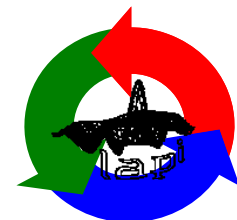


# OPERATII DE PRELUCRARE A IMAGINILOR

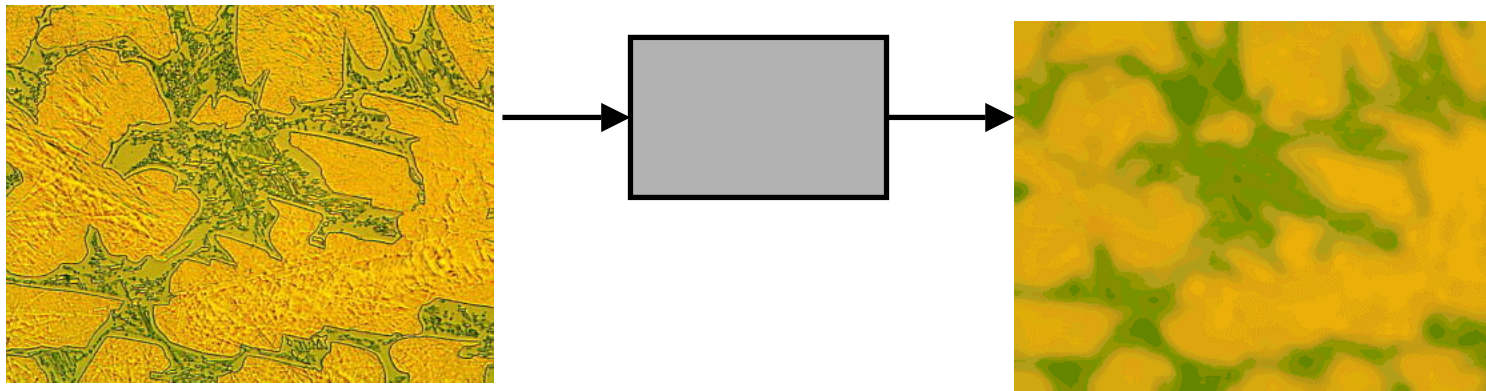


*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



# Prelucrare = Black Box



“Image In, Image Out”

Analiza imaginilor este  
“Image In, Description Out”

# Tipuri de operatii de prelucrare

Clasificare dupa **numarul de pixeli** din imaginea initiala folositi pentru calculul valorii **unui** pixel din imaginea prelucrata.

operatii punctuale

operatii de vecinatate

operatii integrale

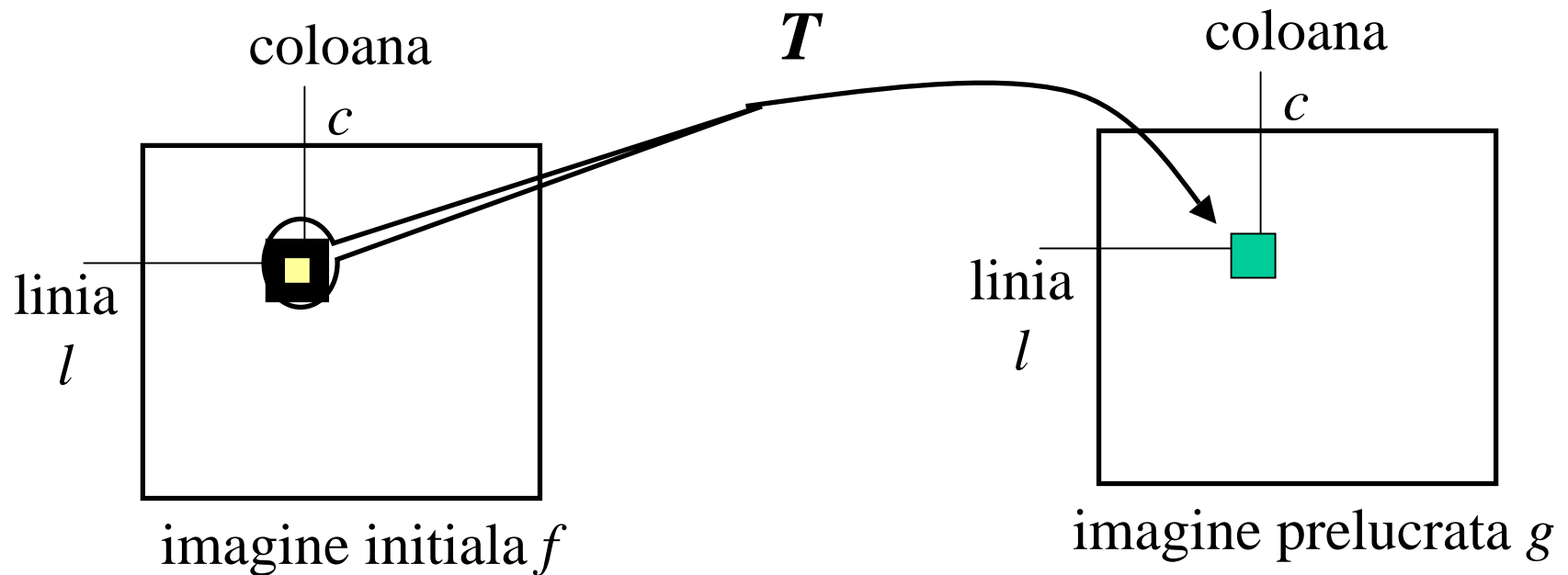


*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



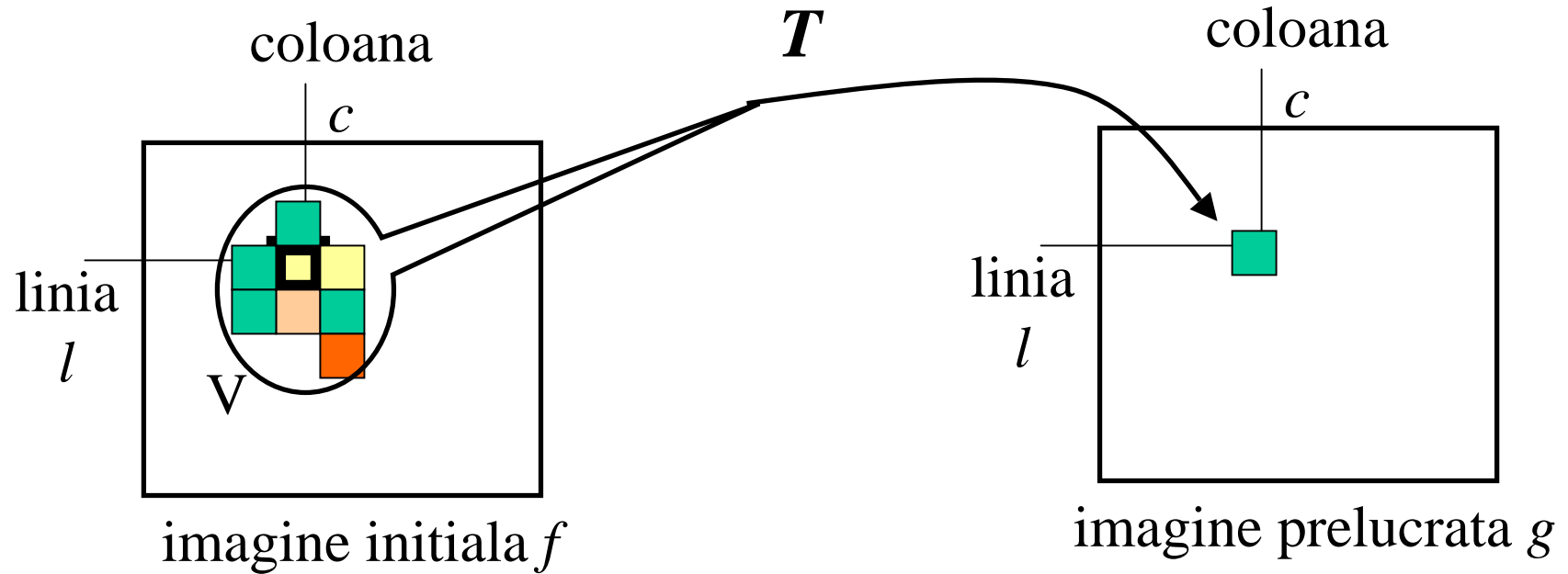
# Operatii punctuale



$$g(l, c) = T(f(l, c))$$

Noua valoare a oricarui pixel din imaginea prelucrata rezulta din transformarea valorii pixelului din imaginea initiala, situat in pozitia curenta de prelucrat.

