

Procesarea Imaginilor Digitale

Curs

Universitatea "Transilvania" din Brașov

Procesarea digitală a imaginilor - Cerințe și evaluare

Promovarea examenului presupune:

- **Partea de laborator** - 50% din notă.
 - la fiecare temă sunt propuși o serie de algoritmi, cu un punctaj aferent.
 - un student poate alege un singur algoritm dintr-o temă.
 - temele trebuie predate la termenul stabilit (diferit în funcție de gradul de dificultate)
 - predarea fiecărei teme presupune prezentarea personală a programului și răspunsuri la întrebări teoretice legate de tema curentă, precum și la întrebări din cod.
- **Examenul scris** - 50% din notă
 - întrebări teoretice (nu subiecte lungi)
 - întrebări aplicative legate de problemele din temă
- Punctaj suplimentar pe baza rezultatelor la laborator
- Posibilitatea de a promova examenul pe baza unui proiect.

Calculul notei de laborator pe baza punctajului

Punctaj	Notă Lab
≥ 15 din cel puțin 4 teme	10
14	9
12	8
10	7
8	6
6	5

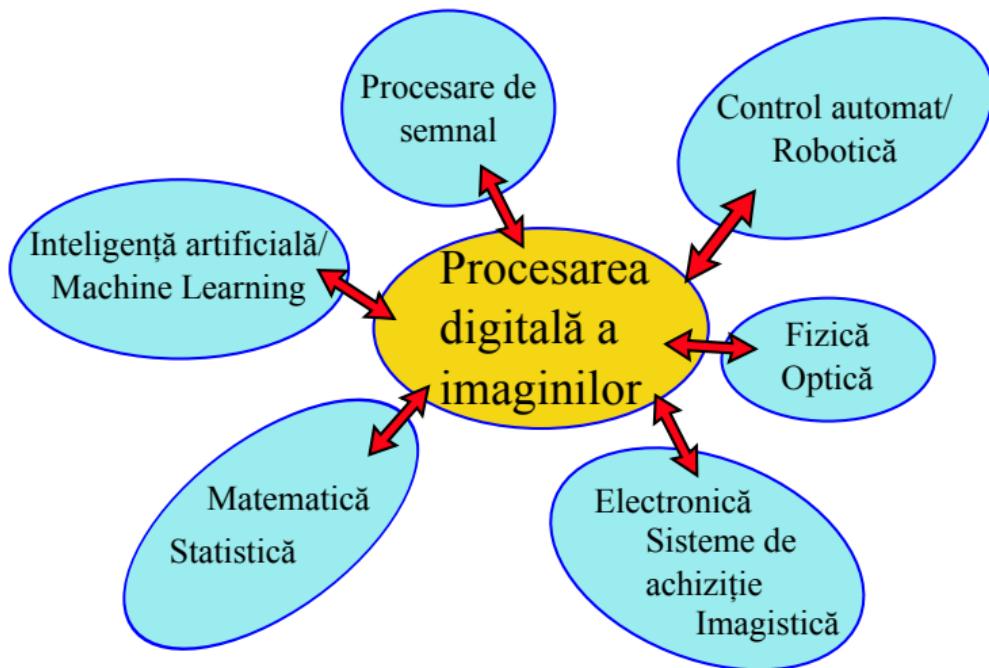
Pentru cei cu punctaj de nota 10, pentru fiecare temă suplimentară de 4-5 puncte \Rightarrow un punct în plus la nota finală. Pot fi acumulate maxim 2 puncte suplimentare din teme.

Procesarea digitală a imaginilor

Analiza și manipularea digitală a imaginilor cu ajutorul calculatorului pentru

- îmbunătățirea calității
- restaurarea imaginilor deteriorate
- obținerea de informații dintr-un set de date imagistice
- stocare și codificare

Interacțiunea cu alte domenii



Clasificare algoritmilor

- Algoritmi de tip *low-level*: tehnici de îmbunătățire a calității imaginii;
- Algoritmi de tip *mid-level*: segmentare, descriere, compresie;
- Algoritmi de tip *high-level*: unele tipuri de segmentare, sarcini "cognitive" gen recunoaștere.

Clasificarea metodelor de procesare de imagine

Metodele pentru procesarea imaginilor digitale:

- (I) Date de intrare = imagine digitală - Rezultat = imagine digitală - eg. filtrare
- (II) Date de intrare = imagine digitală - Rezultat = informații extrase din aceste imagini - eg. segmentare.

Domenii de utilizare

- **Industria:** controlul calității, viziune computerizată, robotică;
- **Mass-Media:** îmbunătățirea imaginii, stocare și transmisie;
- **Controlul traficului:** control vignete, urmărire trafic;
- **Marcarea automată a mărfurilor:** coduri de bare;
- **Sisteme de securitate - biometrie**
- **Aplicații medicale:** diagnostic, terapie, cercetare.
- etc.

