

Percepția vizuală umană Teoria culorii Percepți culorilor

<http://sorana.academicdirect.ro/pages/doc/Imag-III.php>



Percepția vizuală umană

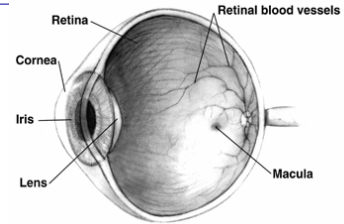


Procesarea informației vizuale

- Percepția este nu numai o imagine mai mult sau puțin constituită a unui obiect sau fenomen din lumea externă, ci poate fi examinată și ca proces, în cursul căruia se formează, se "construiește" treptat imaginea perceptivă.
- Percepția vizuală:
 - Modalitatea în care o imagine este percepută de un observator uman
 - Procesarea preliminară: ochiul uman
 - Procesarea la nivel cerebral



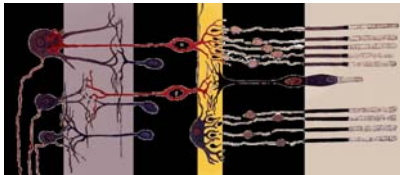
Ochiul uman



- retina epitelială sau pigmentată + retina neuronală → nervul optic:
 - chiasma optică → centrul optic din creier
 - Lumina → corneea → corpul apos → deschiderea irisului → pupila lentila cristalinul → corpul vitros



Structura retinei



- Straturi neuronale
 - Lumina focalizată trece prin aceste straturi de la stânga la dreapta pentru a ajunge la fotoreceptori (stratul din dreapta).
 - Aceasta produce reacții chimice și semnalul nervos se propagă spre celulele bipolare horizontale (stratul din centru, galben). Semnalul ajunge apoi la ganglionii; aceștia sunt cei care produc potențial la capetele axonilor lor, astfel încât semnalul brut poate ajunge la creier.

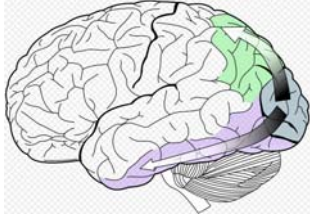


Receptori la nivelul retinei

- Bastonase
 - Lungi și subțiri
 - ~ 100 milioane
 - Asigură vederea scotoică (lumină slabă)
 - Sensibile la alb și negru
- Conuri
 - Scurte și groase
 - Dense în fovee (partea centrală a retinei)
 - ~ 6,5 milioane
 - Mai puțin sensibile
 - Vedere fotopică (lumină puternică → imagini radiologice)
 - Responsabile de percepția culorilor



Imaginea vizuală în creierul uman



- Cortexul vizual, lobul occipital



Percepția luminii

- Lumina este o undă electromagnetică
 - Lungimea de undă: 350 nm – 780
- Distribuția energiei spectrale $I(\lambda)$



Luminozitate versus strălucire



- Luminozitate identică
- Strălucire diferită
- Luminozitate diferită
- Strălucire identică



Luminozitate (intensitate)

- Independentă față de luminozitatea din mediul înconjurător

$$L(x, y) = \int_0^{\text{inf}} I(x, y, \lambda) V(\lambda) d\lambda$$

- $I(x, y, \lambda)$ – distribuția spațială a luminii
- $V(\lambda)$ – funcția relativă a eficienței luminozității sistemului vizual



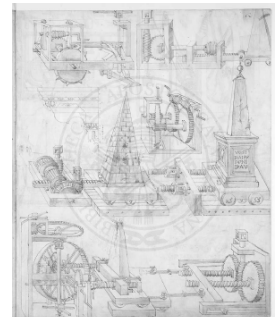
Strălucire

- Luminozitatea percepută
- Depinde de luminozitatea mediului înconjurător



Luminozitate versus strălucire

- Cum se poate să impunem aceeași nuanță de gri pe întreaga imagine?



- IBM Watson, "Vatican Digital Library"



Contrastul simultan

- Percepția umană este mai sensibilă la luminozitatea în contrast decât la luminozitatea absolută



De reținut! Percepția vizuală umană!

- Modalitatea de procesare umană a imaginii.
- Structura aparatului vizual uman.
- Tipuri de receptori de la nivelul retinei.
- Luminozitatea.
- Strălucirea.
- Contrastul.



