

# Concepțe și aplicații în Vederea Artificială

Bogdan Alexe

[bogdan.alexe@fmi.unibuc.ro](mailto:bogdan.alexe@fmi.unibuc.ro)

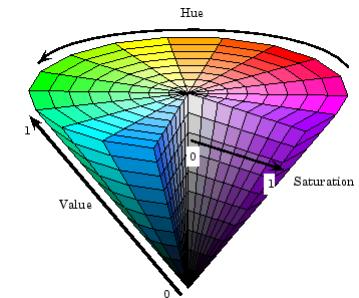
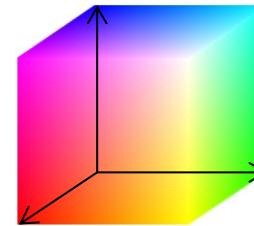
Radu Ionescu

[radu.ionescu@fmi.unibuc.ro](mailto:radu.ionescu@fmi.unibuc.ro)

Curs optional  
anul III, semestrul I, 2022-2023

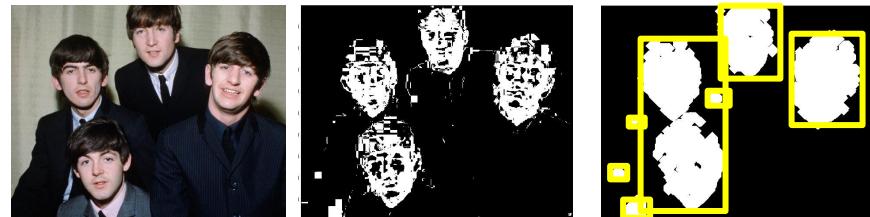
# Cursul trecut

- Spațiile de culori RGB și HSV



- Imagini binare

- aplicarea unui prag
- operatori morfologici
- componente conexe
- proprietăți



- Recunoașterea claselor de obiecte
- privire de ansamblu
- ce este o clasă de obiecte?

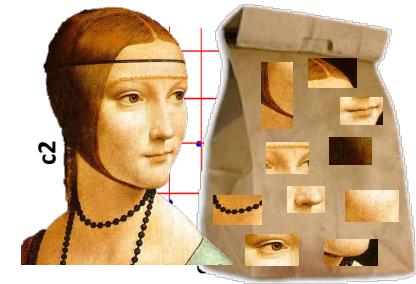


# Cursul de azi

- Tema 1: Calculator automat de scor pentru Scrabble



- Clasificarea imaginilor
  - reprezentarea caracteristicilor prin histograme
  - modelul Bag of Visual Words



# Tema 1

## Calculator automat de scor pentru Scrabble

<https://tinyurl.com/CAVA-2022-TEMA1>

# Scrabble

Scrabble este un joc în care participanții formează cuvinte prin plasarea de litere pe o tablă având dimensiunile de  $15 \times 15$  pătrate (Figura 1). Cuvintele se pot forma pe orizontală sau pe verticală, precum la cuvinte încrucișate, iar punctajul obținut este mai mare atunci când literele folosite sunt mai rare (mai valoroase) sau când sunt plasate pe pătrate divers colorate care dau diferite bonificații ale tablei de joc. Cuvintele sunt valide doar dacă corespund dicționarelor acceptate oficial. Fiecare jucător concurează pentru a obține un scor cât mai mare folosind diferite combinații de litere plasându-le cât mai bine pe tablă astfel încât să profite de pătratele premium.



# Piese cu litere

În limba Română setul de piese este alcătuit din 100 de piese, dintre care 98 conțin litere și punctajul asociat literiei respective (un număr cuprins între 1 și 10). Punctajul unei litere este caracteristic fiecărei limbi și se raportează la frecvența apariției literelor în limba respectivă, de exemplu literele folosite frecvent cum ar fi vocalele valorează un punct iar litere mai puțin comune cum ar fi H, X sau Z valorează zece puncte. Semnele diacritice sunt ignorate, de exemplu Ă și Â se joacă folosind litera A. Pentru varianta în limba română din setul de piese lipsesc literele K, Q, W și Y fiind foarte puțin frecvente în cuvintele din dicționar. Jocul conține de asemenea două piese joker care au valoarea zero. Aceste piese pot fi folosite ca înlocuitor pentru orice literă (inclusiv litere inexistente în joc: K, Q, W și Y). Odată ce piesa a fost așezată pe tablă, alegerea literei pentru joker rămâne fixată.

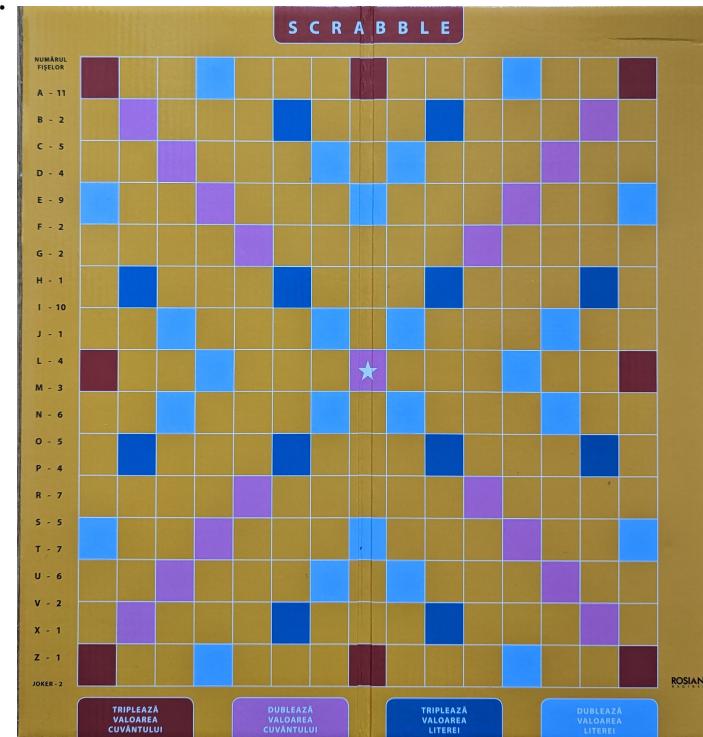
NUMĂRUL FIȘELOR	I - 10	T - 7
A - 11	J - 1	U - 6
B - 2	L - 4	V - 2
C - 5	M - 3	X - 1
D - 4	N - 6	Z - 1
E - 9	O - 5	
F - 2	P - 4	JOKER - 2
G - 2	R - 7	
H - 1	S - 5	



# Table de Scrabble

Tabla de Scrabble este împărțită într-un careu de  $15 \times 15$  pătrate. Pe tablă există câteva pătrate premium care multiplică numărul de puncte primite astfel:

- 8 pătrate roșii pentru triplarea scorului pentru întreg cuvântul format.
- 17 pătrate roz pentru dublarea scorului pentru întreg cuvântul format, în acestea este inclus și pătratul central (8H) care este marcat cu o stea ★.
- 12 pătrate albastre pentru triplarea scorului pentru o literă.
- 24 pătrate bleu pentru dublarea scorului pentru o literă.



# SCRABBLE

NUMĂRUL  
FİŞELOR

A - 11

B - 2

C - 5

D - 4

E - 9

F - 2

G - 2

H - 1

I - 10

J - 1

L - 4

M - 3

N - 6

O - 5

P - 4

R - 7

S - 5

T - 7

U - 6

V - 2

X - 1

Z - 1

JOKER - 2



ROSIAN  
SADLER

TRIPLEAZĂ  
VALOAREA  
CUVÂNTULUI

DUBLEAZĂ  
VALOAREA  
CUVÂNTULUI

TRIPLEAZĂ  
VALOAREA  
LITEREI

DUBLEAZĂ  
VALOAREA  
LITEREI

# Desfășurarea jocului

Primul jucător combină două sau mai multe litere din cele șapte litere pe care le-a extras inițial din sac pentru a forma un cuvânt apoi plasează piesele pe tablă astfel încât cuvântul format să poată fi citit fie pe verticală fie pe orizontală. Este obligatoriu ca una din literele ce alcătuiesc cuvântul respectiv să fie plasată pe pătratul din centru marcat cu stea. Cel de-al doilea jucător, apoi fiecare pe rând, adaugă una sau mai multe litere la cele deja existente pentru a forma cuvinte noi. Toate literelor utilizate în cadrul unei depuneri se plasează numai orizontal (de la stânga la dreapta) sau numai vertical (de sus în jos), pe o singură linie sau coloană. Nu se pot depune cuvinte izolate, care să nu aibă legatură cu un alt cuvânt de pe tablă. Toate literelor unei depuneri trebuie să fie legate între ele (eventual, prin alte litere de pe tablă). Dacă în cazul unei depuneri sunt atinse și alte litere de pe linii sau coloane adiacente cuvintele formate trebuie să fie de asemenea corecte. Jucătorul primește punctaj pentru toate cuvintele noi formate sau modificate de piesele plasate.

Noile cuvinte pot fi formate astfel:

- prin adăugarea literelor (una sau mai multe) la literelor sau cuvintelor deja existente pe tablă;
- prin adăugarea în paralel a unui cuvânt nou la un cuvânt deja existent astfel încât literelor alăturate să formeze cuvinte noi;
- prin adăugarea de litere începând de la o literă a unui cuvânt existent.

# Calculul scorului

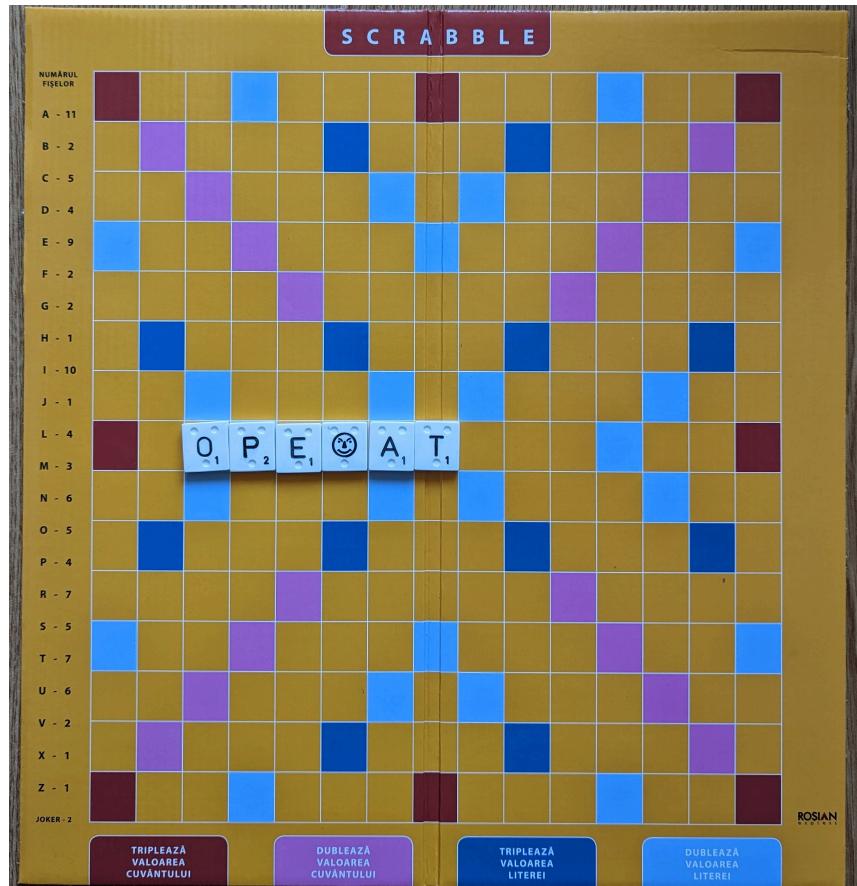
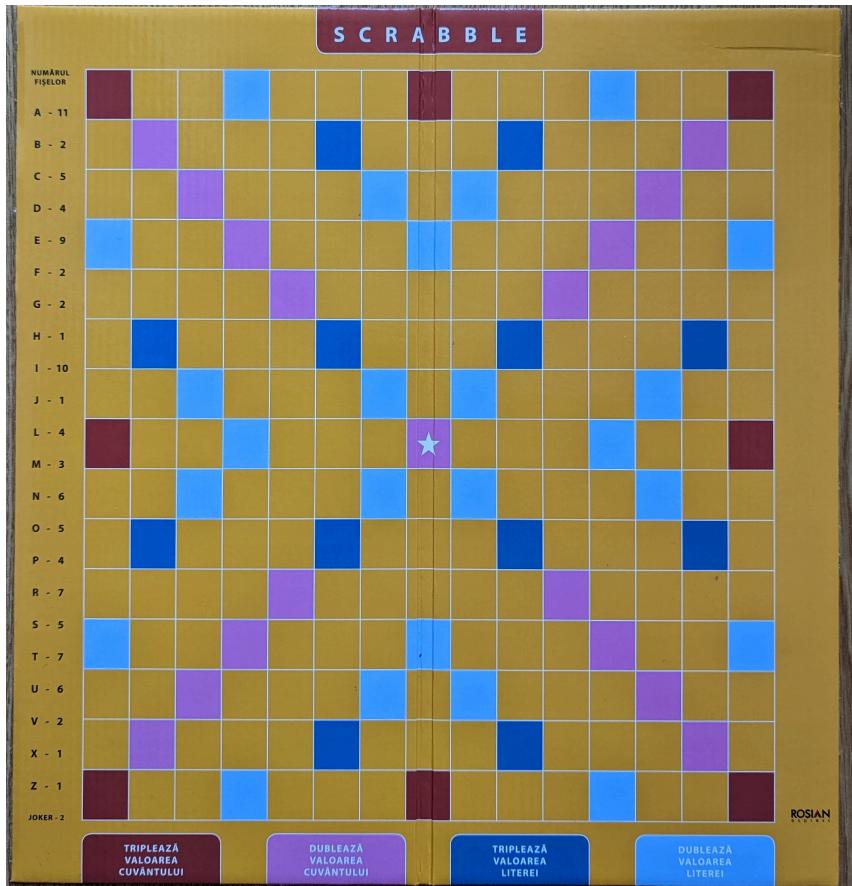
Pe fiecare piesă de Scrabble este indicat punctajul în partea din dreapta jos. Valoarea jokerului este 0. Punctajul unei depunerii se calculează însumând valorile literelor componente ale cuvântului format (ținând cont de pătratele premium, dacă este cazul). Se adaugă și punctajul cuvintelor adiacente nou formate, care se calculează la fel ca și pentru cuvântul principal.