Exemplu de aplicație - Recunoașterea semnelor de circulație



Imagine inițială



Segmentarea culorii
în spațiul de culoare HSV



Operații morfologice



Analiza formei



Regiunea de interes

Exemplu de aplicație - OCR

Nota: Parola de acces pentru ghidul de activare transmis pe email este formata din ultimele 9 cifre ale numarului de telefon asociat contului tau de Internet & Mobile Banking!

Ghid de activare eToken

Iti multumim ca ai ales sa folosesti eToken! Pentru utilizarea eToken este necesara parcurgerea urmatorilor pasi:

Pasul 1 Descarcarea si instalarea aplicatiei pe telefonul tau mobil cautand "eTokenBCR" in AppStore, GooglePlay sau Windows Store. Aplicatia eToken este disponibila pentru telefoanele mobile cu sistem de operare iOS, Android si Windows phone 8.

Imaginea inițială



Proiecție pe verticală



Operații morfologice



Delimitatorii de linii

Ghid de activare eToken

Iti multumim ca ai ales sa folosesti eToken! Pentru utilizarea eToken este necesara parcurgerea urmatorilor pasi:

Pasul 1 Descarcarea si instalarea aplicatiei pe telefonul tau mobil cautand "eTokenBCR" in AppStore, GooglePlay sau Windows Store. Aplicatia eToken este disponibila pentru telefoanele mobile cu sistem de operare iOS, Android si Windows phone 8.

Thresholding adaptiv

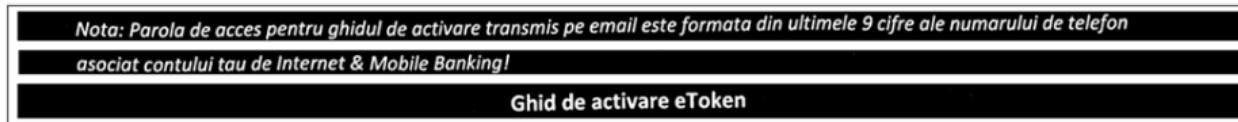
Nota: Parola de acces pentru ghidul de activare transmis pe email este formata din ultimele 9 cifre ale numarului de telefon

asociat contului tau de Internet & Mobile Banking!

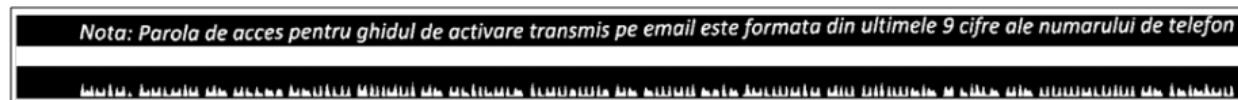
Ghid de activare eToken

Obținerea liniilor

Exemplu de aplicație - OCR



Operații morfologice



Proiecții pe orizontală



Dilatarea proiecțiilor



Separarea cuvintelor

Exemplu de aplicație - OCR

Nota: Parola de acces pentru ghidul de activare transmis pe email este formata din ultimele 9 cifre ale numarului de telefon

Delimitarea cuvintelor

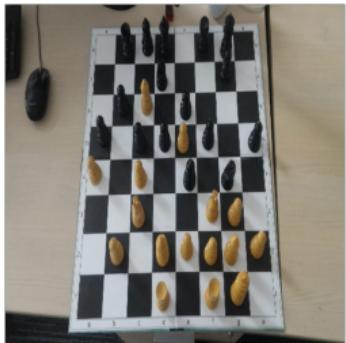
N o t a . .

Obținerea componentelor conexe

N o t a :

Postprocesare

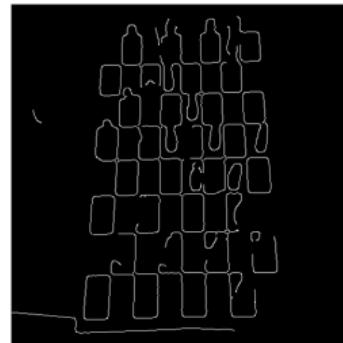
Exemplu de aplicație - Detectarea tablei de șah