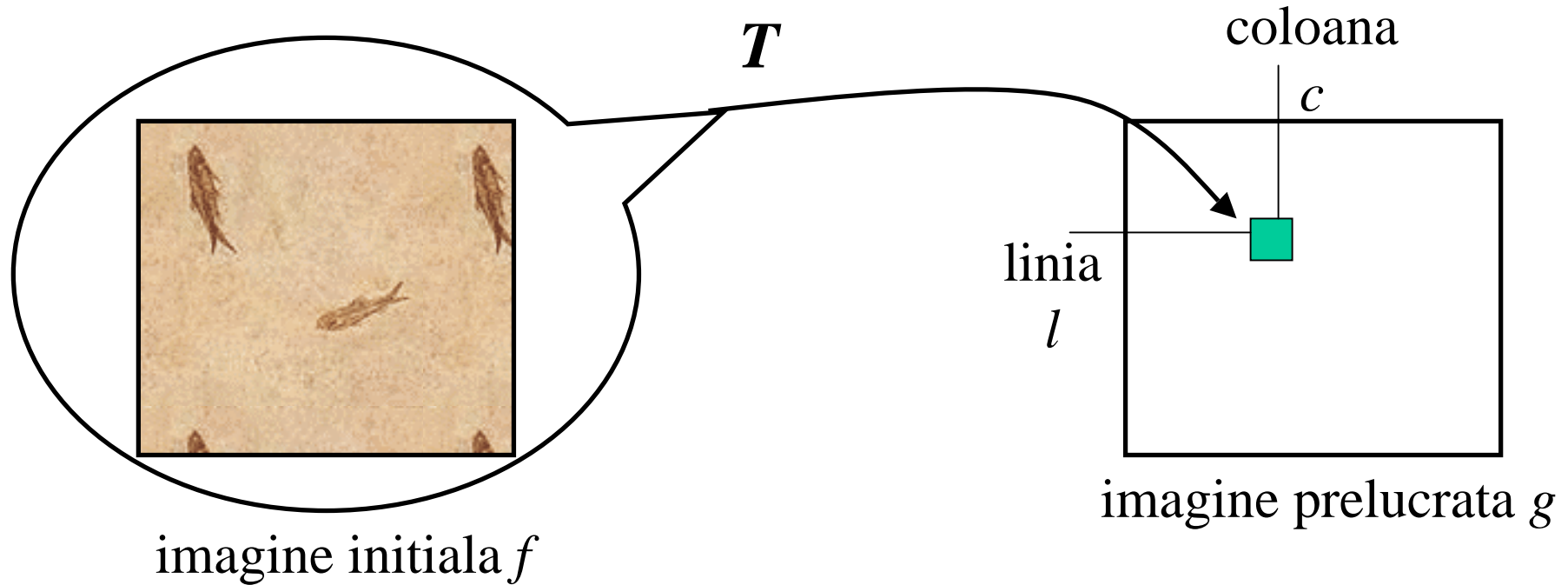
# Operatori de vecinatate



$$g(l, c) = T\left(f\left(V_{(l, c)}\right)\right)$$

Noua valoare a oricarui pixel din imaginea prelucrata rezulta din combinarea unui numar oarecare de valori ale pixelilor din imaginea initiala, situati in vecinatatea pixelului curent prelucrat.

# Operatii integrale



Noua valoare a oricarui pixel din imaginea prelucrata rezulta din combinarea valorilor tuturor ale pixelilor din imaginea initiala.

# IMBUNATATIREA IMAGINIILOR



*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINIILOR - LAPI



Sunt cele mai simple si spectaculoase prelucrari - se pot obtine efecte puternice de modificare a **aparentei** imaginilor prin operatii simple.

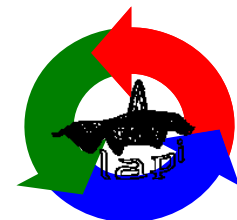
**Scopul imbunatatirii este realizarea unei vizibilitati mai bune a imaginii in ansamblul ei sau a anumitor componente ale acesteia.**

Efectele nu pot fi masurate in mod obiectiv - nu putem introduce formule care sa defineasca “o imagine de calitate”. Calitatea este specifica aplicatiei si utilizatorului.



*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI





**“Imbunatatirea imaginilor este echivalentul  
reglajului de tonalitate a muzicii ascultate.”**

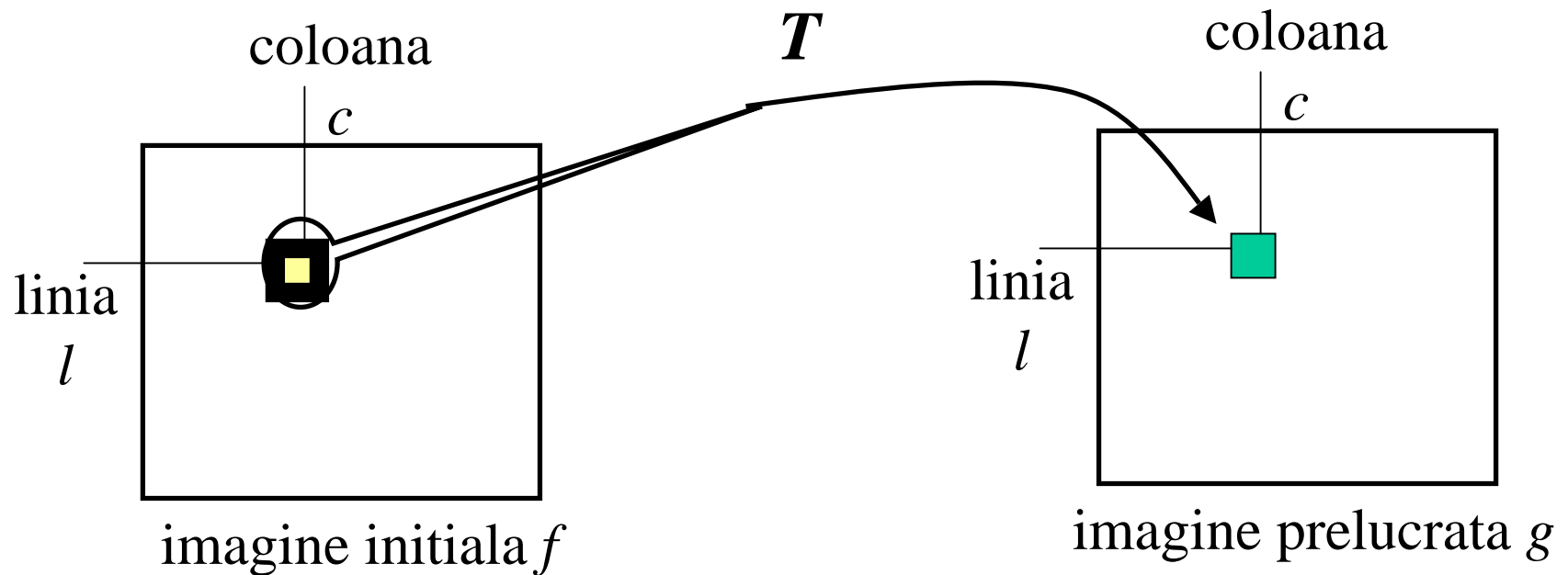
**Zamperoni**

**Imbunatatirea este  
un proces interactiv**



**C. VERTAN**

# Operatii punctuale



$$g(l, c) = T(f(l, c))$$

Noua valoare a oricarui pixel din imaginea prelucrata rezulta din transformarea valorii pixelului din imaginea initiala, situat in pozitia curenta de prelucrat.

**Definirea operatiei de imbunatatire = definire transformare  $T$**

**Conditii de baza:**

Transformarea  $T$  trebuie sa pastreze gama de nivele de gri din imagine.

$$T : [0, L-1] \rightarrow [0, L-1]$$

Transformarea  $T$  trebuie sa nu modifice ordinea relativa a nivelelor de gri.

**$T$  functie monotona**



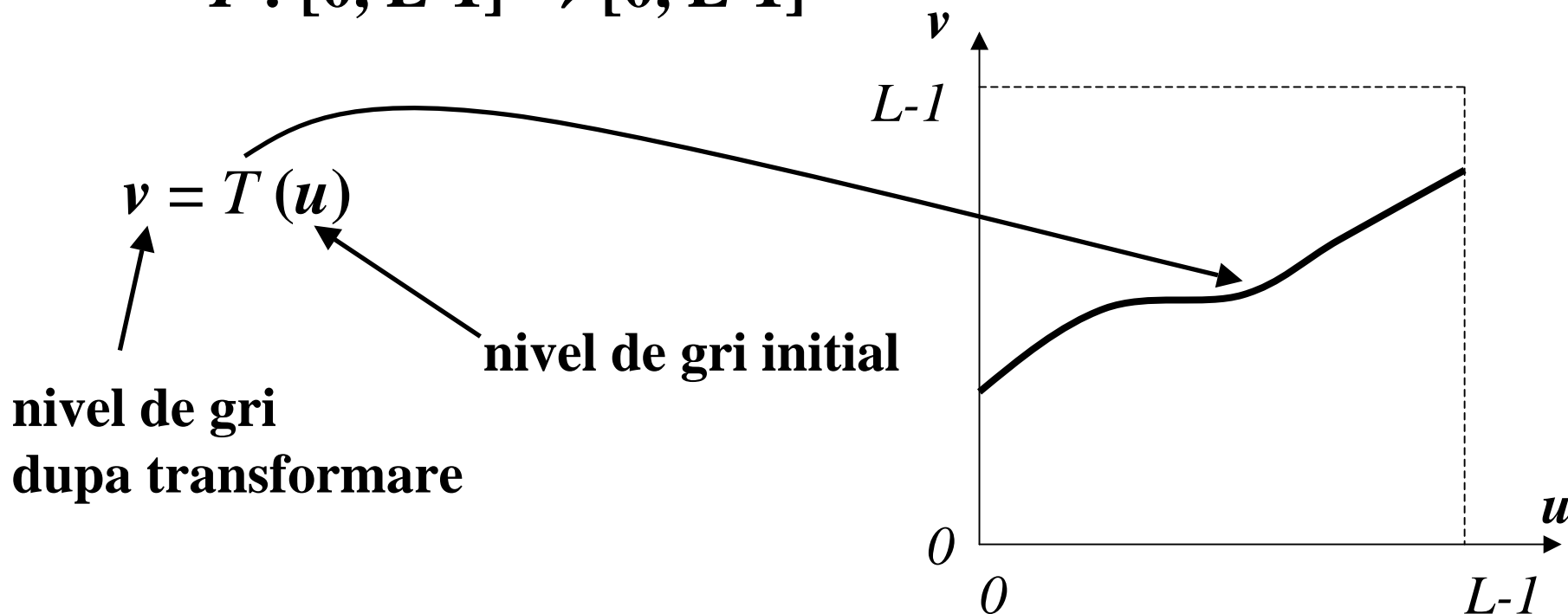
*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