*Pătrate premium pentru scorul literelor:* pătratele bleu doublează scorul unei litere iar pătratele albastre triplează scorul unei litere .

*Pătrate premium pentru scorul cuvintelor:* pătratele roz doublează scorul unui cuvânt iar pătratele roșii triplează scorul unei unui cuvânt. Dacă un cuvânt este plasat simultan pe două pătrate premium scorul este multiplicat de 2 ori. Pătratul din centru marcat cu stea, de asemenea, doublează valoarea primului cuvânt plasat.

Bonificațiile pentru pătratele premium se aplică doar în runda în care au fost jucate cuvinte. Începând cu runda următoare, scorul literelor este cel indicat pe piesă. În cazul în care într-o rundă sunt formate mai multe cuvinte se calculează scorul pentru fiecare, literele comune se însumează la scorul fiecărui cuvânt. Dacă în cadrul unei depunerii se plasează toate cele 7 litere, la calcularea punctajului se adaugă un bonus de 50 de puncte.

# Exemplu de formare a cuvintelor + calcul scor



$$\text{OPE?AT: } (1(O) + 2(P)*2(SDL) + 1(E) + 0(?=R) + 1(A) + 1(T))*2(SCD) = 16$$

**TOTAL: 16**

SDL = SCOR DUBLU LITERA

STC = SCOR TRIPLU LITERA

SCD = SCOR DUBLU CUVÂNT

STC = SCOR TRIPLU CUVÂNT

# Exemplu de formare a cuvintelor + calcul scor



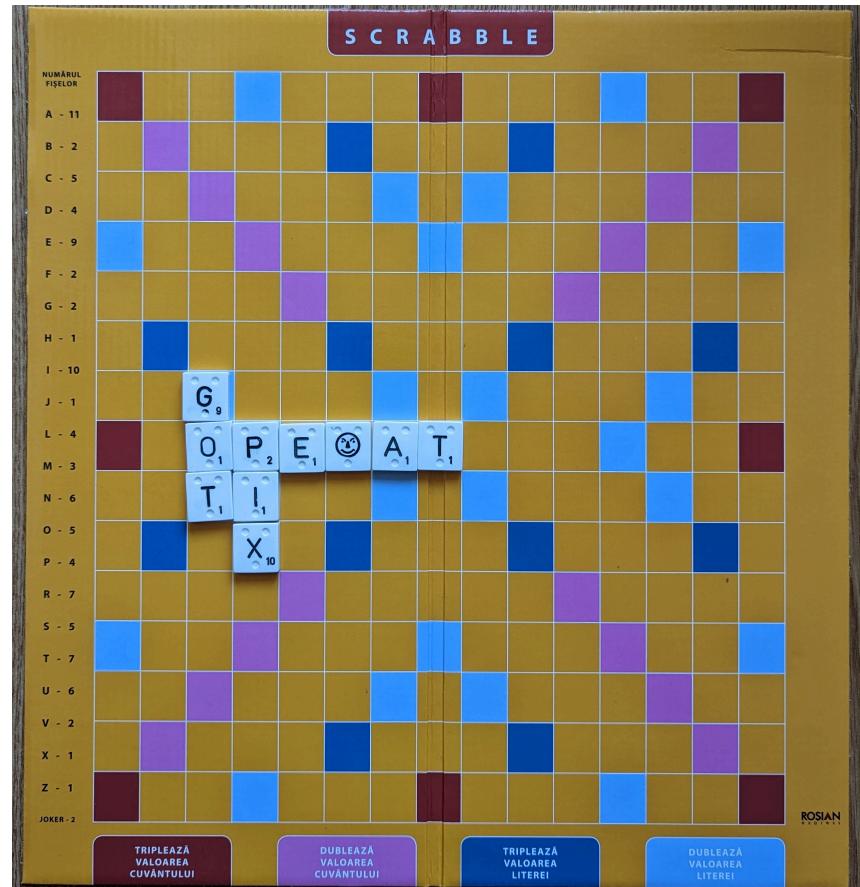
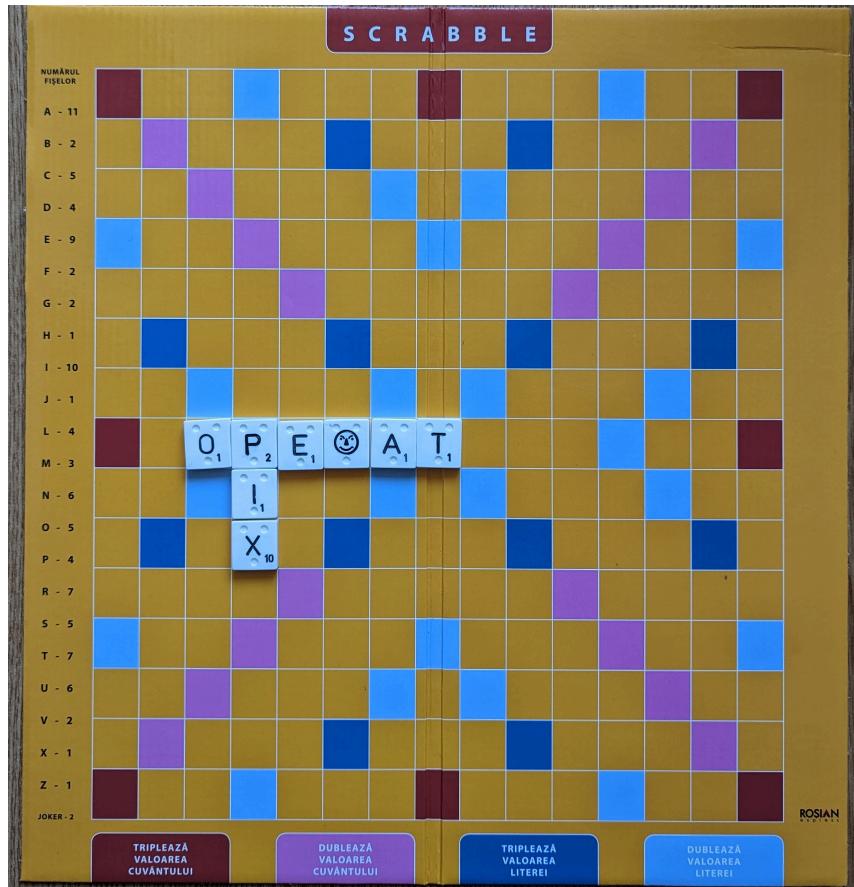
$$\text{PIX: } 2(\text{P}) + 1(\text{I}) + 10(\text{X}) = 13$$

**TOTAL: 13**

SDL = SCOR DUBLU LITERA  
STL = SCOR TRIPLU LITERA

SDC = SCOR DUBLU CUVANT  
STC = SCOR TRIPLU CUVANT

# Exemplu de formare a cuvintelor + calcul scor



$$\text{GOT: } 9(\text{G}) * 2(\text{SDL}) + 1(\text{O}) + 1(\text{T}) * 2(\text{SDL}) = 21$$

$$\text{TI: } 1(\text{T}) * 2(\text{SDL}) + 1(\text{I}) = 3$$

$$\text{TOTAL: } 21 + 3 = 24$$

SDL = SCOR DUBLU LITERA  
STL = SCOR TRIPLU LITERA

SDC = SCOR DUBLU CUVANT  
STC = SCOR TRIPLU CUVANT

# Exemplu de formare a cuvintelor + calcul scor



$$\text{TESE: } 1(T) + 1(E) + 1(S) + 1(E) = 4$$

**TOTAL: 4**

SDL = SCOR DUBLU LITERA  
STL = SCOR TRIPLU LITERA

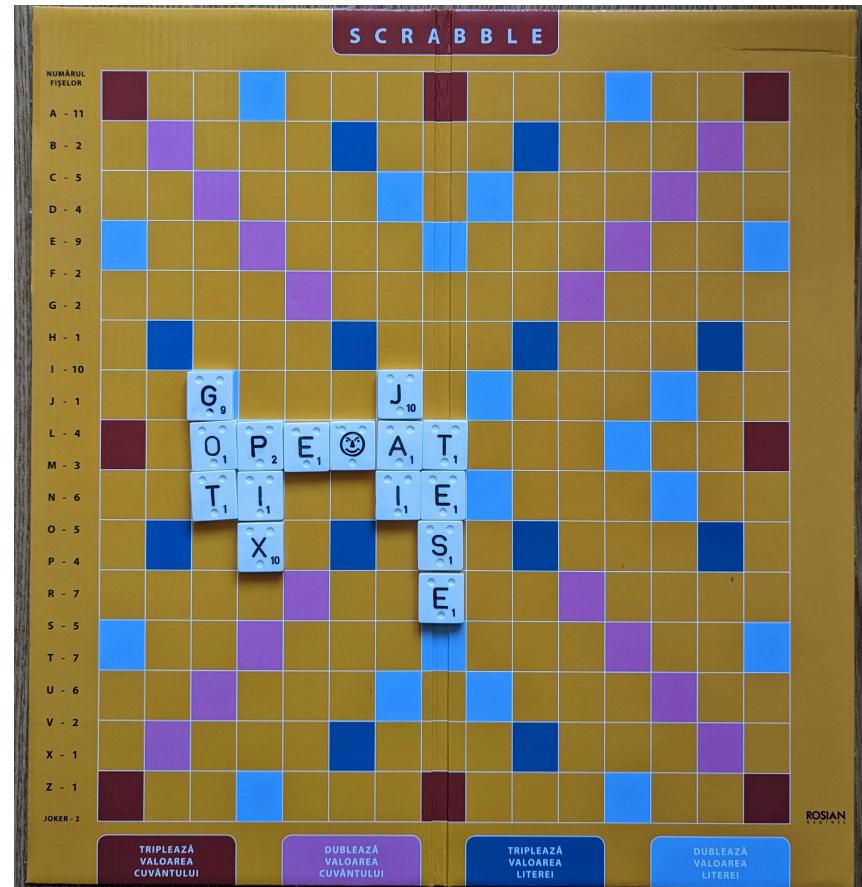
SDC = SCOR DUBLU CUVANT  
STC = SCOR TRIPLU CUVANT

# Exemplu de formare a cuvintelor + calcul scor



$$\text{JAI: } 10(\text{J}) * 2(\text{SDL}) + 1(\text{A}) + 1(\text{I}) * 2(\text{SDL}) = 23$$

$$\text{IE: } 1(\text{I}) * 2(\text{SDL}) + 1(\text{E}) = 3$$



$$\textbf{TOTAL: } 23 + 3 = 26$$

SDL = SCOR DUBLU LITERA  
STL = SCOR TRIPLU LITERA

SDC = SCOR DUBLU CUVANT  
STC = SCOR TRIPLU CUVANT

# Exemplu de formare a cuvintelor + calcul scor



COOPERAT: (1(C) + 1(O) + 1(O) + 2(P) + 1(E) + 0(?=R) + 1(A) + 1(T))\*3(STC) = 24

**TOTAL: 24**

SDL = SCOR DUBLU LITERA  
STL = SCOR TRIPLU LITERA

SDC = SCOR DUBLU CUVANT  
STC = SCOR TRIPLU CUVANT

# Descrierea datelor

Arhiva cu materiale (disponibilă aici <https://tinyurl.com/CAVA-2022-TEMA1>) conține patru directoare: *antrenare*, *testare*, *evaluare* și *imagini\_auxiliare*. Directoarele *antrenare* și *testare* au aceeași structură, deși datele din directorul *testare* vor fi disponibile după termenul limită de trimitere a codului soluției (**prima fază** - detalii mai jos).