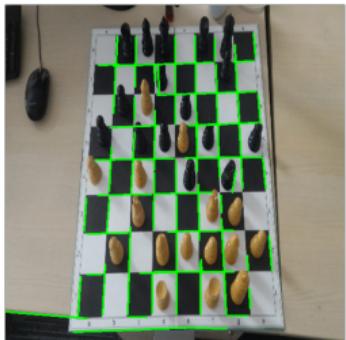
Imaginea inițială



Reducerea zgomotului



Detectarea contururilor



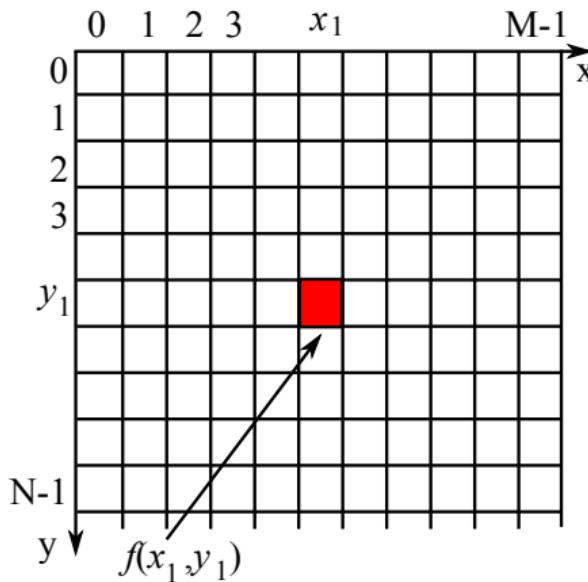
Detectarea liniilor drepte



Zona de interes

Reprezentarea imaginilor digitale

- În tonuri de gri: $f : \{0, \dots, M - 1\} \times \{0, \dots, N - 1\} \rightarrow \mathbb{N}$
- color: $f : \{0, \dots, M - 1\} \times \{0, \dots, N - 1\} \rightarrow \mathbb{R}^3$



Reprezentarea printr-o matrice discretă :

$$\begin{pmatrix} f_{0,0} & f_{0,1} & \dots & f_{0,N-1} \\ f_{1,0} & f_{1,1} & \dots & f_{1,N-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{M-1,0} & f_{M-1,1} & \dots & f_{M-1,N-1} \end{pmatrix}$$

Discretizarea și reprezentarea imaginilor digitale

Reprezentarea printr-o funcție discretă $f(x, y)$ care depinde de:

- Iluminarea de la sursa de lumină $i(x, y)$;
- Reflectanța obiectului $r(x, y)$

$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y)$$

$$0 < i(x, y) < \infty, 0 \leq r(x, y) \leq 1$$

Imagini monocrome:

- $f(x, y)$ se numește nivel de gri, $L_{min} \leq f(x, y) \leq L_{max}$
- $[L_{min}, L_{max}]$ se numește scala de gri - *gray scale*

Discretizarea și reprezentarea imaginilor digitale

O imagine digitală se obține dintr-o imagine analogă prin:

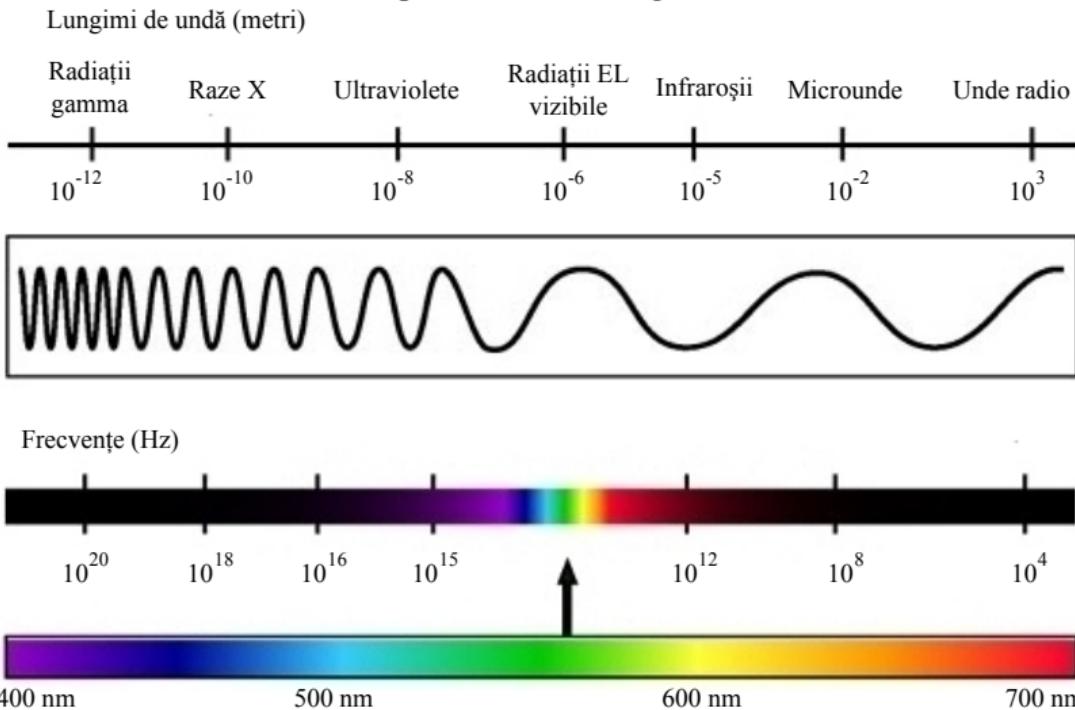
- Discretizarea coordonatelor - *sampling*
- Discretizarea nevelelor de gri - *quantization*

Astfel imaginile digitale de caracterizează prin:

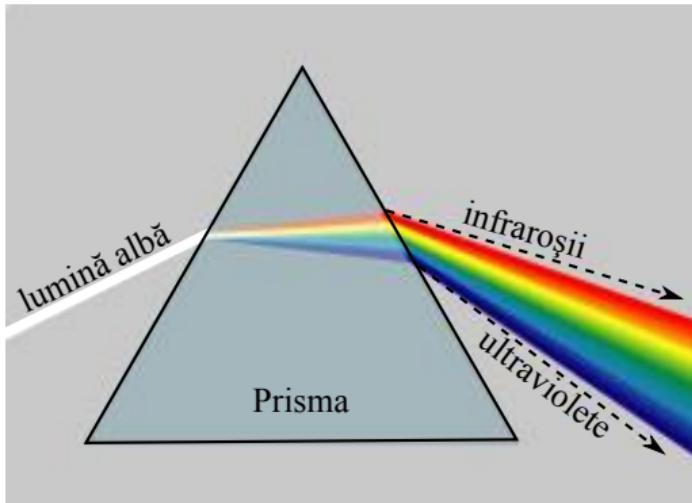
- Rezoluție spațială = numărul de pixeli pe unitatea de suprafață
- Rezoluția tonurilor de gri = numărul de niveli de gri, de obicei putere a lui 2 (8 sau mai rar 16).

Spectrul culorilor vizibile

Spectrul Electromagnetic

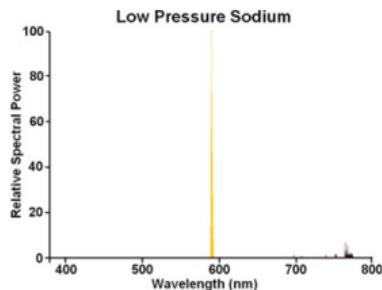
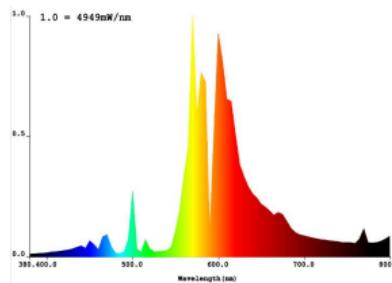
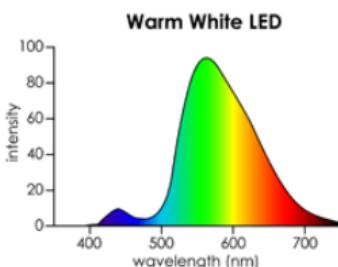
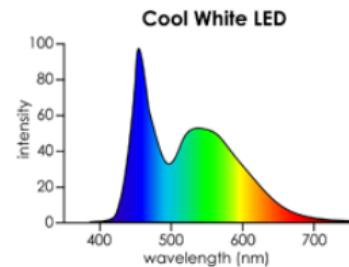
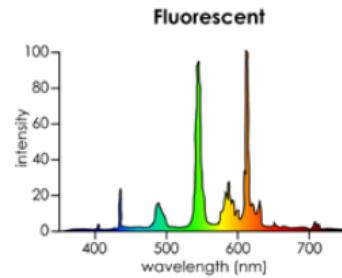
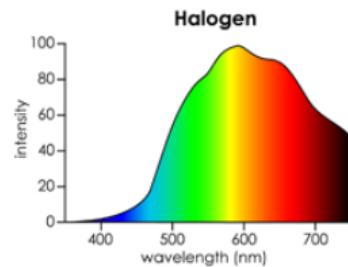
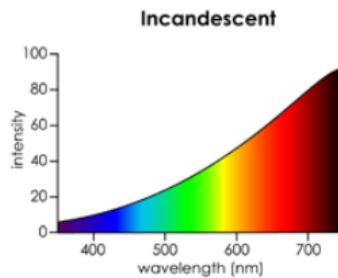
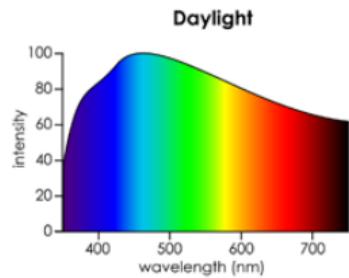


Lumina albă

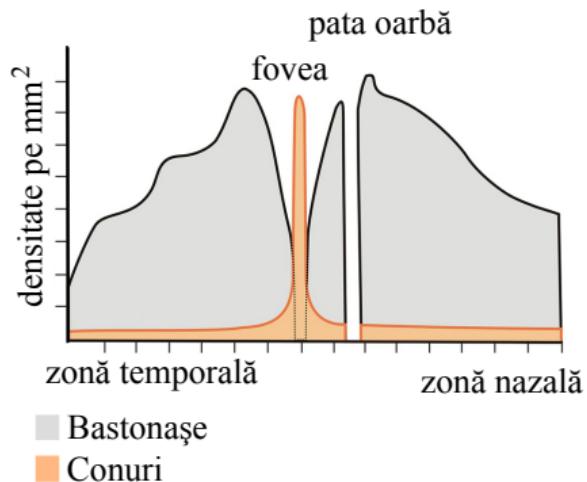


- formată dintr-un spectru continuu de culori.
- poate fi împărțită în 6 culori principale (roșu, portocaliu, galben, verde, albastru, violet)
- fiecare frecvență are alt unghi de refracție - cu cât lungimea de undă este mai mică cu atât unghiul de refracție este mai mare.