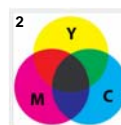
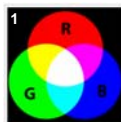
Teoria culorii



- În pictură, grafică și fotografie → amestecul culorilor
- Teoria culorii:
 - Principii scrise de [Alberti](#) (c.1435) & [Leonardo da Vinci](#) (c.1490)
 - Secolul XVIII: teoria culorii a lui [Isaac Newton](#) (*Opticks*, 1704) - natura culorilor primare



- Secolul XX → culori ideale sau “pure”
 - Confuzie între amestecul luminii (“additive color mixing” - 1) și amestecul cernelii (“subtracting color mixing” - 2)
 - Absorbția luminii urmează alte reguli decât percepția luminii de către ochiul uman



- Nu a fost luat în considerare efectul luminii puternice în contrast cu suprafețele colorate:
 - Unele culori ca gri, maro sau ocră nu sunt perceptibile pentru om în lumină puternică
 - O lumină puternică pe o culoare galben deschis înconjurată de un fond alb va fi percepută ca și verde sau maro
 - Un contrast puternic între curcubeu și cer duce la perceperea culorii galbene din curcubeu ca și culoare galbenă sau albă



- Tendința de a descrie efectele culorilor holistic sau categoric
 - Galben și verde = culori generice
 - Efectul culorilor e dat de contrastul a trei atribute relative care definesc culoarea
 - Luminozitatea (luminos vs. întunecat; alb vs. negru)
 - Saturația (intens vs. pal)
 - Nuanța (exemplu: roșu, galben, verde, albastru, purpuriu)



- Teoreticienii culorii susțineau că cele trei culori primare pure, prin combinația lor pot forma toate culorile posibile
 - Orice eșec în obținerea culorii vopselei sau cernelii este datorat impurității și imperfecțiunii coloranților
- În realitate, cele trei culori considerate primare pot forma doar un număr limitat de culori, care sunt foarte puține în comparație cu plaja culorilor care pot fi percepute de ochiul uman.



Secolul XVIII

- Teoria culorilor a fost formulată în termeni de culori primare sau primitive:
 - Roșu – Galben – Albastru
 - “Red – Yellow – Blue”
 - Capabile să formeze prin amestec toate celelalte culori



Secolul XIX

- Cercetători germani și englezi au stabilit că percepția culorii este mai bine descrisă în termenii setului de culori primare Roșu – Verde – Albastru (“Red - Green – Blue”)
- Receptorii retinei sunt sensibili la culorile primare
- Spațiul de culoare
- Percepția culorilor

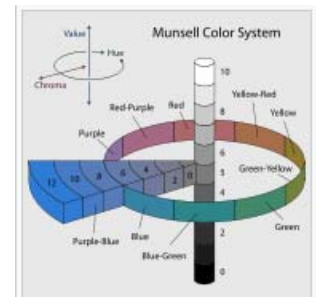


Secolul XIX

- CMYK: imprimarea culorilor
 - Cyan - Magenta - Yellow - blaK
- CMY: fotografie
 - Cyan - Magenta - Yellow



Atlas al culorilor



Culori complementare

- Newton: Culori care anulează alte nuanțe pentru a produce o imagine monocromă (alb, gri, negru)
 - Ipoteza: nuanțele saturate la maxim sunt plasate pe o circumferință exterioară a cercului, în timp ce albul acromatic este plasat în centru
- Saturația unui amestec de două spectre de nuanțe a fost prezisă de o linie dreaptă care le unește
- Un amestec de trei culori a fost prezis de centrul de gravitate sau centroidul a trei puncte situate pe un triunghi
- Și așa mai departe



Culori complementare

- Teoria tradițională a culorii derivă din pictură
 - Galben + Magenta
 - Roșu aprins + albastru
 - Magenta + verde
 - determină o anumită nuanță de gri echivalentă și se numesc culori complementare
- Legea Chevreul a contrastului culorilor: culorile care sunt afișate una lângă cealaltă vor fi alterate dacă sunt amestecate cu culoarea complementară a unei alte culori.
 - O culoare galbenă pe un fond albastru a apărea ca și portocaliu deoarece portocaliul este culoarea complementară pentru albastru



Culori complementare

- Culorile complementare artistice nu sunt identice cu culorile complementare definite de amestecul de lumini (culori complementare vizuale):
 - Complementul lui purpuriu este verde
 - Complementul lui galben este albastru
- Discrepanța devine importantă când teoria culorilor se aplică pe imaginea digitală