Datele constau din imagini cu tabla de Scrabble și cu piesele depuse pe tablă după fiecare rundă. Toate imaginile sunt realizate cu același telefon mobil aflat într-o poziție fixă deasupra tablei de joc. Este posibil ca luminozitatea scenei (a tablei de joc) să prezinte mici variații de la o imagine la alta.

Directorul *imagini\_auxiliare* conține câteva imagini cu tabla de joc cu: (i) toate literele aranjate în diverse configurații; (ii) fără litere. Folosiți aceste imagini pentru a înțelege mai bine problema și pentru a extrage date pentru soluția voastră.

Directorul *antrenare* conține datele de antrenare constând în imagini de la primele 20 de runde pentru 5 jocuri de Scrabble. În total sunt 100 de imagini de antrenare și 100 de fișiere cu adnotări corespunzătoare fiecărei imagini. Imaginea de antrenare  $i$  din jocul  $j$  este notată 'j\_i.jpg', unde  $j \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$  și  $i \in \{01, 02, 03, \dots, 20\}$ . Fișierul cu adnotări corespunzător are același format, extensia '.jpg' fiind înlocuită de extensia '.txt'.

# Descrierea datelor

CAVA-2022-TEMA1	
	antrenare  >
	evaluare  >
	imagini_auxiliare  >
	README.txt  >
	Tema1.pdf  >
	testare  >

# Descrierea datelor

CAVA-2022-TEMA1	✓ >	antrenare	✓ >	litere_1.jpg	✓
		evaluare	✓ >	litere_2.jpg	✓
		imagini_auxiliare	✓ >	template_1.jpg	✓
		README.txt	✓	template_2.jpg	✓
		Tema1.pdf	✓	template_3.jpg	✓
		testare	✓ >	template_4.jpg	✓
				template_5.jpg	✓

# Descrierea datelor

Folder / File	Description	File Type	Status
CAVA-2022-TEMA1			
antrenare	Training data folder	Folder	✓
evaluare	Evaluation data	Folder	✓
imagini_auxiliare	Auxiliary images	Folder	✓
README.txt	Readme file	Text	✓
Tema1.pdf	PDF file	PDF	✓
testare	Testing data folder	Folder	✓
1_01.jpg	Image 1	JPG	✓
1_01.txt	Text 1	Text	✓
1_02.jpg	Image 2	JPG	✓
1_02.txt	Text 2	Text	✓
1_03.jpg	Image 3	JPG	✓
1_03.txt	Text 3	Text	✓
1_04.jpg	Image 4	JPG	✓
1_04.txt	Text 4	Text	✓
1_05.jpg	Image 5	JPG	✓
1_05.txt	Text 5	Text	✓
1_06.jpg	Image 6	JPG	✓
1_06.txt	Text 6	Text	✓
1_07.jpg	Image 7	JPG	✓
1_07.txt	Text 7	Text	✓
1_08.jpg	Image 8	JPG	✓
1_08.txt	Text 8	Text	✓
1_09.jpg	Image 9	JPG	✓
1_09.txt	Text 9	Text	✓
1_10.jpg	Image 10	JPG	✓
1_10.txt	Text 10	Text	✓
1_11.jpg	Image 11	JPG	✓
1_11.txt	Text 11	Text	✓
1_12.jpg	Image 12	JPG	✓
1_12.txt	Text 12	Text	✓
1_13.jpg	Image 13	JPG	✓
1_13.txt	Text 13	Text	✓

# Adnotări

Fișierele cu adnotări conțin următoarele informații:

- poziția pieselor adăugate pe tablă de la stânga la dreapta sau de sus în jos. Folosim ca reguli de adnotare regulile oficiale de Scrabble, astfel pentru a specifica o poziție pe tablă folosim numere de la 1 la 15 pentru linii și literele de la A la O pentru coloane.
- litera corespunzătoare fiecărei piese adăugate pe tablă
- scorul obținut în runda respectivă



```
4_01.txt
1 8C 0
2 8D P
3 8E E
4 8F ?
5 8G A
6 8H T
7 16
```

# Adnotări

Fișierele cu adnotări conțin următoarele informații:

- poziția pieselor adăugate pe tablă de la stânga la dreapta sau de sus în jos. Folosim ca reguli de adnotare regulile oficiale de Scrabble, astfel pentru a specifica o poziție pe tablă folosim numere de la 1 la 15 pentru linii și literele de la A la O pentru coloane.
- litera corespunzătoare fiecărei piese adăugate pe tablă
- scorul obținut în runda respectivă



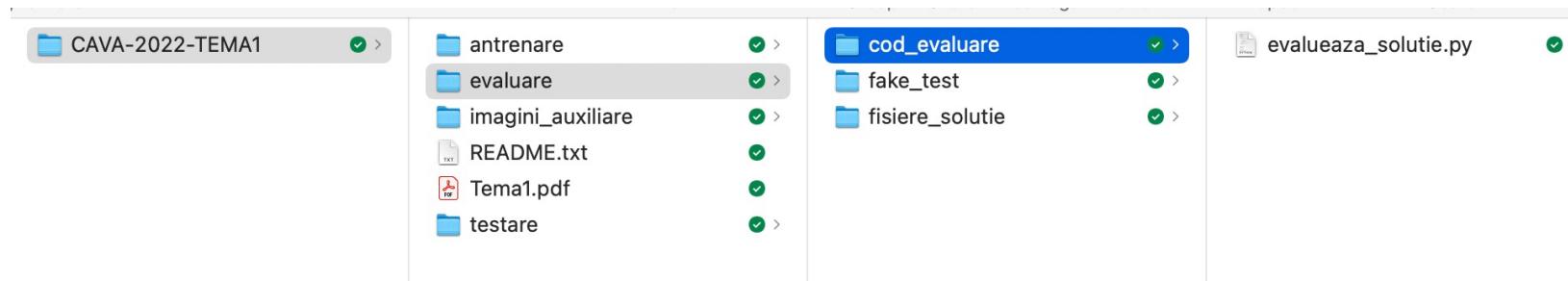
A screenshot of a computer screen displaying a file named "4\_02.txt". The file contains the following text:  
4\_02.txt  
1 9D I  
2 10D X  
3 13

# Evaluare

Directorul *evaluare* vă indică cum să vă scrieți codul astfel încât să respectați formatul fișierelor cu rezultate impus pentru faza de evaluare pe datele de test (**faza a doua**) ce va avea loc după trimiterea codului cu soluția de fiecare din voi. Conține următoarele sub-directoare:

- *fake\_test* - acest director exemplifică cum vor arăta datele de testare, el păstrează aceeași structură ca cea descrisă pentru directorul *antrenare* descris anterior. Acest director va fi similar cu directorul *testare* în care vom pune imaginile de testare pentru faza a doua de evaluare.
- *fișiere\_solutie* - acest director exemplifică formatul fișierelor cu rezultatele pe care trebuie să le trimiteți în faza a doua. Veți trimite rezultatele voastre în acest format, încărcând o arhivă zip a unui director similar cu cel numit *331\_Alexe\_Bogdan*;
- *cod\_evaluare* - acest director conține codul care va fi folosit pentru evaluarea automată a rezultatelor voastre folosind adnotările soluțiilor corecte (ground-truth). Asigurați-vă că acest cod rulează pe fișierele voastre. Adnotările soluțiilor corecte (ground-truth) vor fi disponibile după faza a doua.

# Evaluare



# Evaluare

CAVA-2022-TEMA1  >	antrenare  > evaluare  > <b>evaluare</b> imagini_auxiliare  > README.txt Tema1.pdf testare  >	cod_evaluare  > fake_test  > <b>fake_test</b> fisiere_solutie  >	1_01.jpg 1_02.jpg 1_03.jpg 1_04.jpg 1_05.jpg 1_06.jpg 1_07.jpg 1_08.jpg 1_09.jpg 1_10.jpg 1_11.jpg 1_12.jpg 1_13.jpg 1_14.jpg 1_15.jpg 1_16.jpg 1_17.jpg 1_18.jpg 1_19.jpg 1_20.jpg 2_01.jpg 2_02.jpg 2_03.jpg 2_04.jpg 2_05.jpg 2_06.jpg 2_07.jpg 2_08.ipa
--------------------	--	--	--

# Evaluare

antrenare	✓ >
evaluare	✓ >
imagini_auxiliare	✓ >
README.txt	✓
Tema1.pdf	✓
testare	✓ >
cod_evaluare	✓ >
fake_test	✓ >
fisiere_solutie	✓ >
331_Alexe_Bogdan	✓ >
331_Alexe_Bogdan.zip	✓
1_01.txt	✓
1_02.txt	✓
1_03.txt	✓
1_04.txt	✓
1_05.txt	✓
1_06.txt	✓
1_07.txt	✓
1_08.txt	✓
1_09.txt	✓
1_10.txt	✓
1_11.txt	✓
1_12.txt	✓
1_13.txt	✓
1_14.txt	✓
1_15.txt	✓
1_16.txt	✓
1_17.txt	✓
1_18.txt	✓
1_19.txt	✓
1_20.txt	✓
2_01.txt	✓
2_02.txt	✓
2_03.txt	✓
2_04.txt	✓
2_05.txt	✓
2_06.txt	✓
2_07.txt	✓
2_08.txt	✓

# Cerințe și notare

- **Task 1 - 5 puncte** - vom evalua performanța algoritmului vostru pe o mulțime de 100 de imagini de testare ce reprezintă 5 jocuri de Scrabble, fiecare joc având 20 de runde. Pentru fiecare imagine de test algoritmul vostru trebuie să furnizeze pozițiile pieselor (literelor) care au fost depuse pe tablă în runda respectivă. Veți primi punctajul numai dacă algoritmul vostru furnizează corect toate pozițiile pieselor adăugate pe tablă. Nu există punctaje parțiale. Fiecare configurație corectă valorează 0.05 puncte pentru un total de **5 puncte**;
- **Task 2 - 2 puncte** - vom evalua performanța algoritmului vostru pe aceleași 100 de imagini de la Task-ul 1, pentru fiecare piesă trebuie să recunoașteți litera care se află pe piesa respectivă. Veți primi punctajul numai dacă algoritmul vostru recunoaște corect toate literele depuse pe tablă. Nu există punctaje parțiale. Fiecare configurație corectă a literelor valorează 0.02 puncte pentru un total de **2 puncte**;
- **Task 3- 2 puncte** - vom evalua performanța algoritmului vostru pe aceleași 100 de imagini de la Task-urile 1 și 2, pentru fiecare imagine trebuie să calculați scorul obținut de jucător la runda respectivă. Veți primi punctajul numai dacă algoritmul vostru calculează corect scorul pentru runda curentă. Nu există punctaje parțiale. Pentru fiecare scor corect calculat primiți 0.02 puncte pentru un total de **2 puncte**;
- **documentație - 1 punct** - descrieți într-un fișier pdf de minim două pagini soluția voastră pentru rezolvarea celor trei task-uri. Puteți ilustra aspecte cheie ale soluției voastre adăugând secvențe de cod și vizualizări ale imaginilor pentru soluția voastră. Acest fișier ar trebui să conțină suficientă informație astfel încât un student de nivel mediu de la cursul nostru să poată reimplementa soluția descrisă de voi.
- **oficiu - 1 punct** - primiți acest punct dacă formatul fișierelor voastre urmează formatul impus iar codul nostru de evaluare rulează pe datele primite de la voi fără a face modificări în fișierele voastre.