Spectru diferit pentru sisteme de iluminare diferite



Percepția umană



- **Percepția culorii:** - celulele de pe retină - conuri (culori) și bastonașe (vedere monocromatică de noapte).
- **Percepție subiectivă:**
 - Același stimул fizic color poate provoca percepții diferite la persoane diferite.
 - Aceeași percepție de culoare poate provoca senzații diferite la persoane diferite

Culori

Întrebare: Cum sunt reprezentate culorile pe ecran?

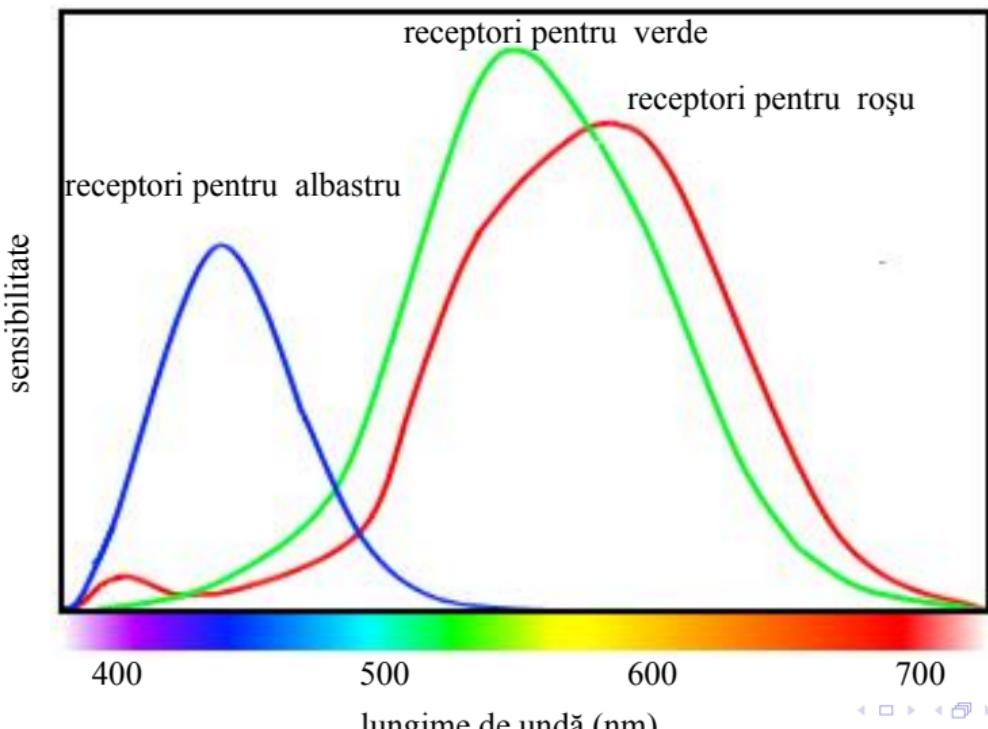
Răspuns: Pentru fiecare pixel - un triplet - (r, g, b) - modelul RGB.

Întrebare: De ce modelul RGB?

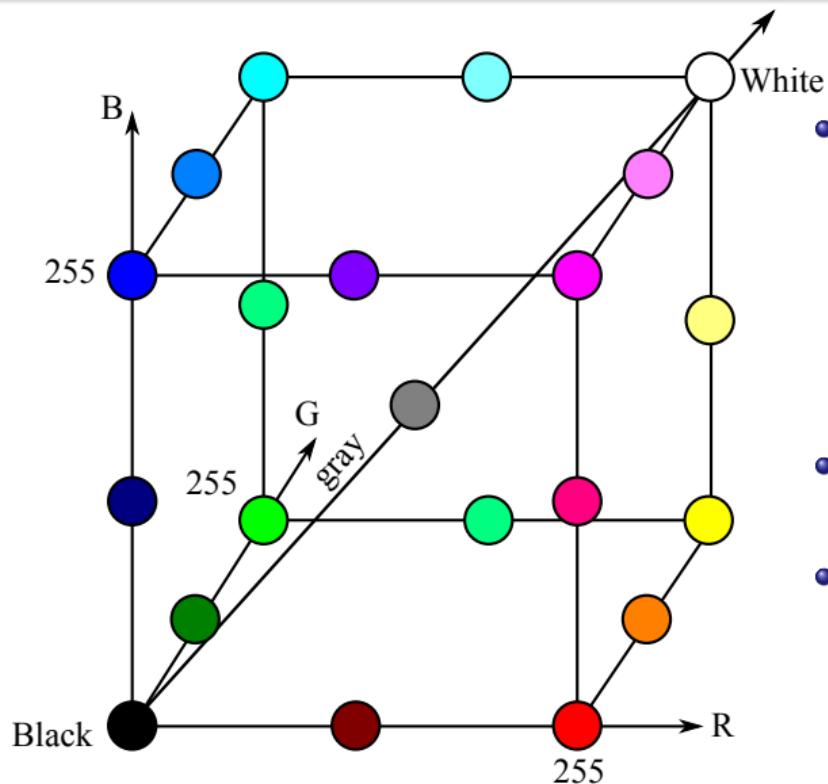
Răspuns: Datorită percepției umane a culorii.