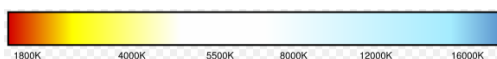
Culori calde vs. culori reci

- Culorile calde sunt asociate cu lumina zilei sau lumina apusului:
 - De la nuanțe de roșu spre galben, maro
- Culorile reci sunt asociate cu culorile unei zile întunecate, mohorâte:
 - Albastru verzui → albastru violet



Culori calde vs. culori reci

- Relativ
- Prin contrastul cu celelalte culori orice culoare poate să apară caldă sau rece



Culori acromatice

- = culoare cu conținut cromatic scăzut se numește
- Nesaturată, acromatică sau neutră
- Culori acromatice pure:
 - Negru
 - Alb
 - Nuanțele de gri
- Aproape neutre:
 - Maro
 - Pastel
 - Culorile închise

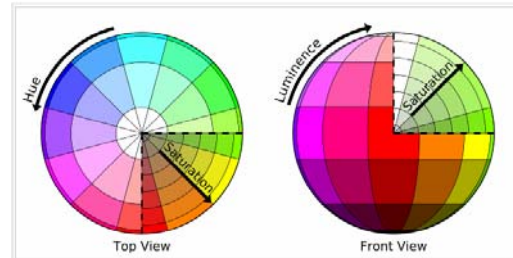


Culori acromatice

- Culorile neutre se obțin prin amestecul culorilor impure cu alb sau negru sau din amestecul a două culori complementare
- Percepția acestora este influențată de existența adiacentă a unei culori mai saturate:
 - Dacă o haină roșu aprins se pune lângă un perete gri, acesta va apărea verzui
- Negrul și albul se pot combina cu orice altă culoare:
 - Negru crește saturația și luminozitatea aparentă a culorilor pictate peste



Sfera culorilor



De reținut! Teoria culorilor!

- Istoricul teoriei culorilor.
- Culori calde vs culori reci.
- Culori complementare.
- Culori acromatice.



Percepția culorilor



Percepția monocromă

- Similară cu un filtru
 - Cele mai sensibile sunt frecvențele medii
 - Cele mai puțin sensibile sunt frecvențele mari
- Depinde de orientarea gradientului
 - Cele mai sensibile sunt orientările orizontale sau verticale
- Modelul: modalitatea în care lumina este transformată de ochi strălucire luminoasă



Percepția culorii

- **Culoare** = percepția de către ochi a uneia sau a mai multor frecvențe (sau lungimi de undă) de lumină.
 - influențată de biologie:
 - unii oameni se nasc văzând culorile diferit, alții nu le percep deloc – [daltonism](#)
 - evoluția aceluiași observator
 - culorile aflate în imediata apropiere a celei percepute (aceasta fiind explicația multor iluzii optice).



Percepția culorilor

- = capacitatea organismului sau a aparatului de a distinge obiecte pe baza lungimii de undă a luminii reflectate sau emise



Percepția culorii

- **Culoarea** (noțiune perceptivă) \neq lungimea de undă (noțiune fizică)
 - Ochiul uman este incapabil să distingă între galbenul monocromatic (o singură lungime de undă) și o compoziție de verde și roșu.



Percepția culorii

- Culorile de bază pot fi obținute prin descompunerea (dispersia) luminii albe
- Lumina albă poate fi obținută prin sinteza culorilor de bază
- Culori de bază:
 - 6: violet, albastru, verde, galben, portocali, roșu



Percepția culorii - VBGYOR

Abreviere	Denumire	λ (nm)
V	Violet	390-455
B	Albastru	455-492
G	Verde	492-577
Y	Galben	577-597
O	Oranj	597-622
R	Roșu	622-780
VBGYOR		



Percepția culorii

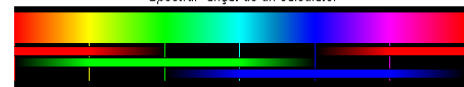
- Depinde de conținutul spectral (compoziția lungimilor de undă)
 - 700 nm - roșu
- Spectrul unei culori
 - O lumină cu energii egale pe toate benzile vizibile apare albă