# Termen limită

## Termene limită

**Prima fază - trimiterea codului.** Încărcați o arhiva zip cu codul soluției voastre și un fișier pdf ce descrie soluția voastră până marți, 6 decembrie, ora 23:59 la link-ul acesta <https://tinyurl.com/CAVA-2022-TEMA1-SOLUTII>. Includeți în arhiva zip NU-MAI cod (fișiere .py sau .ipynb) sau alte fișiere necesare rulării codului (fișiere cu modelele voastre antrenate, etc.). Nu includeți în arhiva voastră imaginile inițiale (le avem și noi!!!). ATENȚIE: nu vom accepta proiecte după data limită.

Codul vostru ar trebui să includă un fișier README (vedeți exemplul din materiale) cu următoarele informații: (i) librăriile folosite de voi și necesare pentru rularea soluției voastre; (ii) indicații despre cum ar trebui rulat codul pentru fiecare task. Studenții care nu încarcă un fișier pdf cu descrierea soluției lor vor primi 0 puncte la partea de documentație.

**A doua fază - trimiterea rezultatelor.** Miercuri, 7 decembrie, vom publica datele de test în directorul *test* de la adresa <https://tinyurl.com/CAVA-2022-TEMA1>. Veți rula soluția voastră pe imaginile de test și veți încărca rezultatele în aceeași zi ca o arhivă zip folosind următorul link <https://tinyurl.com/CAVA-2022-TEMA1-REZULTATE>.

# Ce nu aveți voie

## Restricții și precizări

În implementarea voastră nu puteți folosi rețele neuronale preantrenate. De asemenea, pentru recunoașterea literelor inscripționate pe piesele de Scrabble nu puteți folosi aplicații pentru OCR cum ar fi Tesseract. Dacă aveți neclarități despre ce aveți și ce nu aveți voie să folosiți trimiteți un mesaj lui Bogdan la adresa [bogdan.alex@fmi.unibuc.ro](mailto:bogdan.alex@fmi.unibuc.ro).

# Recunoașterea claselor de obiecte

# Clasificarea imaginilor

- Conține o imagine test instantieri ale unei clase de obiecte/categorii ?
  - răspuns binar: DA/NU
- Exemplu: clasificator de imagini pentru ‘câine’

