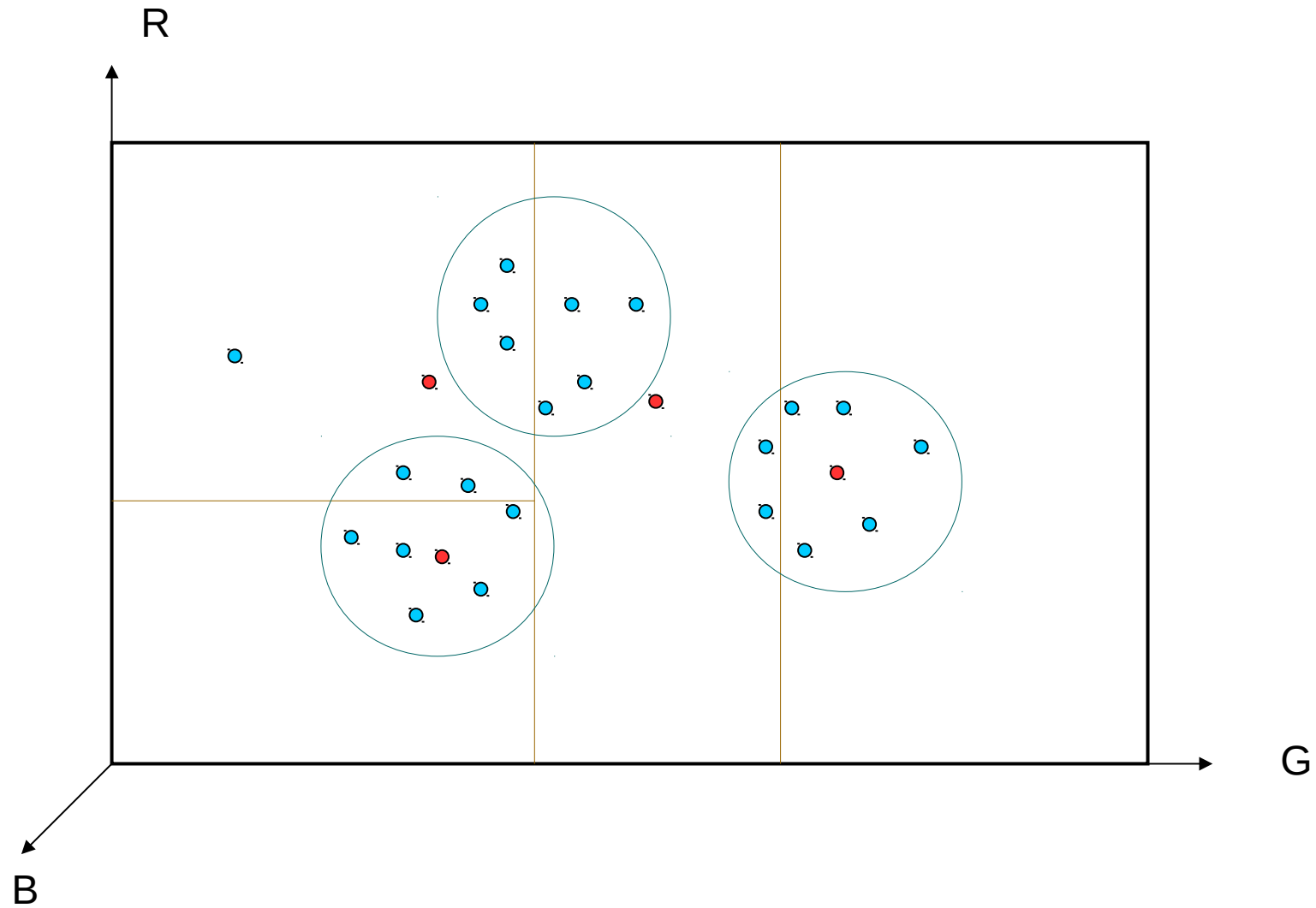
Αλγόριθμος μεσαίας τομής



Αλγόριθμος μεσαίας τομής



Αλγόριθμος μεσαίας τομής



Διανυσματικός κβαντισμός

Αλγόριθμος K-means : ομάδες δεδομένων που αντιπροσωπεύονται από ένα κέντρο.