# Definirea operatiei de imbunatatire = definire transformare $T$

$$T : [0, L-1] \rightarrow [0, L-1]$$



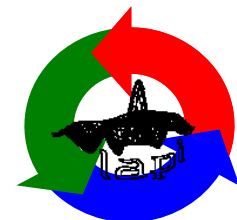
definire analitica

definire prin grafic



C. VERTAN

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI

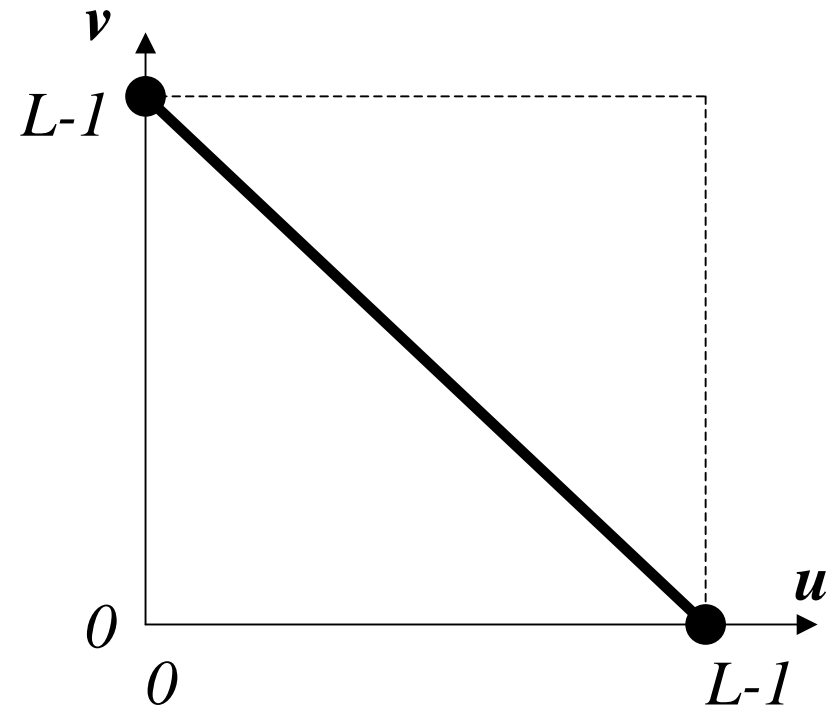


# 1. Negativarea imaginii

$$v = T(u) = L-1 - u$$

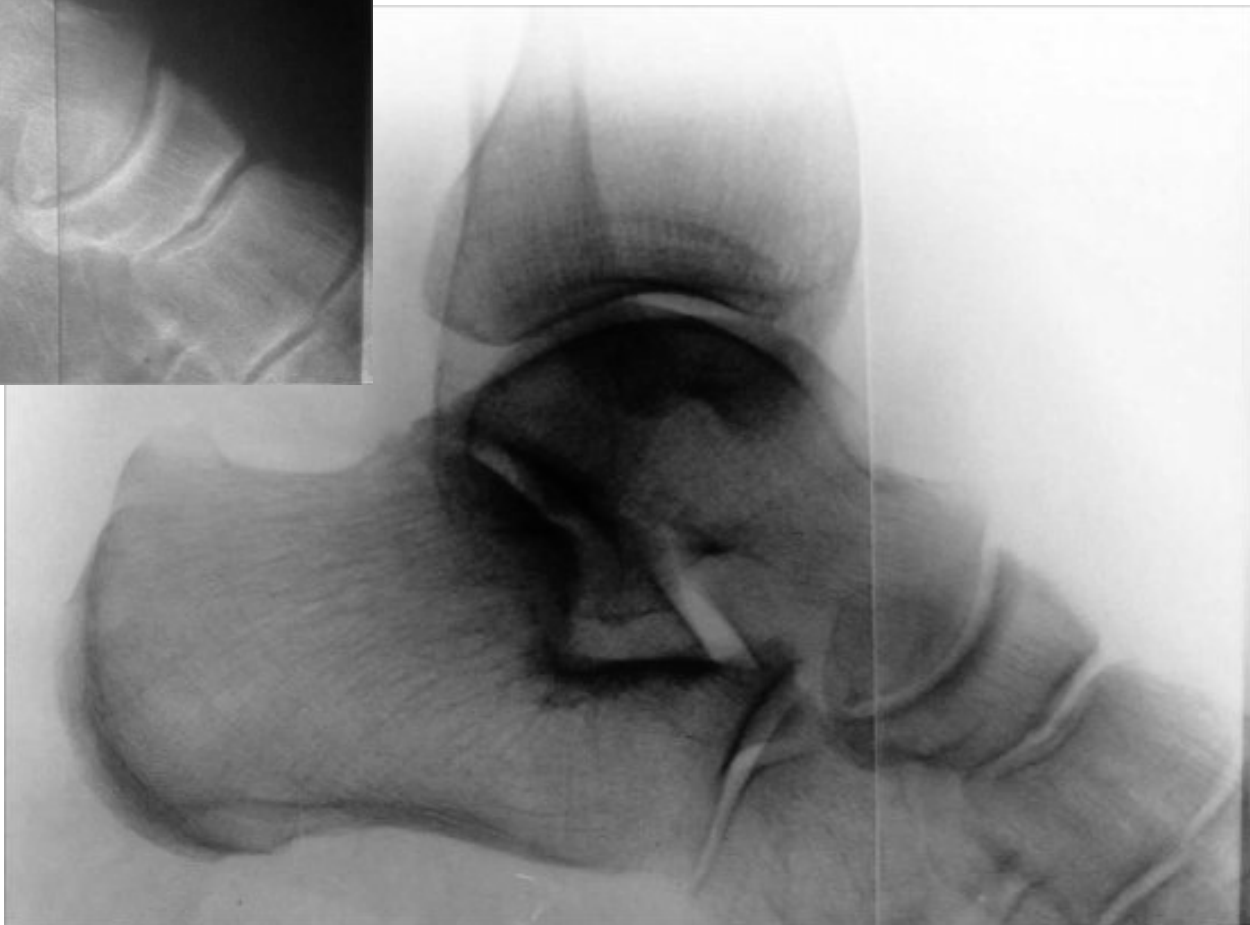
$$T(x) = L-1 - x$$

de obicei  $L=256$



C. VERTAN

# 1. Negativarea imaginii



## 2. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni

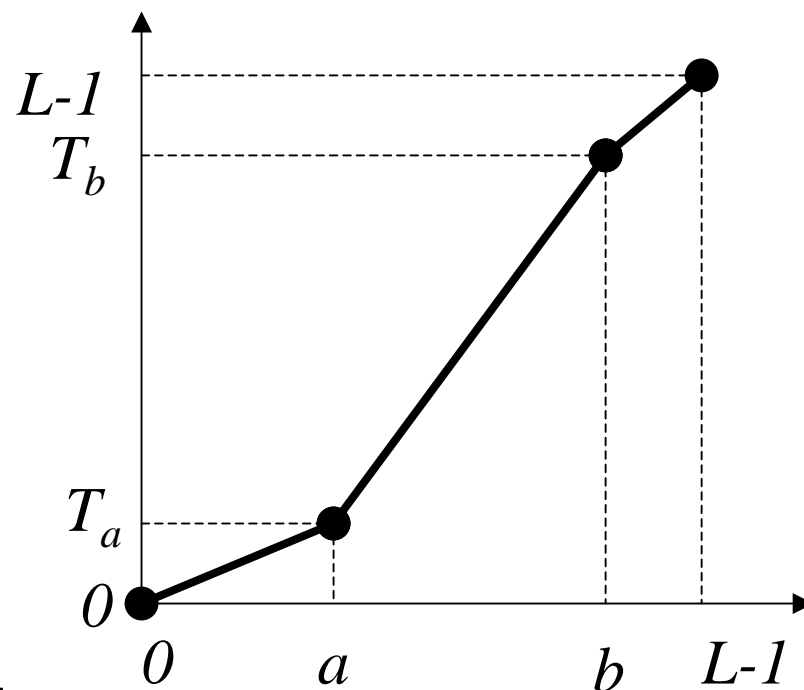
**2 puncte de control:**

$(a, T_a)$  si  $(b, T_b)$

**2 puncte fixe:**

$(0,0)$  si  $(L-1, L-1)$

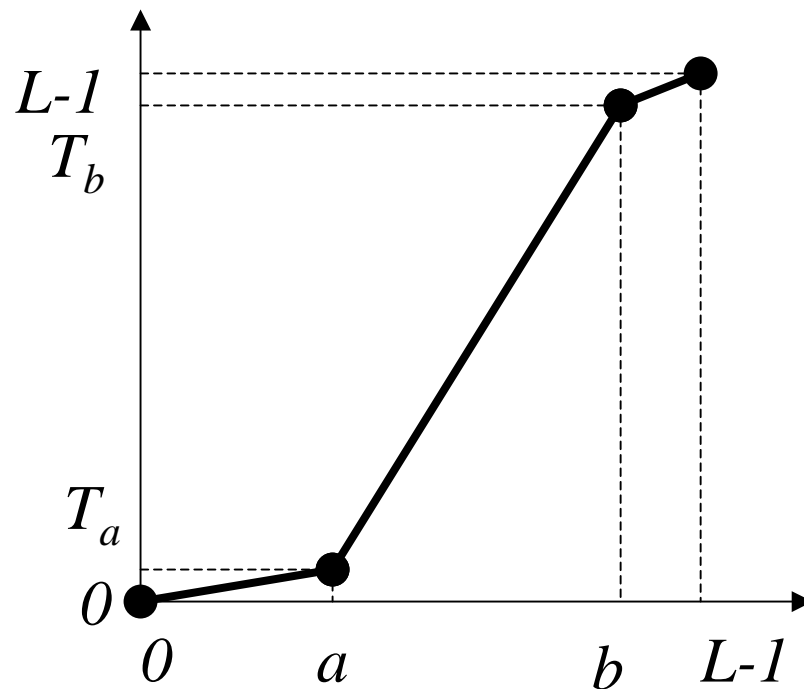
$$T(x) = \begin{cases} \frac{T_a}{a} x, x \in [0, a] \\ T_a + \frac{T_b - T_a}{b - a} (x - a), x \in [a, b] \\ T_b + \frac{L-1 - T_b}{L-1 - b} (x - b), x \in [b, L-1] \end{cases}$$



## 2. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni

Cresterea vizibilitatii gamei centrale de nivele de gri  
scaderea vizibilitatii pe intervalele extreme de gri

$$a = 140, T_a = 70$$
$$b = 200, T_b = 230$$



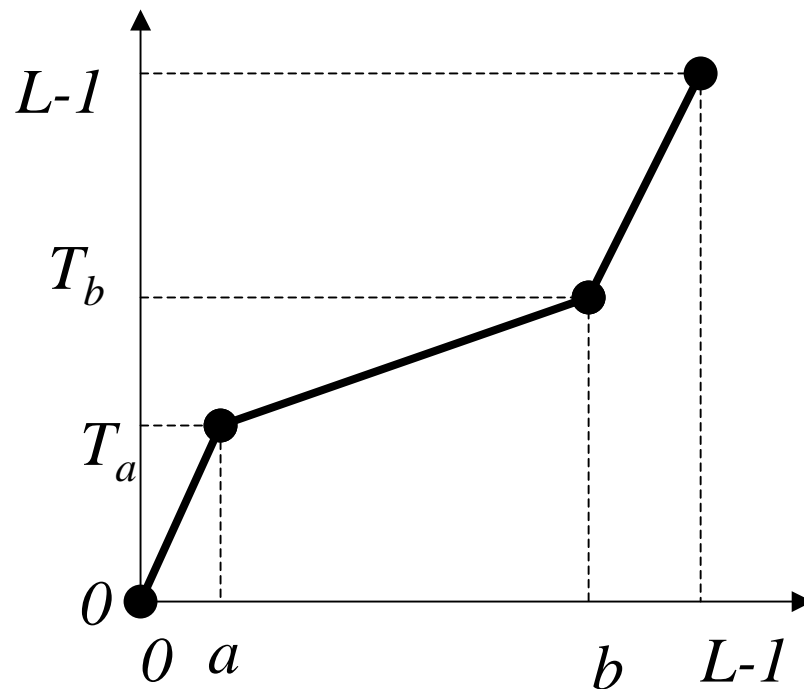
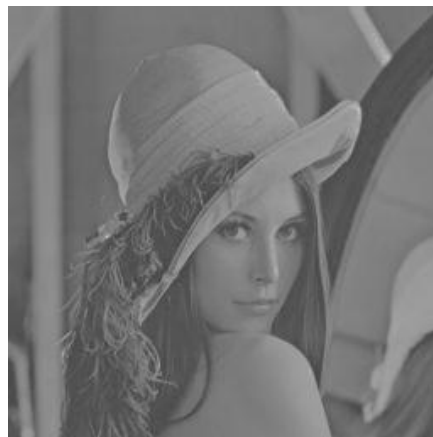


## 2. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni

Scaderea vizibilitatii gamei centrale de nivele de gri  
cresterea vizibilitatii pe intervalele extreme de gri

$$a = 20, T_a = 70$$

$$b = 220, T_b = 160$$



# Modificarea contrastului

Studiul diferenței dintre valorile unei perechi de nivele de gri, **înainte** și **dupa** transformare.

Modificarea contrastului este data de: 
$$\Delta C = \frac{\Delta v}{\Delta u} = \frac{T(u_2) - T(u_1)}{u_2 - u_1}$$