DA

NU

DA



# Clasificarea imaginilor

Învățăm un clasificator al imaginilor pe bază de exemple

**Exemple pozitive: imagini care conțin câini**

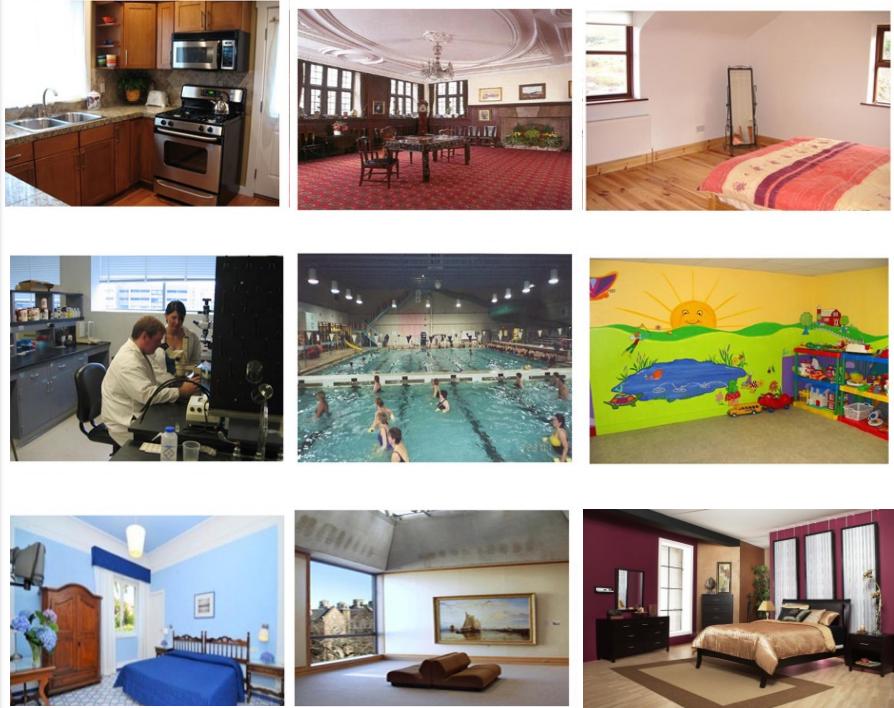


**Exemple negative: imagini care NU conțin câini**

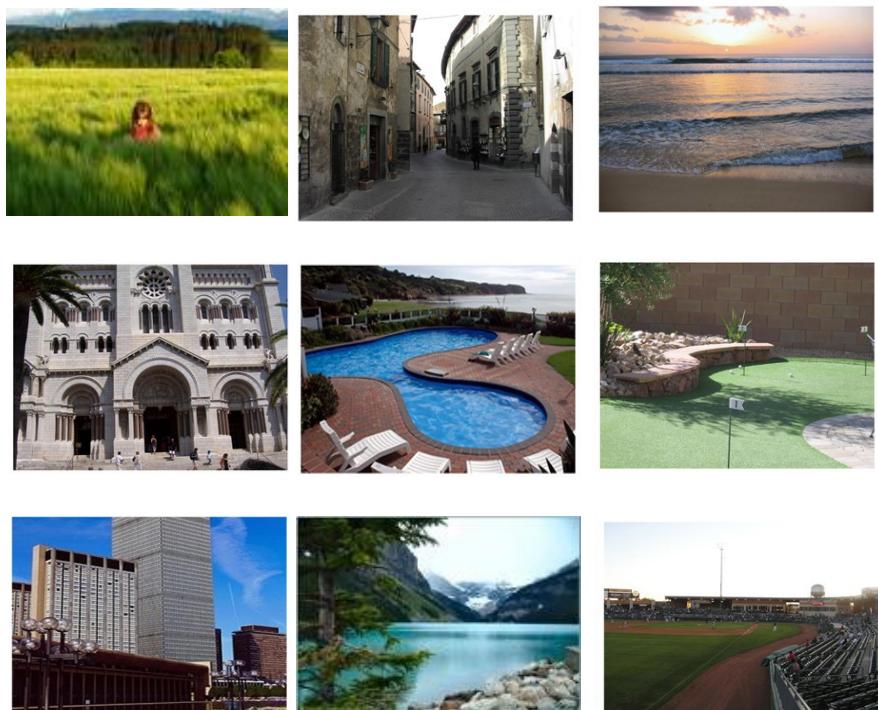


# Alt exemplu: 2 clase - indoor/outdoor

## Indoor – exemple



## Outdoor - exemple



Clasificare = asocierea unei etichete (indoor, outdoor) pentru exemple noi

outdoor



outdoor

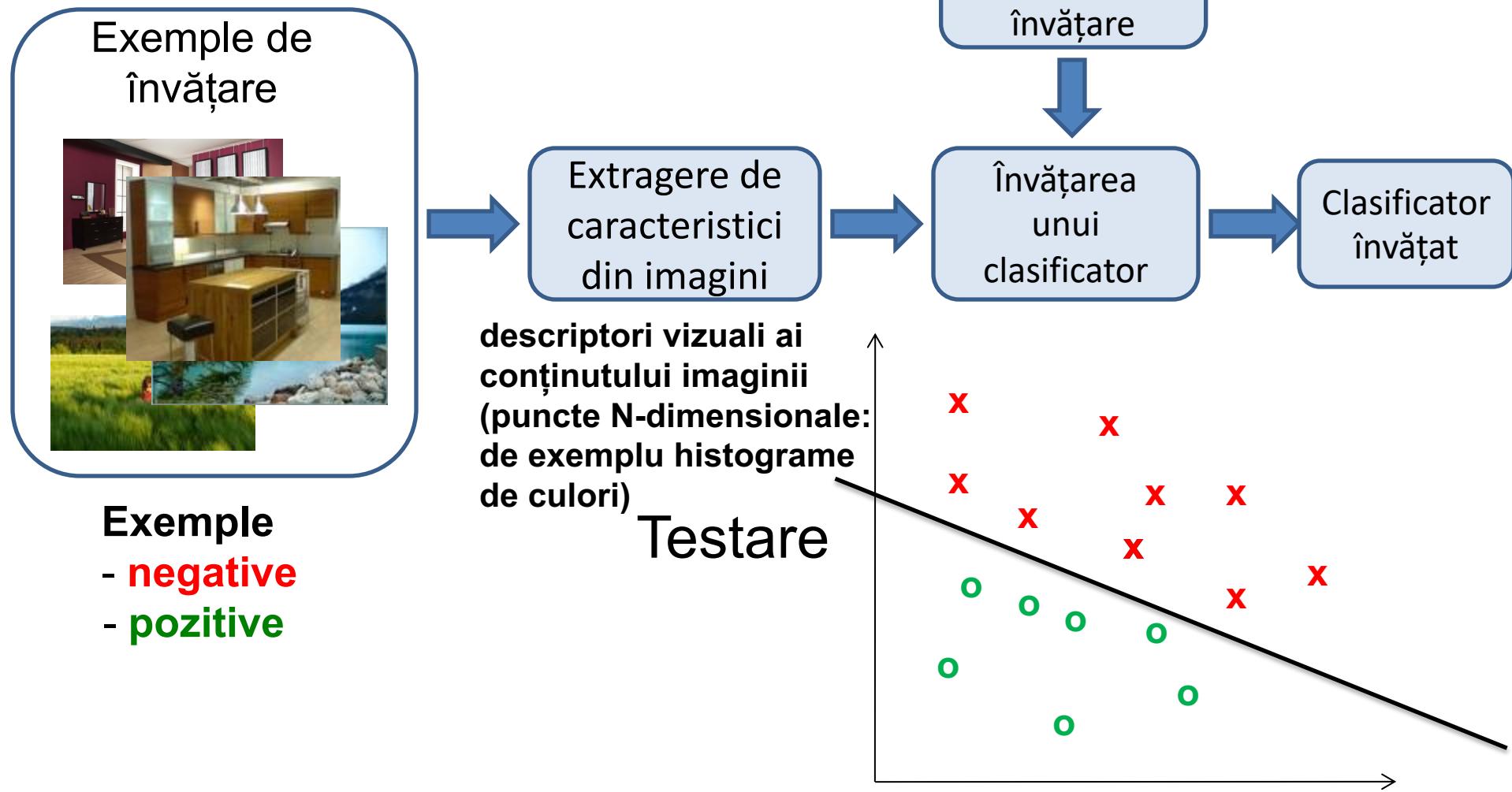


indoor

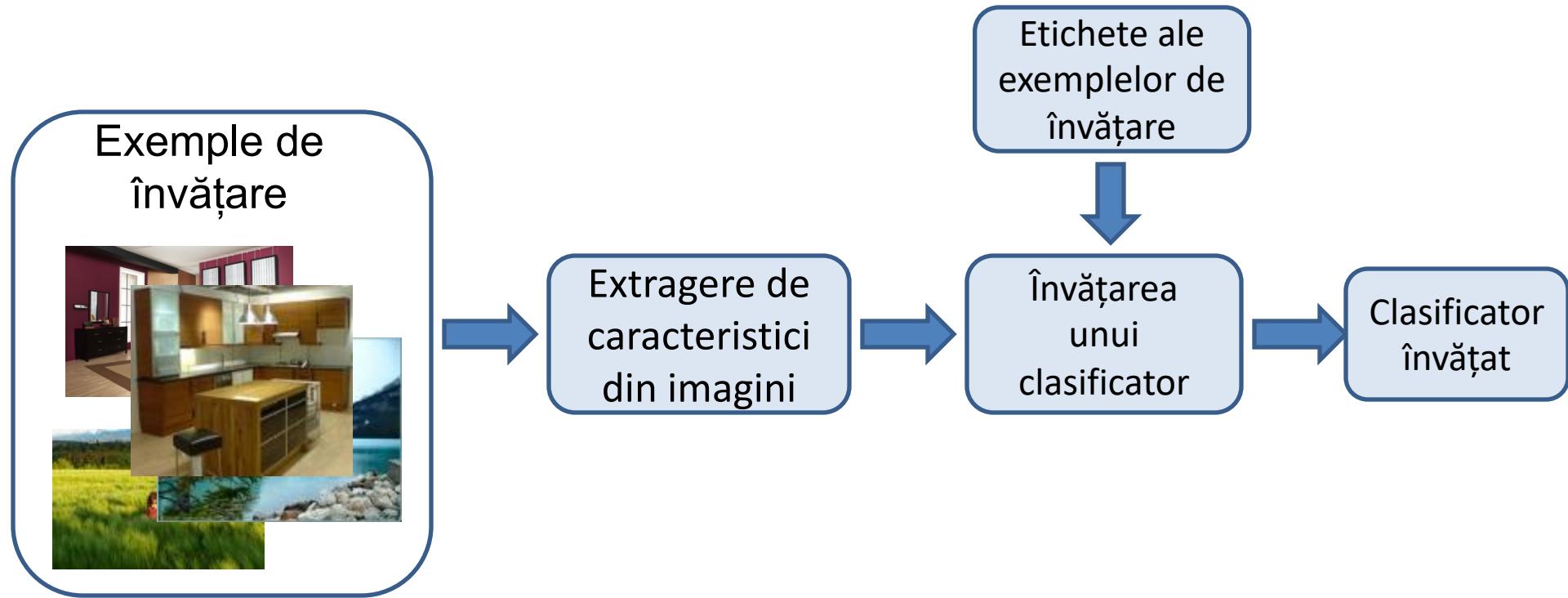


Imagini test:

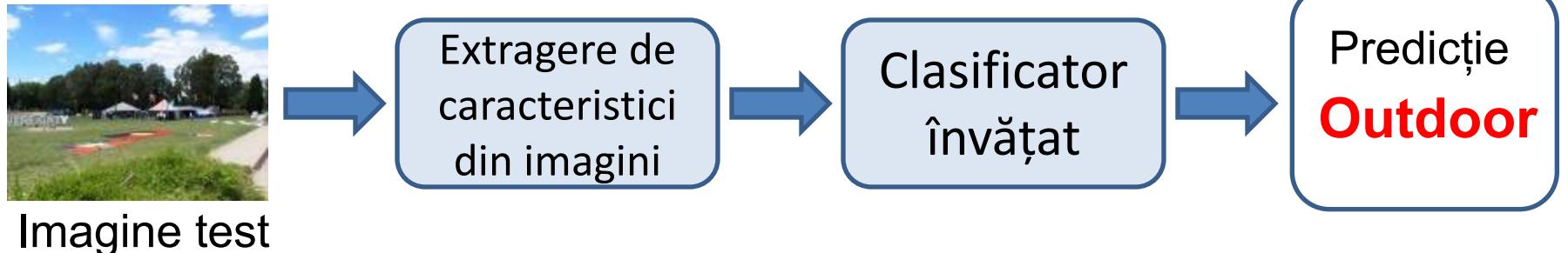
# Învățarea supervizată



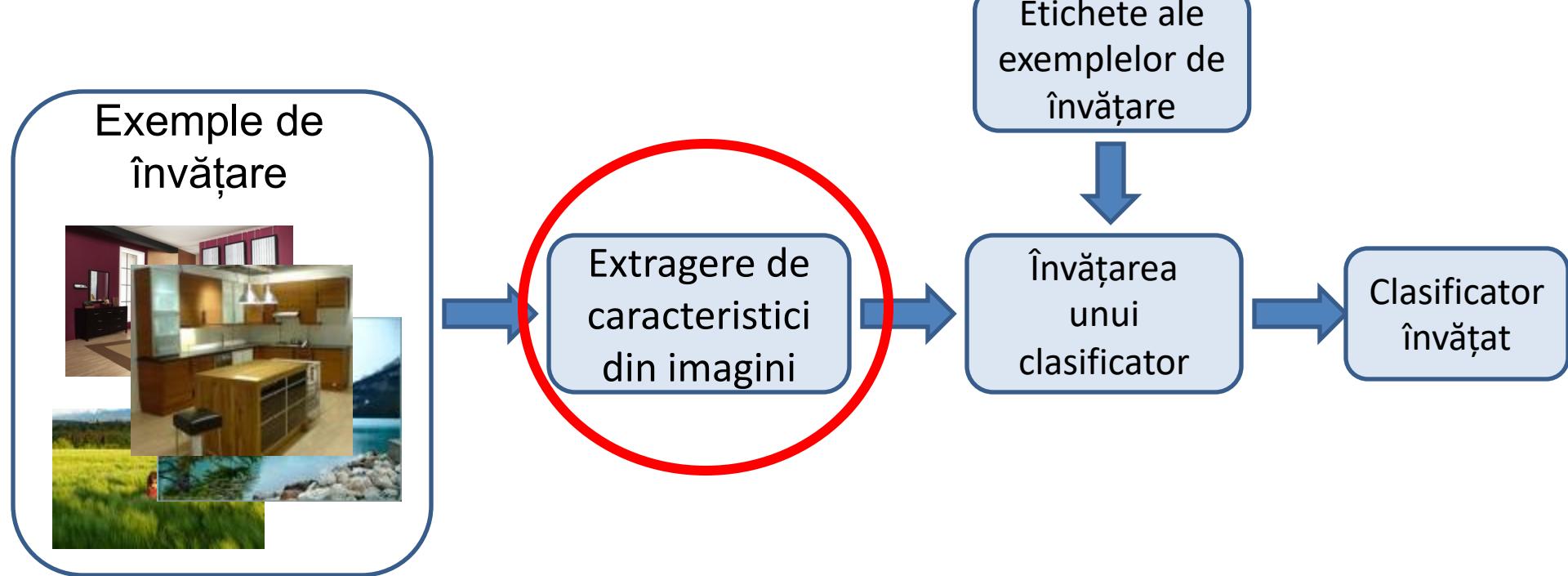
# Etapa de testare



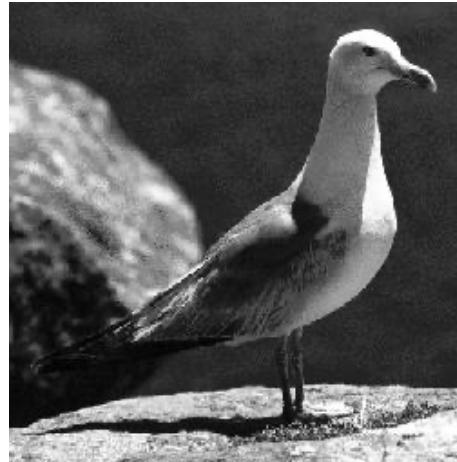
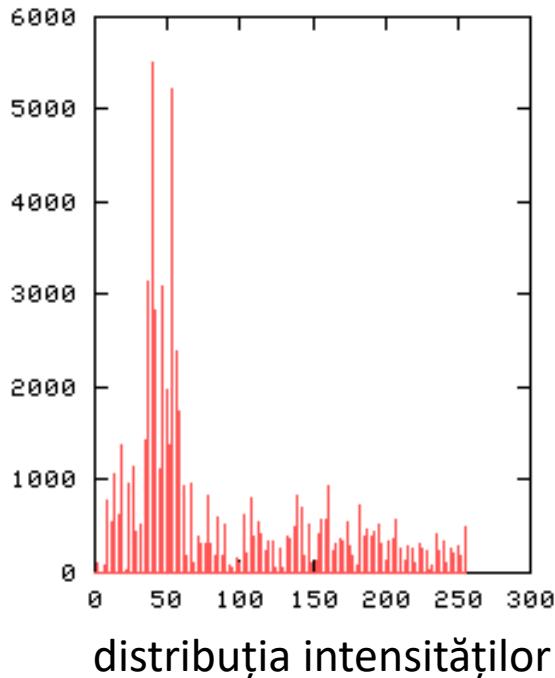
## Testare



# Extragere de caracteristici din imagini



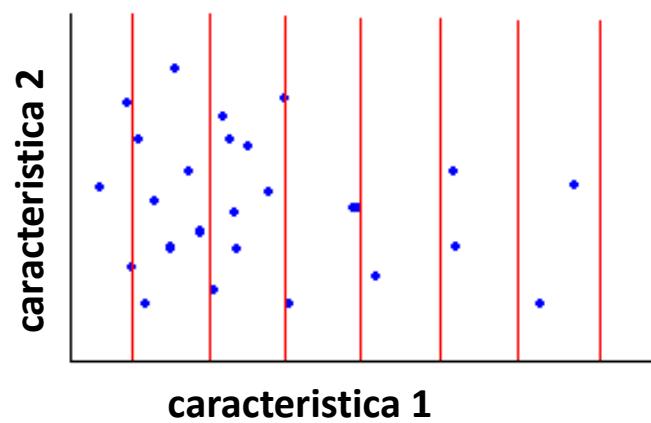
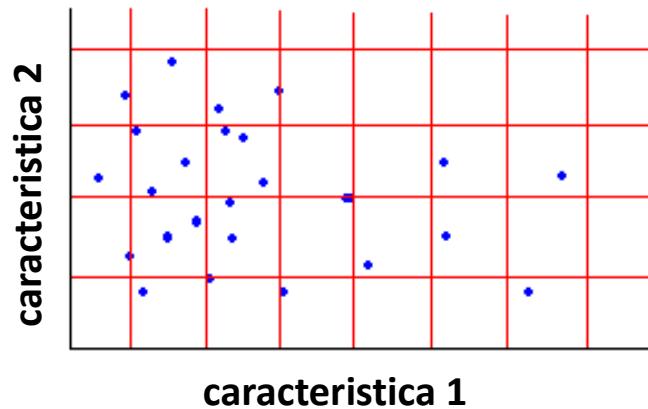
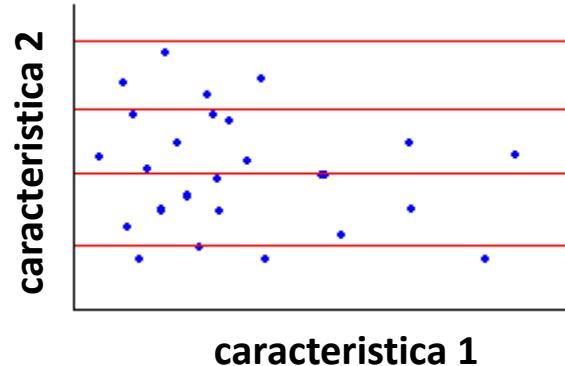
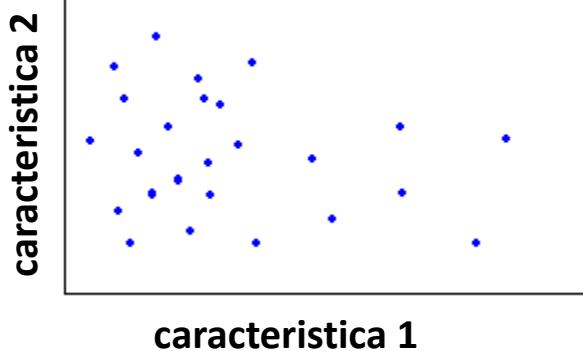
# Histograme pentru o caracteristică