Δίδεται το πλήθος K των ομάδων και ο ορισμός της απόστασης μεταξύ των δεδομένων

Κριτήριο : ελαχιστοποίηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος κβαντισμού

$$D = \sum_{k=1}^K \sum_{x_i \in \mathcal{C}_k} \|x_i - r_k\|^2$$

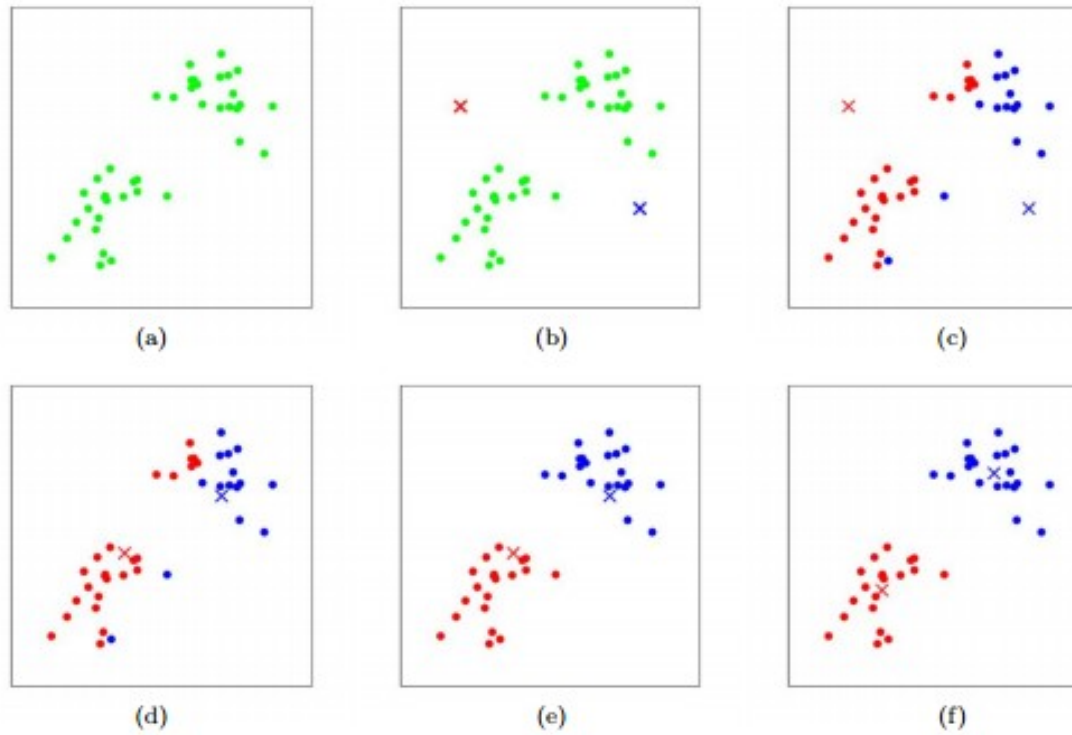
(1) ανάθεση των διανυσμάτων δεδομένων σε ομάδες με βάση την απόσταση από τα κέντρα

$$\|x - r_k\| < \|x - r_l\| \quad \forall l \neq k \quad \Rightarrow \quad x \in \mathcal{C}_k$$

(2) εύρεση των κέντρων ελαχιστοποιώντας τη μέση απόσταση εντός μιας ομάδας

$$r_k = \frac{1}{\text{card}[\mathcal{C}_k]} \sum_{x_i \in \mathcal{C}_k} x_i$$

Αλγόριθμος k-means



Ονοματισμένα χρώματα (Web)