La limita, în jurul unui nivel de gri oarecare  $u$ , avem

$$\Delta C = \frac{dT(u)}{du} = T'(u)$$

$\Delta C > 1$      contrastul se mărește

$\Delta C < 1$      contrastul se micșorează

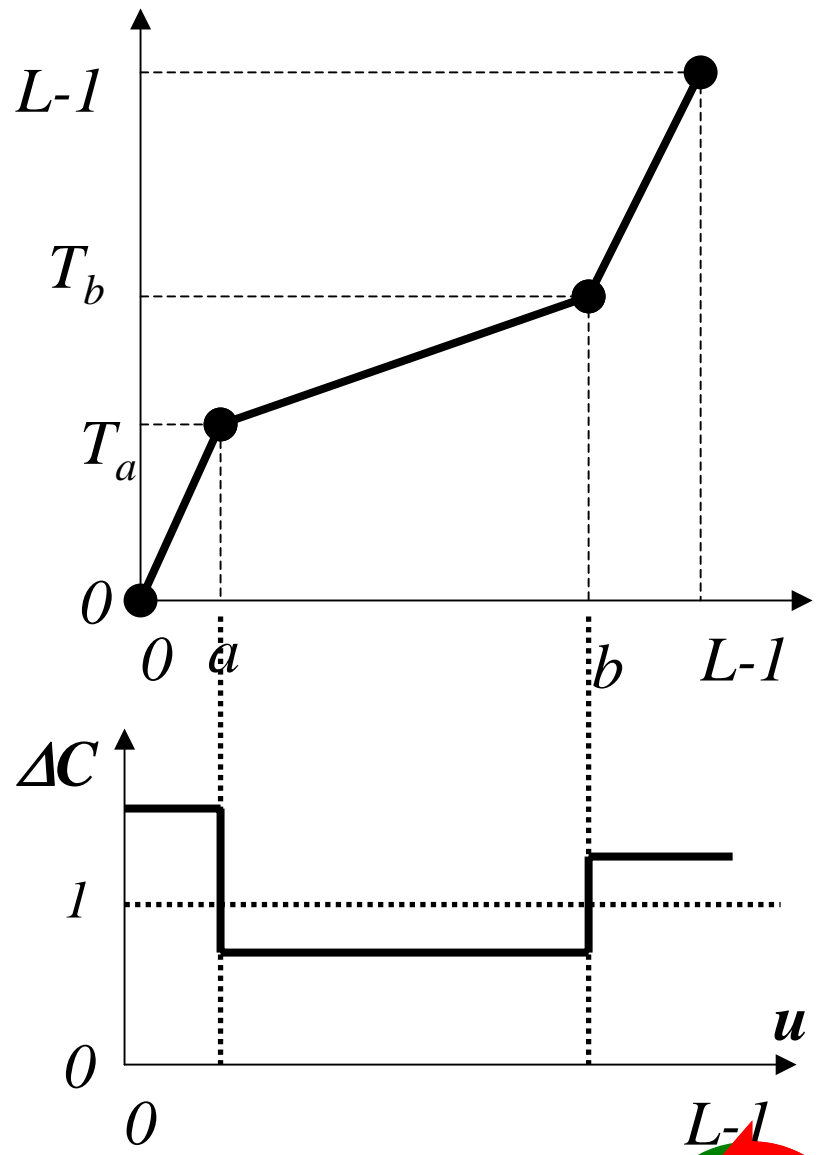
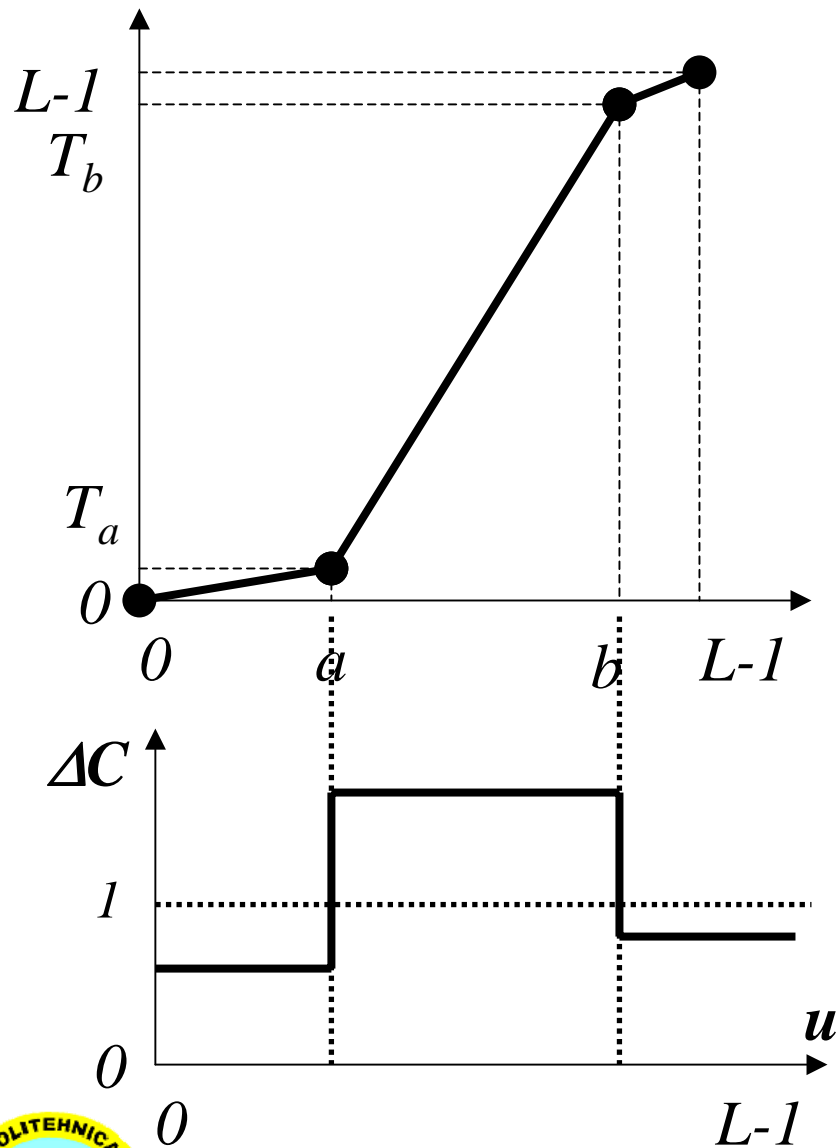


C. VERTAN

LABORATORUL DE ANALIZĂ ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