Măsoară distribuția caracteristicilor (intensitate, culoare , textură):

- grupează datele în intervale și numără câte puncte “pică” în fiecare interval
- normalizează histograma ( suma elementelor = 1)

# Histograme pentru mai multe caracteristici



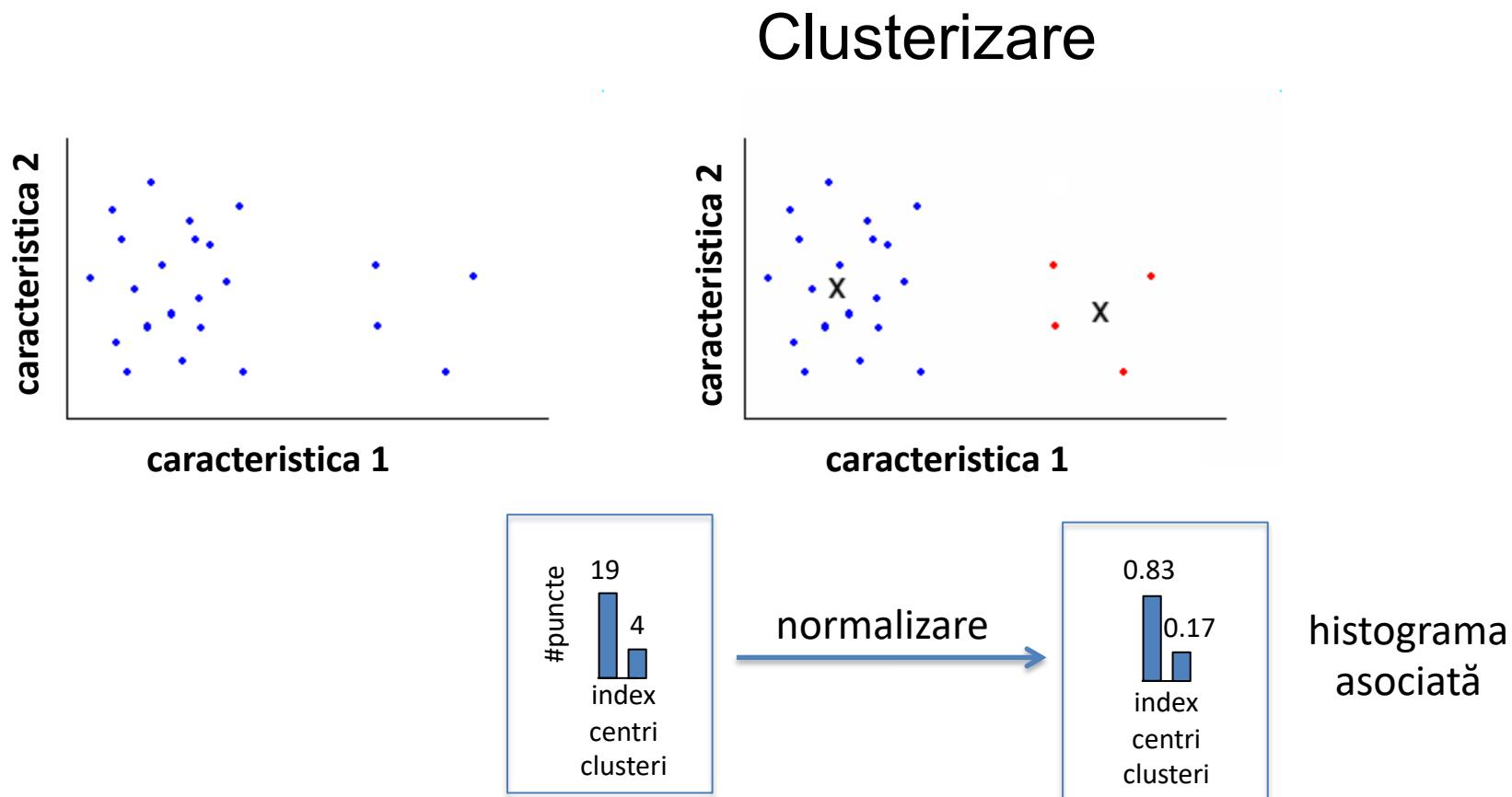
## Histograma comună

- necesită multe date pentru o aproximare bună a distribuției
- $\#intervale1 * \#intervale2$

## Histograma individuală

- necesită caracteristici independente
- mai multe puncte/interval decât în cazul histogramei comune

# Histograme pe baza clusterizării



Foloseşte aceeaşi centri ai clusterilor pentru toate imaginile

# Calculul distanței între histograme

- Distanța Euclidină (L2)

$$d^2(h_i, h_j) = \sum_{m=1}^K (h_i(m) - h_j(m))^2$$

- Distanța Chi-pătrat

$$\chi^2(h_i, h_j) = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^K \frac{(h_i(m) - h_j(m))^2}{h_i(m) + h_j(m)}$$

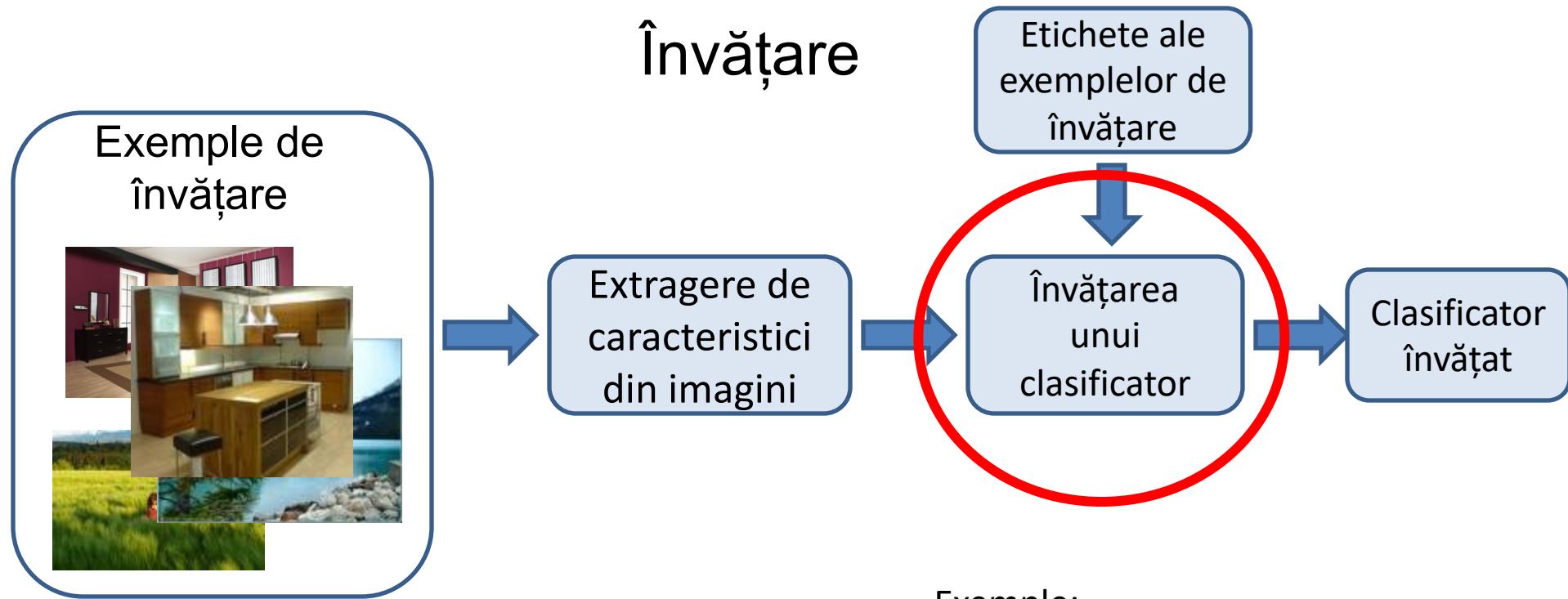
- Distanța dată de intersecția histogramelor

$$histint(h_i, h_j) = 1 - \sum_{m=1}^K \min(h_i(m), h_j(m))$$



Histograme de culori cele mai apropiate (distanța Chi-pătrat)

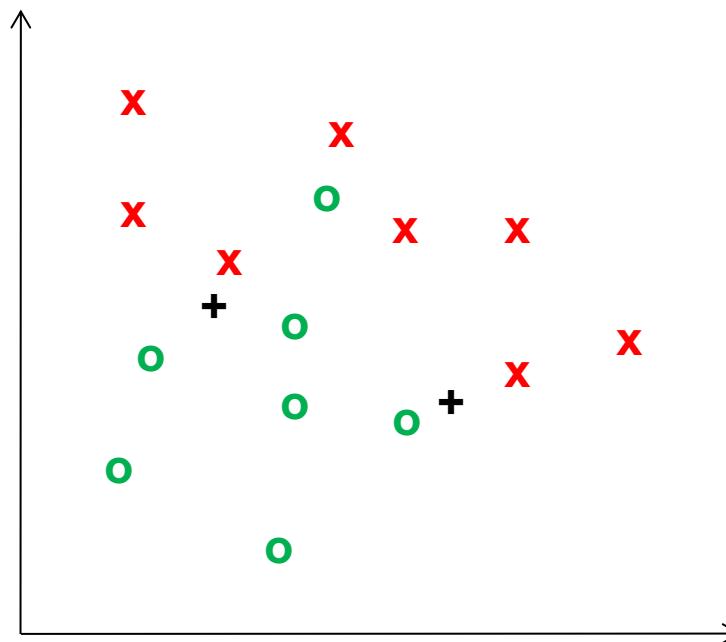
# Învățarea unui clasificator



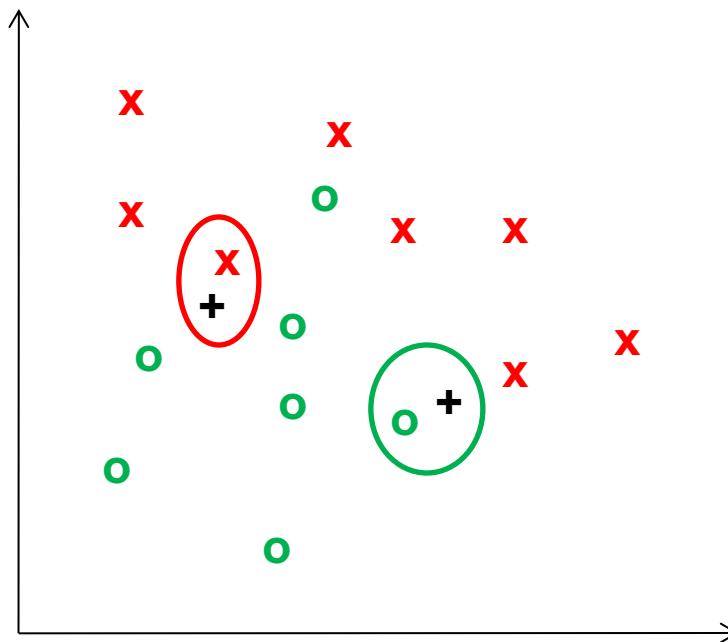
Exemplu:

- cei mai apropiati K-vecini
- clasificator liniar

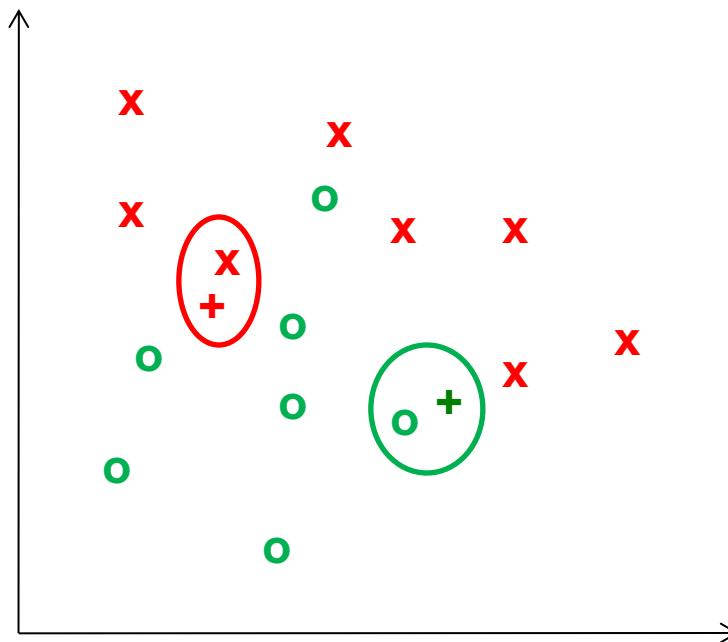
# Clasificatorul bazat pe cei apropiati K -vecini