	aliceblue	#F0F8FF	240,248,255		deeppink	#FF1493	255,20,147		lightslategray	#778899	119,136,153				
	antiquewhite	#FAEBD7	250,235,215		deepskyblue	#00BFFF	0,191,255		lightsteelblue	#B0C4DE	176,196,222				
	aqua	#00FFFF	0,255,255		dimgray	#696969	105,105,105		lightyellow	#FFFFE0	255,255,224				
	aquamarine	#7FFFD4	127,255,212		dimgrey	#696969	105,105,105		lime	#00FF00	0,255,0				
	azure	#F0FFFF	240,255,255		dodgerblue	#1E90FF	30,144,255		limegreen	#32CD32	50,205,50				
	beige	#F5F5DC	245,245,220		firebrick	#B22222	178,34,34		linen	#FAF0E6	250,240,230				
	bisque	#FFE4C4	255,228,196		floralwhite	#FFFAF0	255,250,240		magenta	#FF00FF	255,0,255		red	#FF0000	255,0,0
	black	#000000	0,0,0		forestgreen	#228B22	34,139,34		maroon	#800000	128,0,0		rosybrown	#BC8F8F	188,143,143
	blanchedalmond	#FFEBCD	255,235,205		fuchsia	#FF00FF	255,0,255		mediumaquamarine	#66CDAA	102,205,170		royalblue	#4169E1	65,105,225
	blue	#0000FF	0,0,255		gainsboro	#DCDCDC	220,220,220		mediumblue	#0000CD	0,0,205		saddlebrown	#8B4513	139,69,19
	blueviolet	#8A2BE2	138,43,226		ghostwhite	#F8F8FF	248,248,255		mediumorchid	#BA55D3	186,85,211		salmon	#FA8072	250,128,114
	brown	#A52A2A	165,42,42		gold	#FFD700	255,215,0		mediumpurple	#9370DB	147,112,219		sandybrown	#F4A460	244,164,96
	burlywood	#DEB887	222,184,135		goldenrod	#DAA520	218,165,32		mediumseagreen	#3CB371	60,179,113		seagreen	#2E8B57	46,139,87
	cadetblue	#5F9EA0	95,158,160		gray	#808080	128,128,128		mediumslateblue	#7B68EE	123,104,238		seashell	#FFF5EE	255,245,238
	chartreuse	#7FFF00	127,255,0		green	#008000	0,128,0		mediumspringgreen	#00FA9A	0,250,154		sienna	#A0522D	160,82,45
	chocolate	#D2691E	210,105,30		greenyellow	#ADFF2F	173,255,47		mediumturquoise	#48D1CC	72,209,204		silver	#C0C0C0	192,192,192
	coral	#FF7F50	255,127,80		grey	#808080	128,128,128		mediumvioletred	#C71585	199,21,133		skyblue	#87CEEB	135,206,235
	cornflowerblue	#6495ED	100,149,237		honeydew	#F0FFF0	240,255,240		midnightblue	#191970	25,25,112		slateblue	#6A5ACD	106,90,205
	cornsilk	#FFF8DC	255,248,220		hotpink	#FF69B4	255,105,180		mintcream	#F5FFFA	245,255,250		slategray	#708090	112,128,144
	crimson	#DC143C	220,20,60		indianred	#CD5C5C	205,92,92		mistyrose	#FFE4E1	255,228,225		slategrey	#708090	112,128,144
	cyan	#00FFFF	0,255,255		indigo	#4B0082	75,0,130		moccasin	#FFE4B5	255,228,181		snow	#FFFAFA	255,250,250
	darkblue	#00008B	0,0,139		ivory	#FFFFF0	255,255,240		navajowhite	#FFDEAD	255,222,173		springgreen	#00FF7F	0,255,127
	darkcyan	#008B8B	0,139,139		khaki	#F0E68C	240,230,140		navy	#000080	0,0,128		steelblue	#4682B4	70,130,180
	darkgoldenrod	#B8860B	184,134,11		lavender	#E6E6FA	230,230,250		oldlace	#FDF5E6	253,245,230		tan	#D2B48C	210,180,140
	darkgray	#A9A9A9	169,169,169		lavenderblush	#FFF0F5	255,240,245		olive	#808000	128,128,0		teal	#008080	0,128,128
	darkgreen	#006400	0,100,0		lawngreen	#7CFC00	124,252,0		olivedrab	#6B8E23	107,142,35		thistle	#D8BFD8	216,191,216
	darkgrey	#A9A9A9	169,169,169		lemonchiffon	#FFFACD	255,250,205		orange	#FFA500	255,165,0		tomato	#FF6347	255,99,71
	darkkhaki	#BDB76B	189,183,107		lightblue	#ADD8E6	173,216,230		orangered	#FF4500	255,69,0		turquoise	#40E0D0	64,224,208
	darkmagenta	#8B008B	139,0,139		lightcoral	#F08080	240,128,128		orchid	#DA70D6	218,112,214		violet	#EE82EE	238,130,238
	darkolivegreen	#556B2F	85,107,47		lightcyan	#E0FFFF	224,255,255		palegoldenrod	#EEE8AA	238,232,170		wheat	#F5DEB3	245,222,179
	darkorange	#FF8C00	255,140,0		lightgoldenrodyellow	#FAFAD2	250,250,210		palegreen	#98FB98	152,251,152		white	#FFFFFF	255,255,255
	darkorchid	#9932CC	153,50,204		lightgray	#D3D3D3	211,211,211		palevioletred	#DB7093	219,112,147		whitesmoke	#F5F5F5	245,245,245
	darkred	#8B0000	139,0,0		lightgreen	#90EE90	144,238,144		papayawhip	#FFEFD5	255,239,213		yellow	#FFFF00	255,255,0
	darksalmon	#E9967A	233,150,122		lightgrey	#D3D3D3	211,211,211		peachpuff	#FFDAB9	255,218,185		yellowgreen	#9ACD32	154,205,50
	darkseagreen	#8FBC8F	143,188,143		lightpink	#FFB6C1	255,182,193		peru	#CD853F	205,133,63				
	darkslateblue	#483D8B	72,61,139		lightsalmon	#FFA07A	255,160,122		pink	#FFC0CB	255,192,203				
	darkslategray	#2F4F4F	47,79,79		lightseagreen	#20B2AA	32,178,170		plum	#DDA0DD	221,160,221				
	darkslategrey	#2F4F4F	47,79,79		lightskyblue	#87CEFA	135,206,250		powderblue	#B0E0E6	176,224,230				
	darkturquoise	#00CED1	0,206,209		lightslategray	#778899	119,136,153		purple	#800080	128,0,128				
	darkviolet	#9400D3	148,0,211												