# Modificarea contrastului



C. VERTAN

## 2. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni

### Cazuri particulare

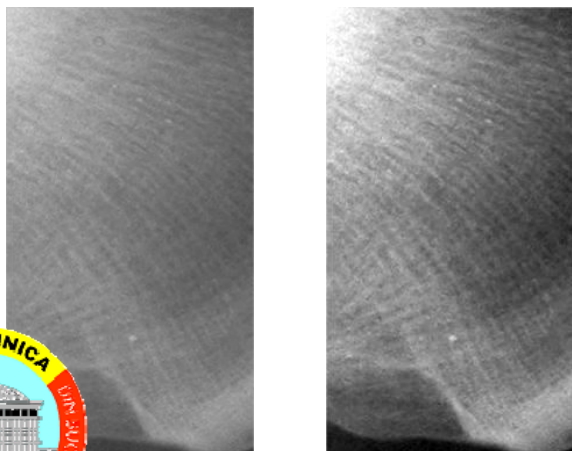
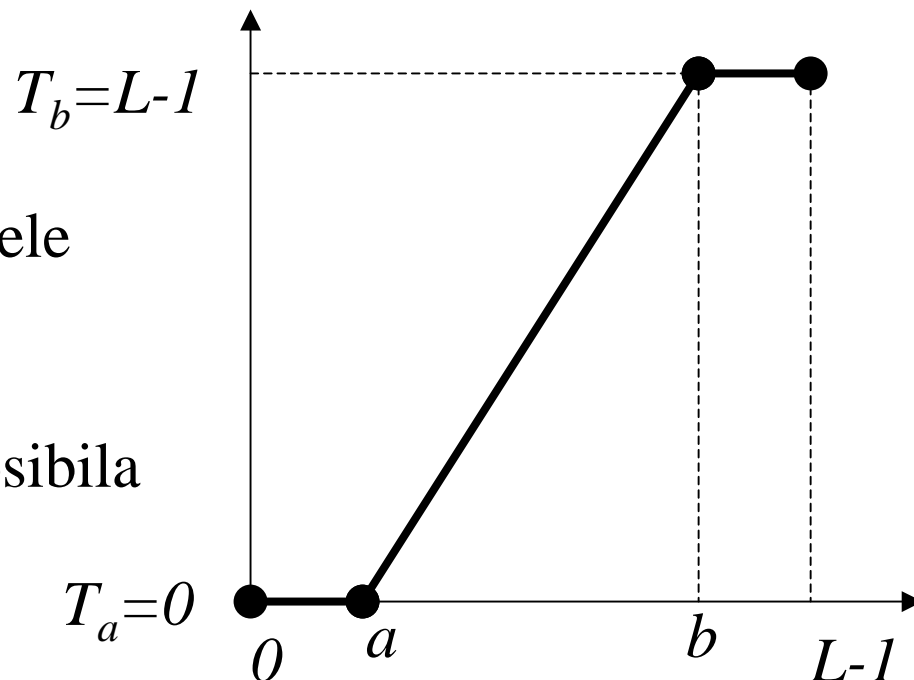
#### A. Intinderea maxima a contrastului

$$T_a = 0$$

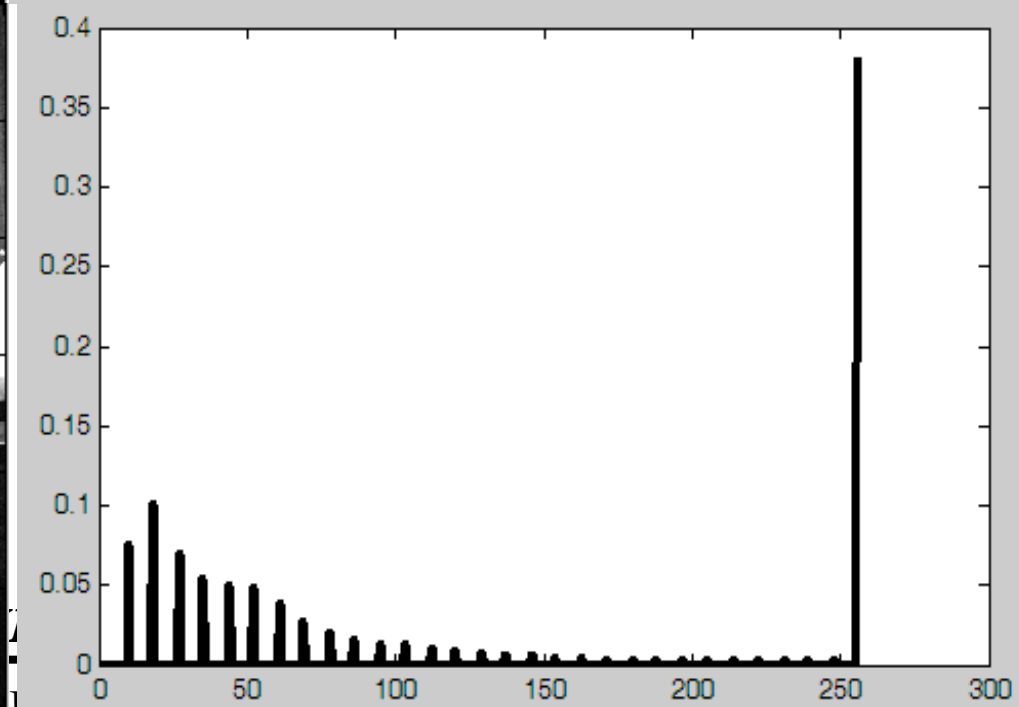
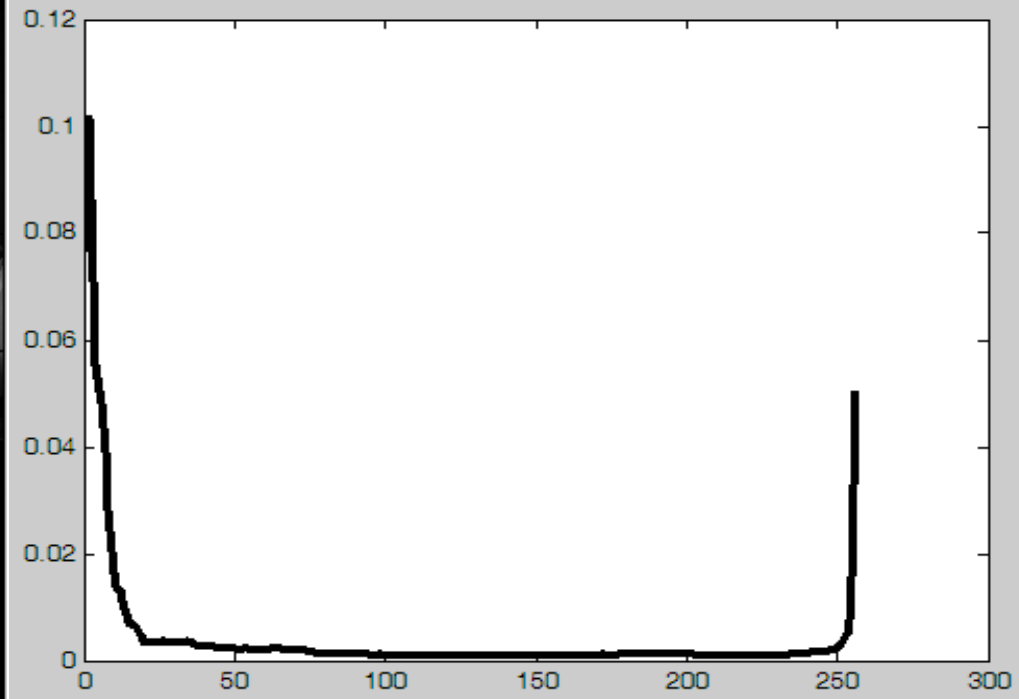
$$T_b = L - 1$$