Percepția umană - culori

Sensibilitatea relativă a receptorilor umani



Modelul de culoare RGB



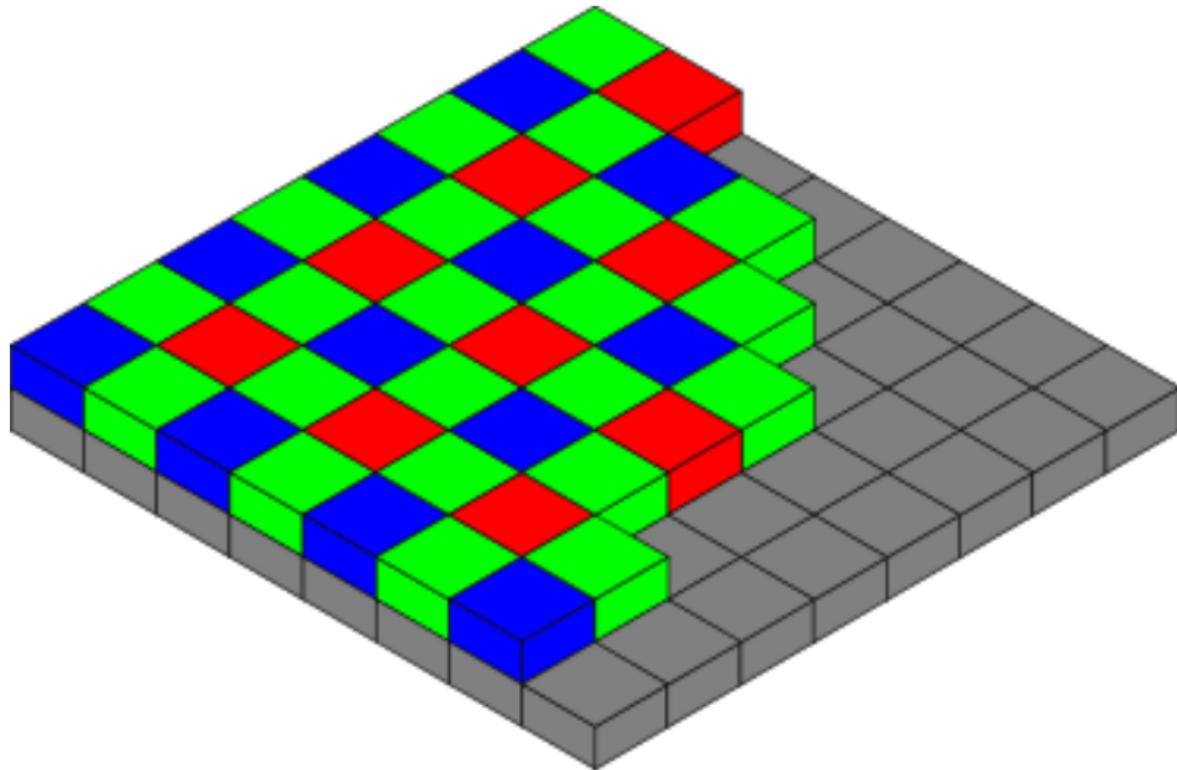
- Fiecare culoare reprezentabilă - este dată printr-un vector F :

$$F = r * R + g * G + b * B$$

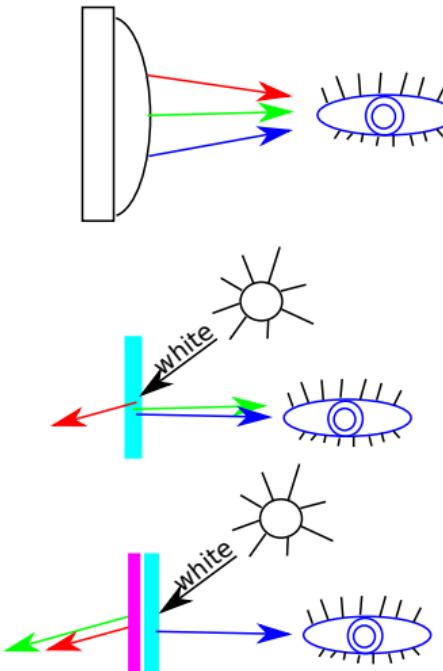
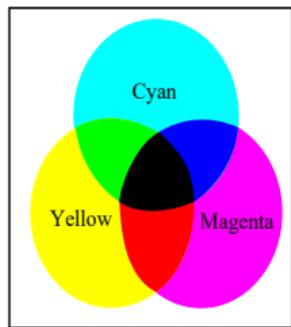
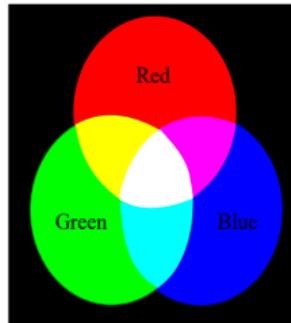
- Tonuri de gri: $r = g = b$
- Formulă de transformare în imagini monocrome:

$$I = (0.3R + 0.59G + 0.11B)$$

Generarea culorilor într-o cameră digitală



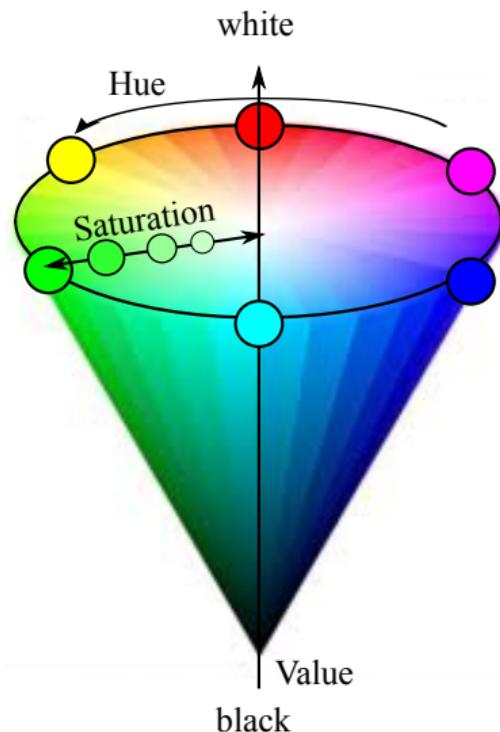
Spații de culoare utilizate în tehnică



Modele de culoare pentru dispozitive de ieșire (monitoare, imprimante, etc...)

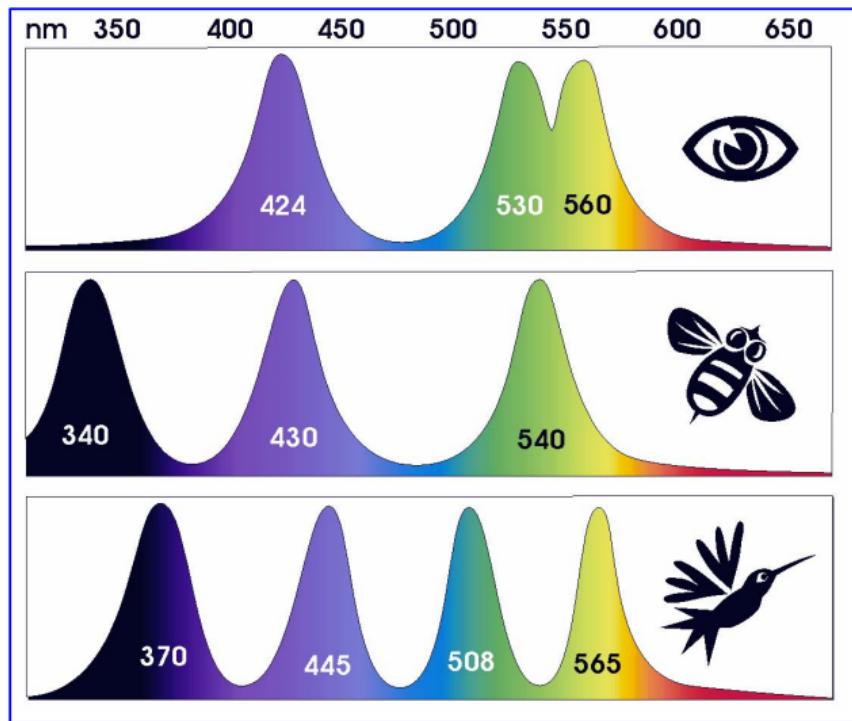
- **Modelul RGB** - pentru monitoare și display-uri - combinație aditivă.
- **Modelul CMYK** - pentru imprimante - combinație subtractivă.

Spațiul de percepție al culorii - HSV / HSL



- **Hue** - atribut al percepției vizuale prin care o culoare este plasată la proximitatea uneia dintre culorile principale sau a combinației dintre ele - caracterizată prin lungimea de undă dominantă.
- **Saturation** - raportul lungimii de undă a culorii dominante față de lungimile de undă ale celorlalte culori.
- **Value** - măsură a cât de deschisă este culoarea față de alb / negru.

Cum văd animalele culori reale



Cum văd animalele culori reale

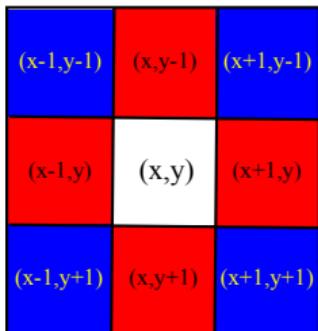


Ce văd albinele

Cum văd animalele culori reale



Relațiile dintre pixeli - vecinătatea unui pixel



Un pixel p dat prin coordonatele sale (x, y) are:

- vecinii $N_4(p) = \{(x, y - 1), (x + 1, y), (x, y + 1), (x - 1, y)\}$
- vecinii
 $N_D(p) = \{(x - 1, y - 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y + 1), (x + 1, y + 1)\}$

Împreună cei opt vecini formează mulțimea
 $N_8(p) = N_4(p) \cup N_D(p).$

Relațiile dintre pixeli - definiții

Similitudine: doi pixeli p, q similari $\Rightarrow I_p, I_q \in V$, I_p, I_q = culori ale pixelilor.