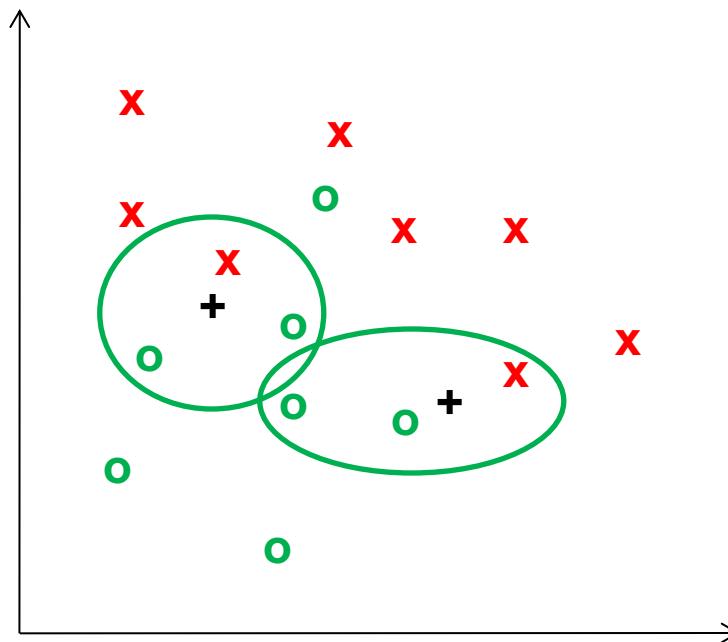
# K=1: cel mai apropiat vecini



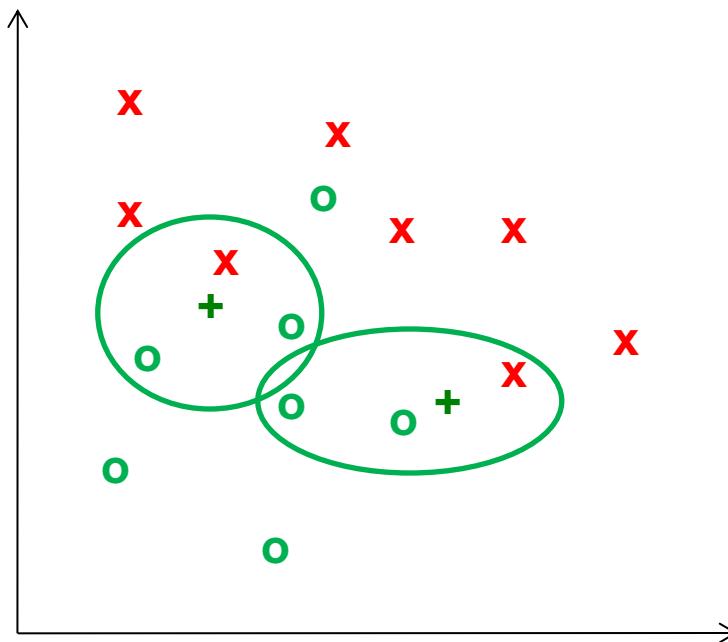
# $K=1$ : cel mai apropiat vecini



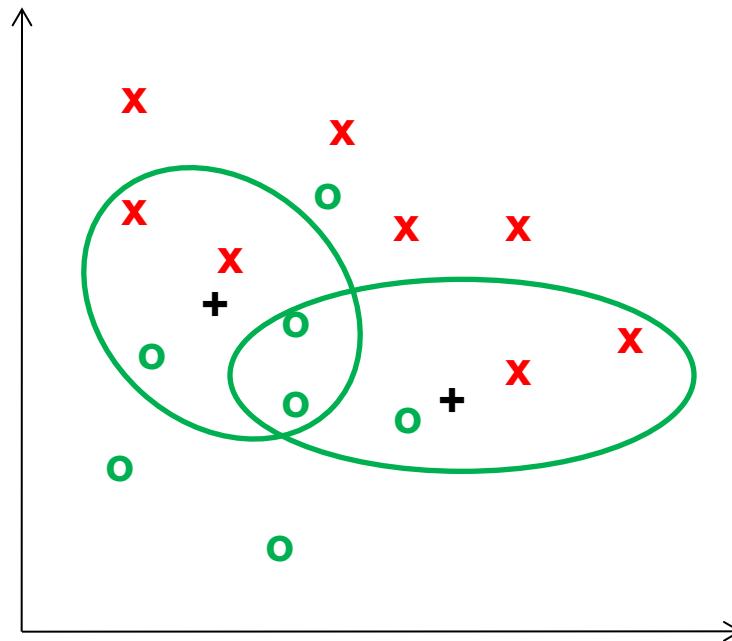
# K=3: cei mai apropiati 3 vecini



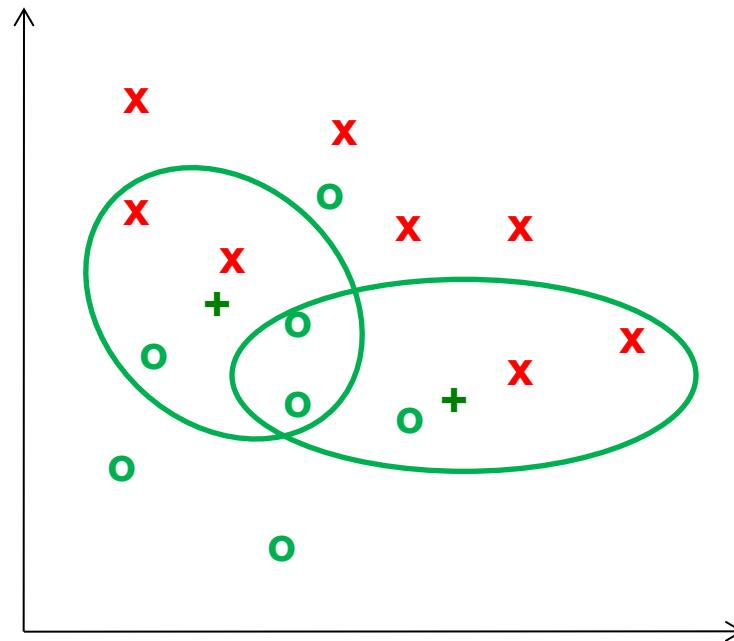
# K=3: cei mai apropiati 3 vecini



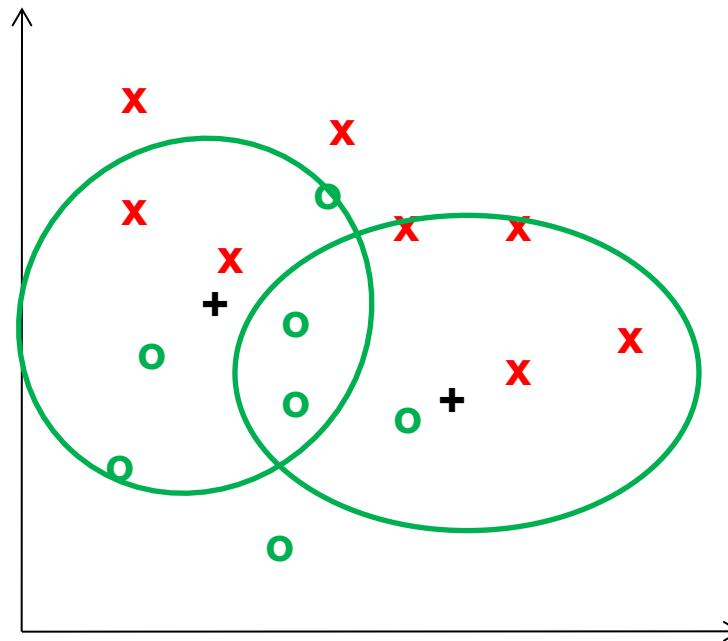
# K=5: cei mai apropiati 5 vecini



# K=5: cei mai apropiati 5 vecini

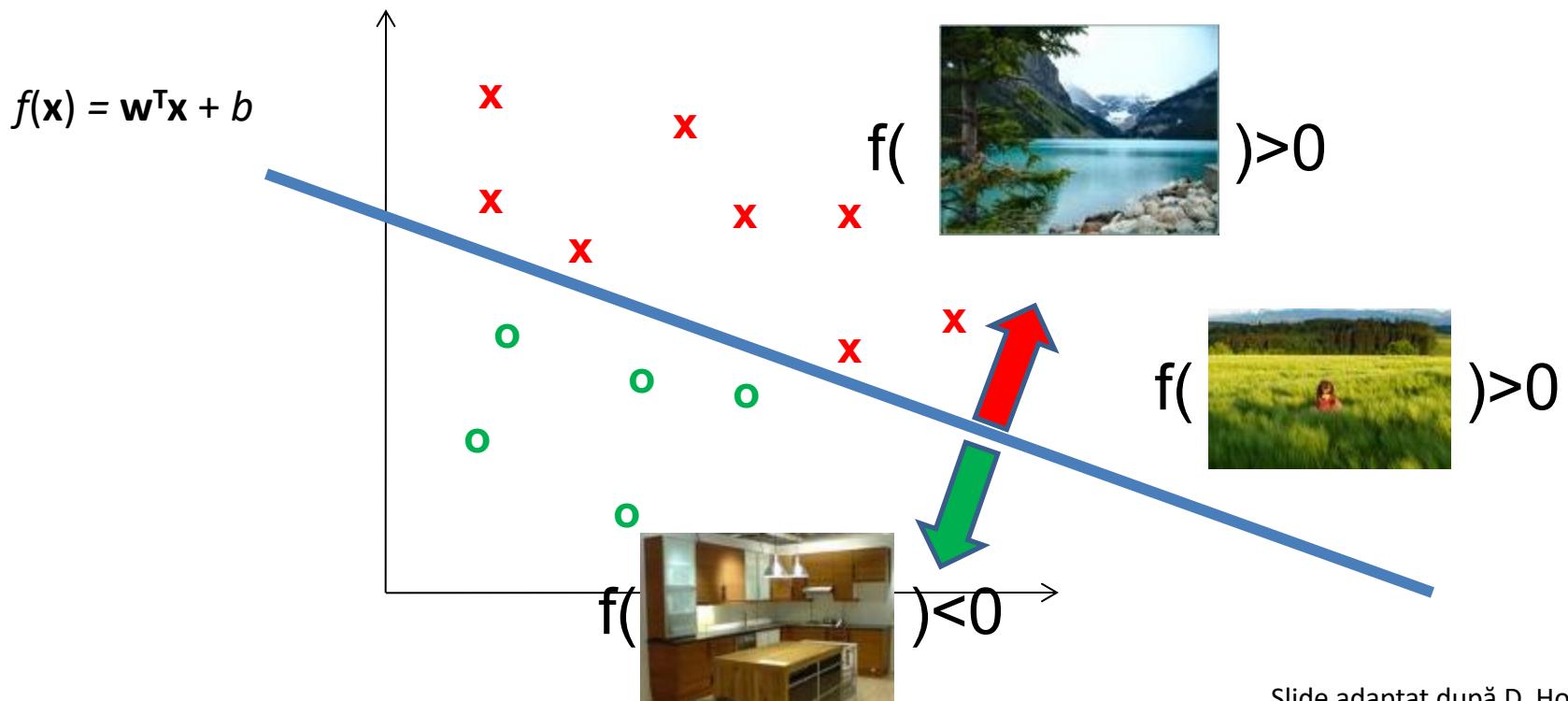


# Cei mai apropiati K-vecini



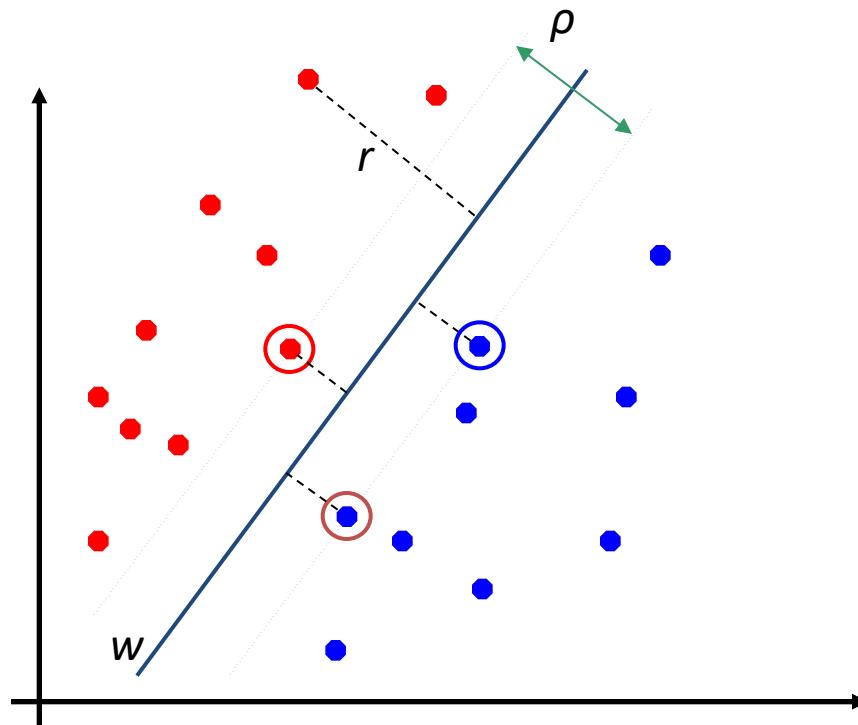
# Clasificatorul liniar

Găsește hiperplanul care separă exemplele din clase diferite



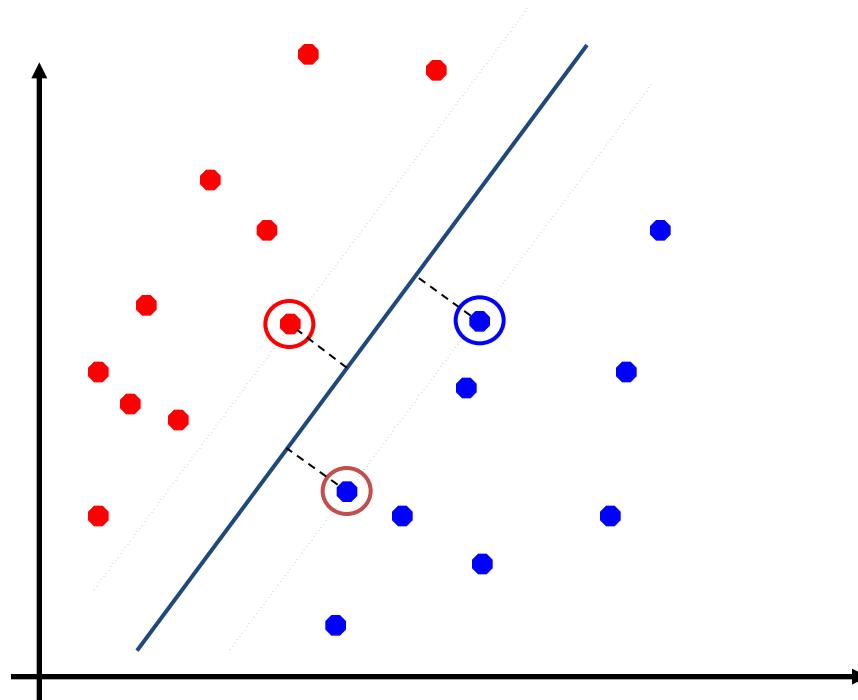
# Marginea de clasificare

- Distanța dintre exemplul  $\mathbf{x}_i$  și hiperplanul de separare este  $r = \frac{\mathbf{w}^T \mathbf{x}_i + b}{\|\mathbf{w}\|}$
- Examplele cele mai aproape de hiperplan se numesc **vectori suport**.
- **Marginea**  $\rho$  dintre cele două clase = distanța dintre vectorii suport.



# Clasificatorul de margine maximă

- Numai vectorii suport contează; celelalte exemple de învățare sunt ignoreate.
- Găsește clasificatorul pentru care *marginea  $\rho$  e maximă*



Localizarea obiectelor la nivel de fereastră:  
metoda ferestrei glisante (sliding-window)

# Recunoașterea claselor de obiecte la nivel generic

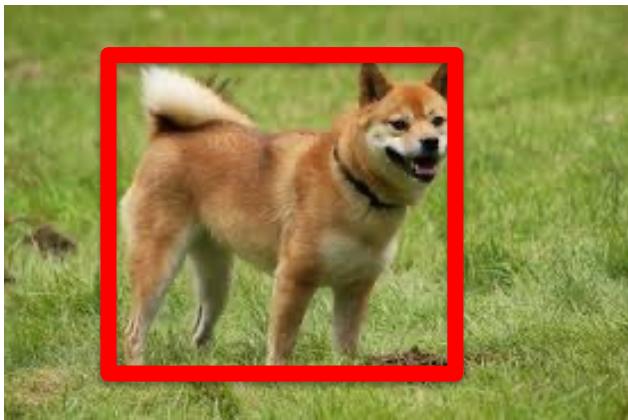
- Mașină



Vrem să recunoștem toate instanțierile unei clase de obiecte  