se foloseste intreaga gama de nivele  
de gri disponibile

se obtine constrastarea maxim posibila



C. VERTAN



## 2. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni

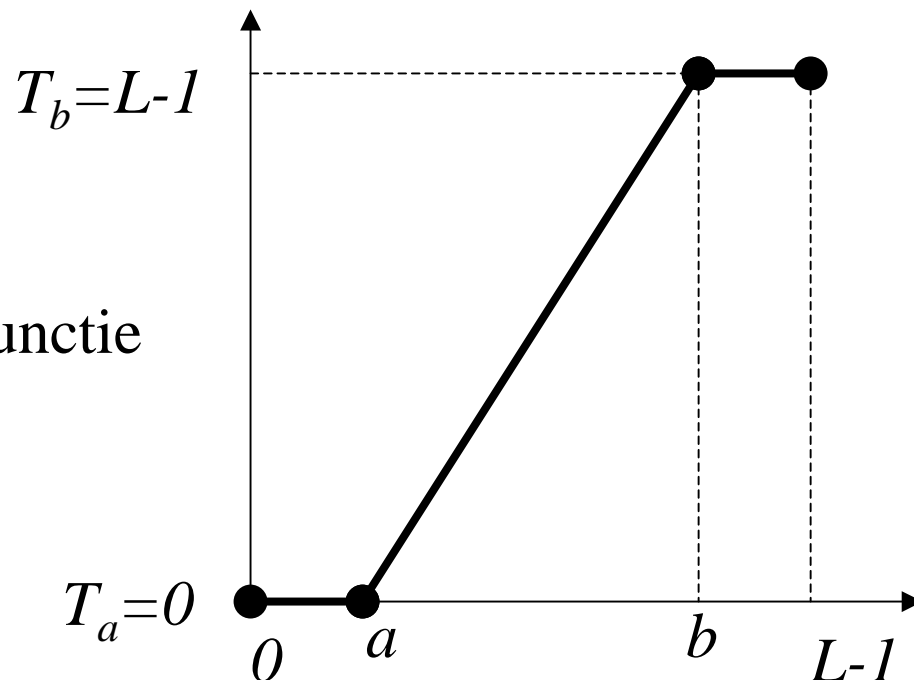
### Cazuri particulare

#### Aa. Intinderea maxima a contrastului - adaptiva

$$T_a = 0$$

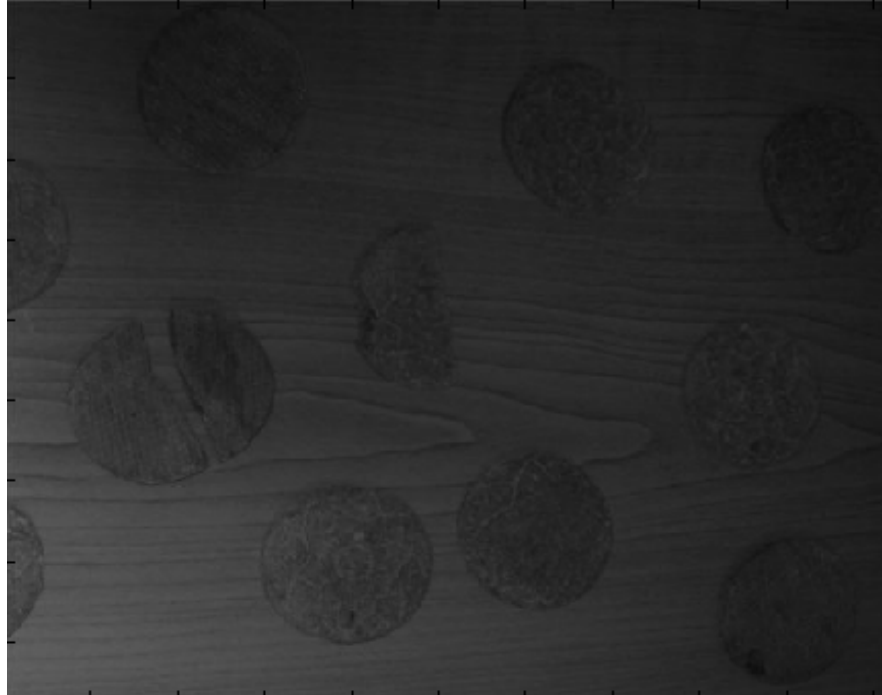
$$T_b = L - 1$$

$a$  si  $b$  se determina automat, in functie de continutul imaginii



De obicei, pragurile se aleg a.i. 2%-5% din pixelii imaginii sa fie mai intunecati ca  $a$  si 2%-5% din pixelii imaginii sa fie mai luminosi ca  $b$ .





## 2. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni

### Cazuri particulare

#### B. Binarizarea

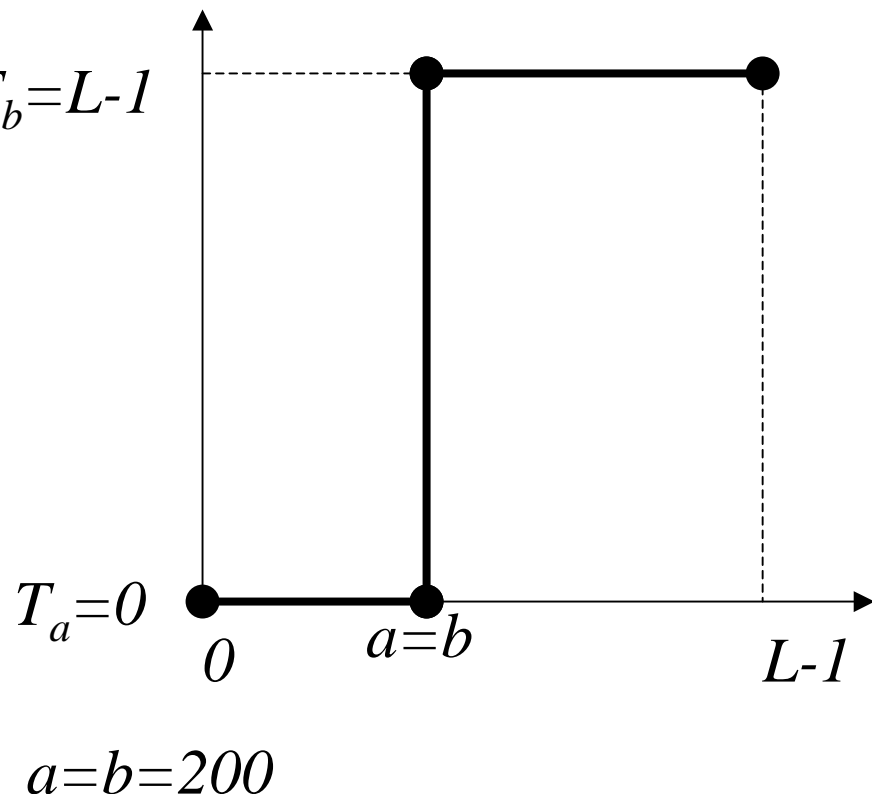
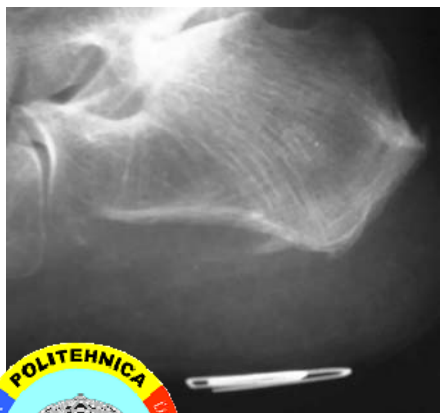
$$T_a = 0$$