Culorile spectrului vizibil

culoare	intervalul de lungimi de undă	intervalul de frecvențe
roșu	~ 625-740 nm	~ 480-405 THz
oranj	~ 590-625 nm	~ 510-480 THz
galben	~ 565-590 nm	~ 530-510 THz
verde	~ 500-565 nm	~ 600-530 THz
azur	~ 485-500 nm	~ 620-600 THz
albastru	~ 440-485 nm	~ 680-620 THz
violet	~ 380-440 nm	~ 790-680 THz

"Spectrul" afișat de un calculator



- Intensități relative ale celor 3 culori amestecate pentru a genera culoarea

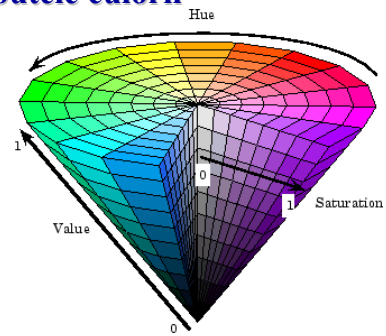


Atributele culorii

- Strălucire (luminozitatea perceptibilă)
- Cromatică
 - Nuanța
 - Specifică tonalitatea culorii (roșcat, etc.)
 - Depinde de vârful lungimii de undă
 - Saturația
 - Descrie cât de pură este culoarea
 - Depinde de lungimea de undă a spectrului
 - Reflectă câtă culoare albă este adăugată



Atributele culorii



Culori primare

- Orice culoare se poate obține prin amestecul celor trei culori primare (Thomas Young, 1802)
- Trei tipuri de conuri pe retina umană:
 - Percepția culorii albastre: 450 nm
 - Percepția culorii verde: 550 nm
 - Percepția culorii galbene: 620 nm

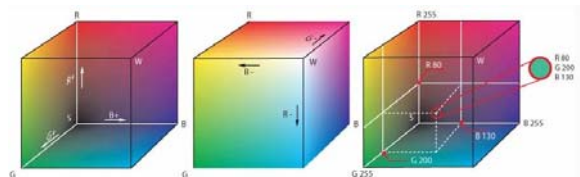
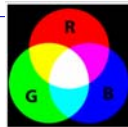


Reprezentarea culorilor: Culori de bază

- 1931: Comission International de l'Eclairage
 - Toate culorile sunt definite în termeni a trei culori primare:
 - Roșu
 - Verde
 - Albastru
- Red + Green + Blue = RGB**
- Există și altele



Modelul RGB



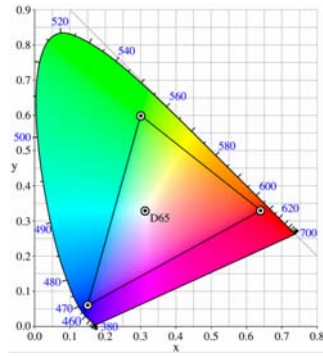
Modelul RGB

- Cele trei culori se combină pentru a obține celelalte culori
- Spațiul de culoare – computer (capturarea și afișarea imaginii)
- Culorile sunt exprimate prin valori cuprinse între 0 și 255



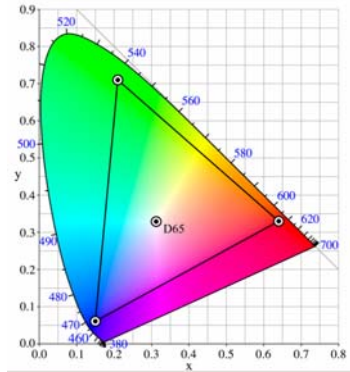
Modelul RGB

- sRGB = spațiul de culoare RGB standard create de HP și Microsoft (monitor + Internet)
- Diagrama de cromaticitate
- D65 = alb



Modelul RGB

- Adobe RGB = spațiul de culoare RGB creat de Adobe Systems în 1998.



Parametrii RGB

Denumire	Punctul alb	x_R	y_R	x_G	y_G	x_B	y_B
sRGB	D65	0,64	0,33	0,30	0,60	0,15	0,06
Adobe RGB 98	D65	0,64	0,34	0,21	0,71	0,15	0,06
ROMM RGB	D50	0,7347	0,2653	0,1596	0,8404	0,0366	0,0001



RGB – reprezentarea numerică

- Cât de mult roșu, verde și albastru există în culoare?
- Cuantificare:
 - 0 (minimum) → 1 (maximum)
 - Roșu: 1, 0, 0 (Roșu, Verde, Albastru)
 - 0% (minimum) → 100% (maximum)
 - Roșu: 100%, 0%, 0% (Roșu, Verde, Albastru)