Clasificare – DA/NU. Localizare – UNDE?

# Recunoașterea claselor de obiecte la nivel generic

- Recunoaște orice câine în imagine



# Recunoașterea claselor de obiecte la nivel generic

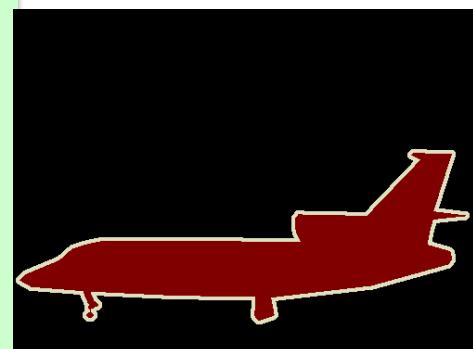
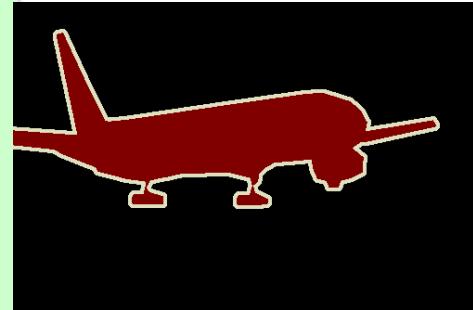
imagini inițiale



localizare - fereastră



localizare - contur



# Dificultăți: robustețe



Iluminare



Postura obiectului



Mărime



Mascarea  
obiectului



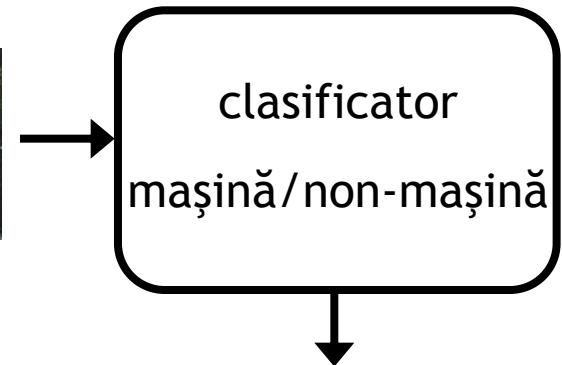
Variabilitate  
înfățisare intra-clasă



Poziționarea  
camerei

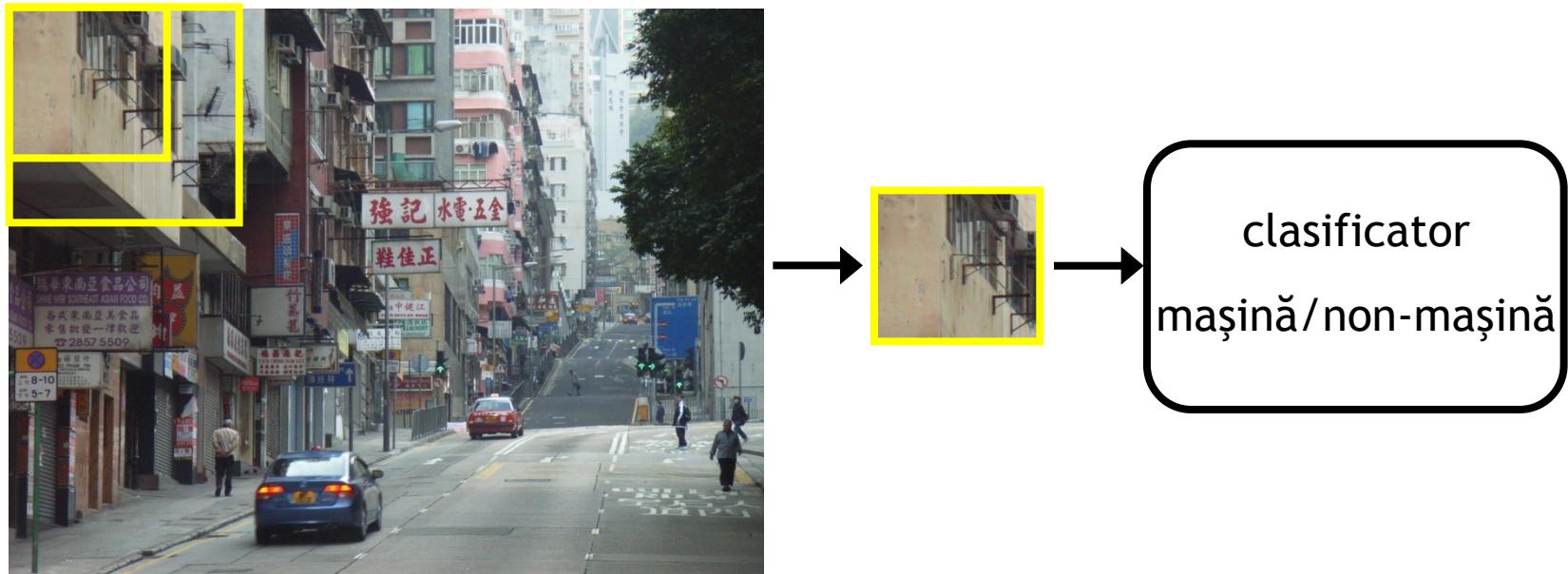
# Ideea principală: detectare via clasificare

Componența de bază: un clasificator binar



# Ideea principală: detectare via clasificare

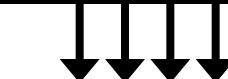
Dacă obiectul este într-o scenă aglomerată, glisează o fereastră căutând obiectul.



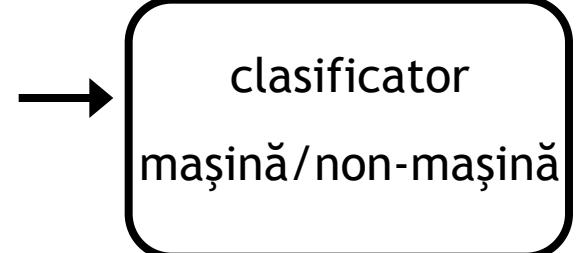
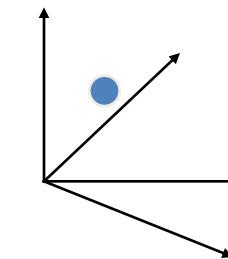
# Ideea principală: detectare via clasificare

Pași:

1. Obținem exemple de învățare (pozitive + negative)
2. Definim caracteristici
3. Definim clasificator



Exemple de învățare



Extragere de  
caracteristici

# Ideea principală: detectare via clasificare

- Considerăm toate ferestrele dintr-o imagine
  - consideră ferestre poziționate în fiecare pixel, de mărimi diferite (+ orientări diferite)
- Pentru fiecare fereastră decide:
  - “Contine sau nu această fereastră o instanță a clasei de obiecte X?”