$$T_b = L-1$$

$$a = b$$

$$T_b = L-1$$

este mai generala decat extragerea  
bitului cel mai semnificativ



C. VERTAN



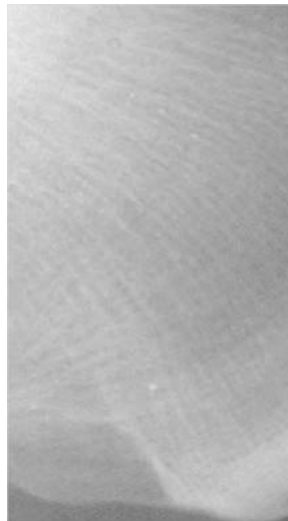
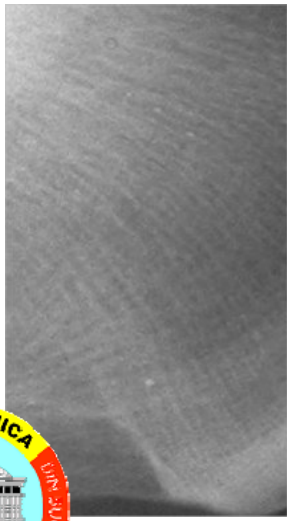
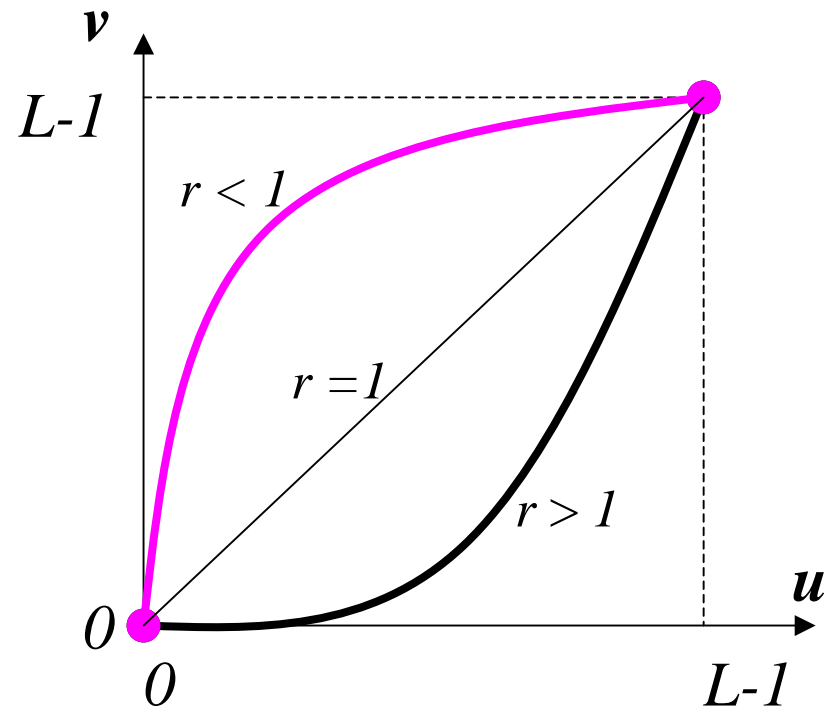
### 3. Modificarea neliniara a contrastului

#### A. Functia putere

$$v = T(u) = (L-1) \left( \frac{u}{L-1} \right)^r$$

$r > 0$  parametru de reglaj

aceasta este corectia de gamma



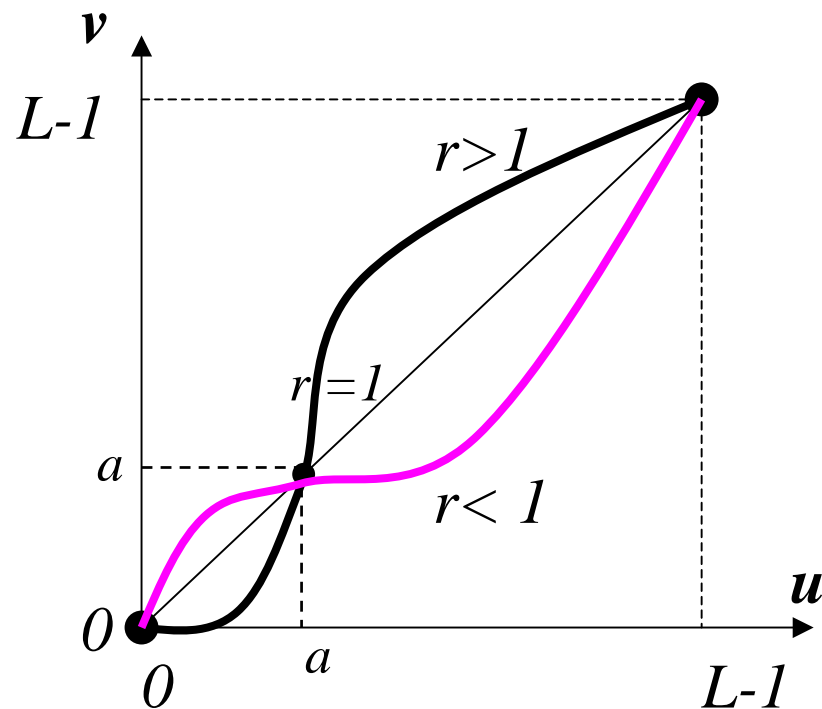
$r=0.5$

C. VERTAN

### 3. Modificarea neliniara a contrastului

#### B. Functia putere cu punct fix

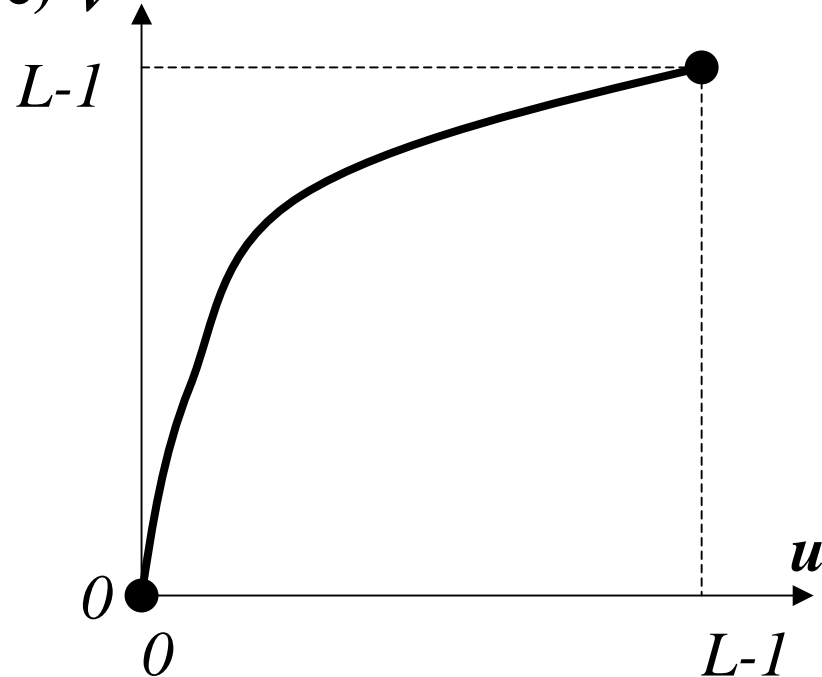
$$v = T(u) = \begin{cases} a \left( \frac{u}{a} \right)^r, & u \in [0, a] \\ L-1 - (L-1-a) \left( \frac{L-1-u}{L-1-a} \right)^r, & u \in [a, L-1] \end{cases}$$