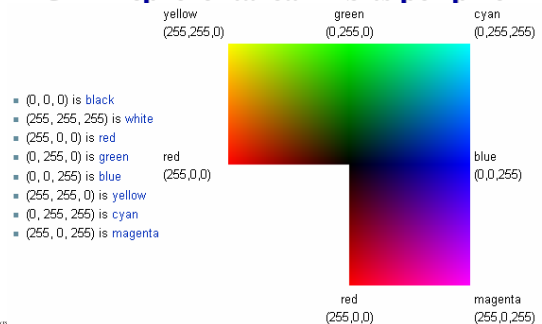


RGB – reprezentarea numerică

- Cuantificare:
 - 0 → 255 (reprezentarea pe calculator)
 - Roșu: 255, 0, 0 (Roșu, Verde, Albastru)
 - Hexadecimal (HTML):
 - Roșu: FF, 00, 00 (Roșu, Verde, Albastru) → #FF0000
- (255,0,42) – RGB
- (0%, 99%, 87%, 0%) – CMYK
- FF002A (HTML)



RGB – reprezentarea 24 bits per pixel



RGB – memoria unei imagini

- 24-bit: imagine 640×480 pixeli
 - $24 \times 640 \times 480 = 7,372,800$ bits
 - $7,372,800 / 8 = 921,600$ bytes
 - Vezi cursul 1 - unități de măsură a informației



Spațiul de culoare HSV

- **HSL** și **HSV (HSB)** sunt reprezentări ale punctelor în spațiul de culoare RGB care descriu percepția relațiilor culorilor mai acurat în comparație cu RGB



Spațiul de culoare HSV

- **HSV:**
 - Hue (nuanță)
 - Saturation (saturație)
 - Value (valoare)
- **HSB:**
 - Hue (nuanță)
 - Saturation (saturație)
 - Brightness (strălucire)



Spațiul de culoare HSV

- Descriu culorile ca puncte într-un cilindru a cărui axă centrală ia valori de la negru (bază) la alb (vârf) cu culori neutre între aceste puncte
- Nuanța e prezentă de-a lungul axei
- Distanța de la axe corespunde saturației
- Distanța de-a lungul acestei axe corespunde la luminozitate, valoare și strălucire



Corespondențe RGB – HSL -HSV

RGB	HSL	HVS	Culoare
(1,0,0)	(0°, 1,0.5)	(0°, 1,1)	
(0.5,1,0.5)	(120°, 1,0.75)	(120°, 0.5, 1)	
(0,0,0.5)	(240°, 1,0.25)	(240°, 1,0.5)	



Spațiul de culoare CMYK

- utilizat în tipărirea color
- se pot reproduce aproape toate culorile din spectrul vizibil
 - Excepție: nu pot fi reproduse culori ca roz, culori fluorescente, etc.
- valorile culorilor sunt exprimate pe o scală de la 0 la 100





Spațiul de culoare CMYK

- Pentru tipărire o imagine color este separată în cele patru culori C, M, Y, K



- Imprimarea se face în 4 etape, care corespund celor patru culori.
- Straturile de culoare au o anumită concentrație tradusă prin tonurile de culoare proprii imaginii care trebuie tipărită.

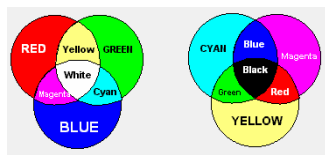


Corespondențe RGB – CMYK - HTML

Denumire culoare	RGB	CMYK	HTML	Culoare
Cyan (Cyan)	(0, 255, 255)	(52%, 0%, 13%, 0%)	(#00FFFF)	
Magenta (Magenta)	(255, 0, 255)	(27%, 82%, 0%, 0%)	(#FF00FF)	
Galben (Yellow)	(255, 255, 0)	(6%, 0%, 97%, 0%)	(#FFFF00)	
Negru (blak)	(0, 0, 0)	(75%, 68%, 67%, 90%)	(#000000)	



Comparare RGB & CMYK



- RGB folosește roșu + verde + albastru → afișare pe ecran
- CMY folosește cyan + magenta + galben → imprimare



De reținut! Percepția culorilor!

- Culorile spectrului vizual.
- Spații de culoare.
- Corespondențe între spațiile de culoare.
- Diferențe între spațiile de culoare.