Adiacență conform criteriului dat de V

- **4-adiacență:** p, q cu $I_p, I_q \in V$ sunt 4-adiacenți dacă $q \in N_4(p)$
- **8-adiacență:** p, q cu $I_p, I_q \in V$ sunt 8-adiacenți dacă $q \in N_8(p)$

Relațiile dintre pixeli - definiții

Cale sau curbă de la pixelul $p(x, y)$ la pixelul $q(s, t)$ se numește un sir de pixeli:

$$(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$$

unde:

- $(x_0, y_0) = (x, y)$
- $(x_n, y_n) = (s, t)$
- (x_{i-1}, y_{i-1}) și (x_i, y_i) sunt adiacenți conform uneia dintre definițiile de adiacență de mai sus, $\forall i, 0 \leq i \leq n$

Relațiile dintre pixeli - definiții

Pixeli conectați în S - pixelii $p, q \in S$ pentru care există o cale de la p la q în S .

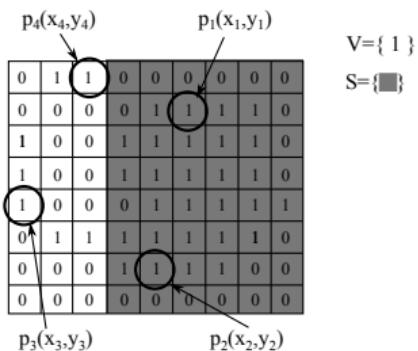
Componentă conexă a lui S - mulțimea tuturor pixelilor conectați din S .

Mulțime conexă S - o mulțime formată dintr-o singură componentă conexă.

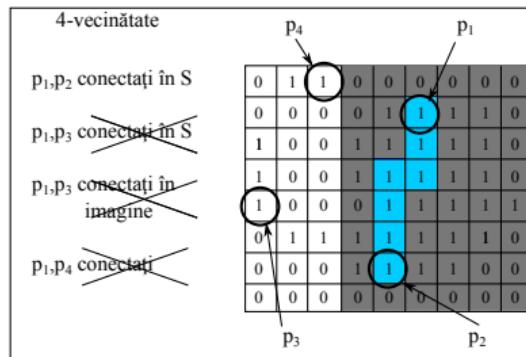
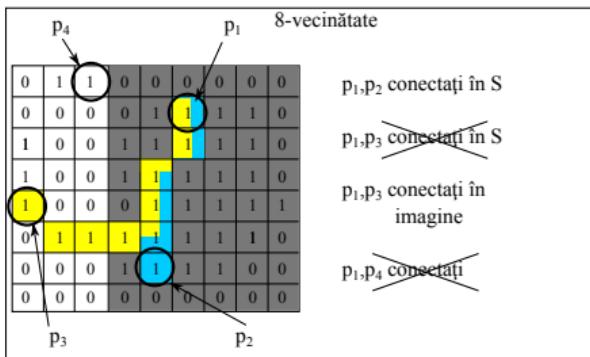
Regiune - o submulțime R a imaginii care este mulțime conexă.

Contur al unei regiuni R - mulțimea tuturor pixelilor din R care au cel puțin un vecin care nu aparține lui R .

Pixeli conectați - Exemple



$V = \{ 1 \}$
 $S = \{\blacksquare\}$



Componentă conexă - Exemple

$V = \{1\}$

0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

$R_1 = \{\text{■}\}$ $R_2 = \{\text{□}\}$

0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

8-vecinătate

4-vecinătate

$R_1 = \{\text{■}\}$ $R_2 = \{\text{□}\}$ $R_3 = \{\text{■}\}$

0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Contur - Exemple

$V = \{1\}$ $R = \{\blacksquare\}$

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

$C_1 = \{\blacksquare\}$ 8-vecinătate

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

4-vecinătate $C_2 = \{\blacksquare\}$

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Relațiile dintre pixeli - Distanțe

Măsuri pentru distanța între doi pixeli $p(x, y)$ și $q(s, t)$:

- ① **Distanța Euclidiană:** $D_e(p, q) = \sqrt{(x - s)^2 + (y - t)^2}$
- ② **Distanța D_4 - city block distance:** $D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$
- ③ **Distanța D_8 - chessboard distance:** $D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$

Rezumat

- Introducere - procesarea imaginilor digitale
- Domenii de aplicabilitate
- Spectrul electromagnetic - Sisteme de achiziție
- Reprezentarea matematică a unei imagini
- Spații de culoare - percepția umană
- Relații între pixeli

Cursul de procesare de imagine - Capitole

- ① Îmbunătățirea imaginii - Operații punctuale
- ② Thresholding
- ③ Filtrarea imaginii. Eliminarea de zgomot. Detectarea de contur.
- ④ Operații morfologice.
- ⑤ Transformări geometrice
- ⑥ Elemente de segmentare
- ⑦ Reprezentare și descriere - texturi
- ⑧ Transformarea Fourier. Transformarea Cos. Aplicații