### 3. Modificarea neliniara a contrastului

#### C. Functia logaritmica (comandare) $v$

$$v = T(u) = \frac{L-1}{\log L} \log(u+1)$$

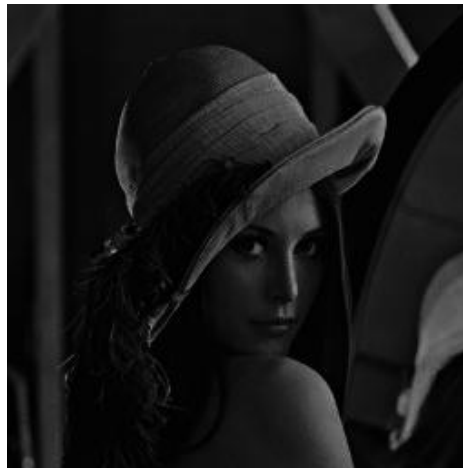
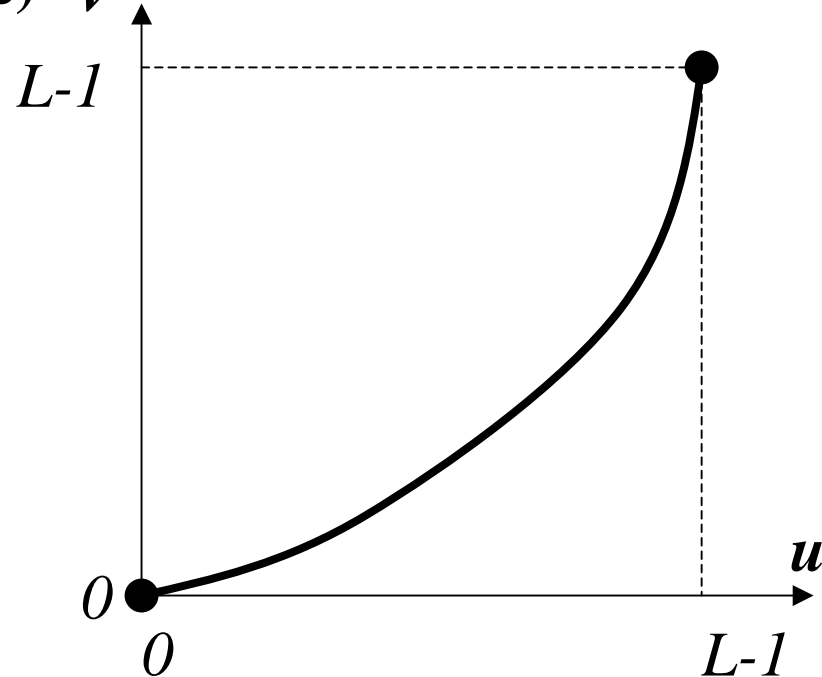


### 3. Modificarea neliniara a contrastului

#### D. Functia exponentiala (expandare) $v$

$$v = T(u) = (L-1) \frac{e^u - 1}{e^{L-1} - 1}$$

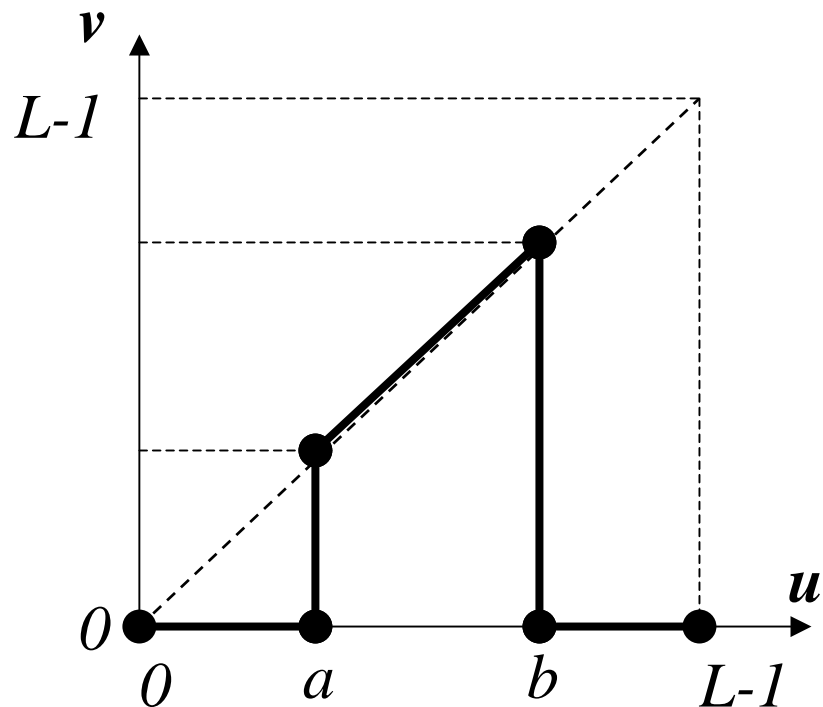
este inversa transformarii logaritmice



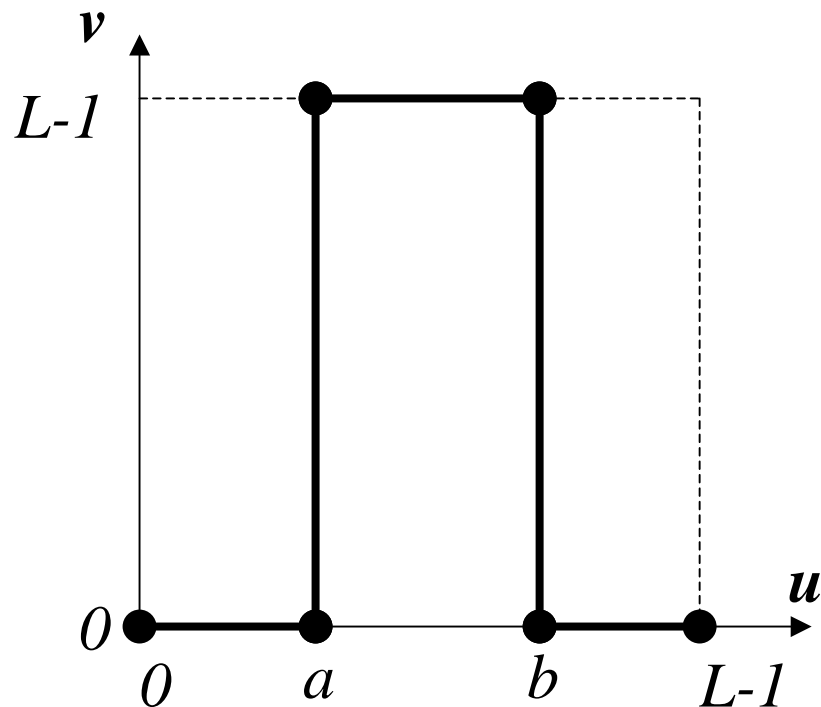
C. VERTAN

## 4. Alte transformari

### A. Lipire (clipping)



### B. Decupare (slicing)



## 5. Extragerea planelor de bit

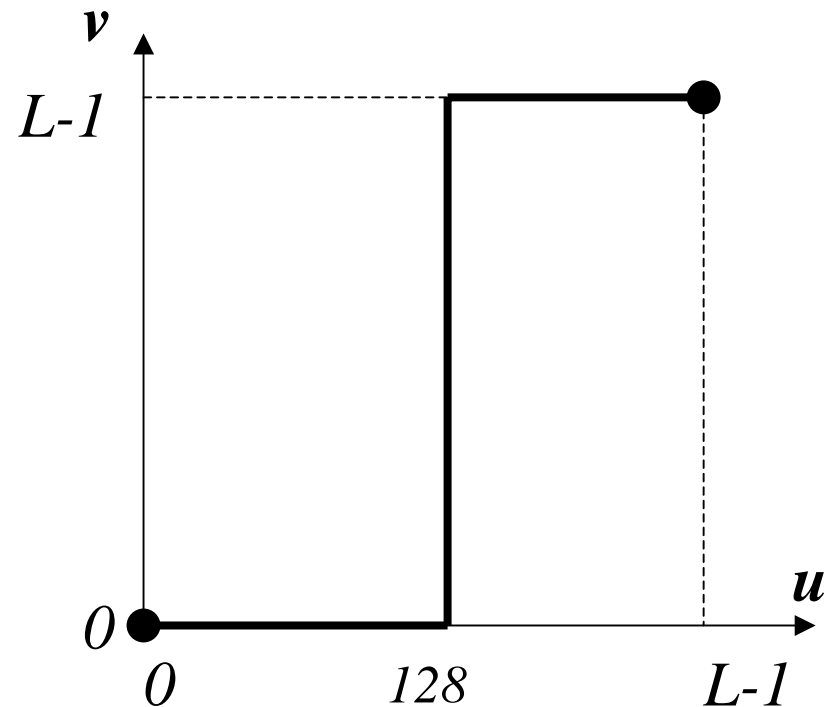
$$v = T(u) = (L-1)\text{bit}_k(u)$$

$$T(x) = (L-1)\text{bit}_k(x)$$

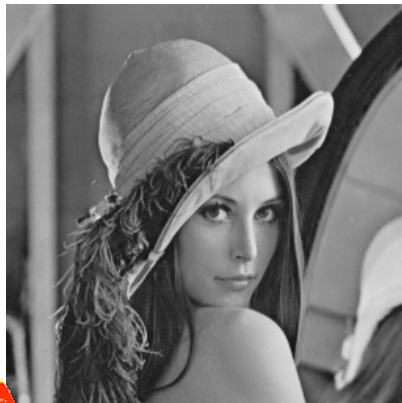
$$u = b_B b_{B-1} \dots b_2 b_1$$

$$u = \sum_{k=1}^B 2^{k-1} b_k$$

de obicei  $L=256$  si deci  $B=8$



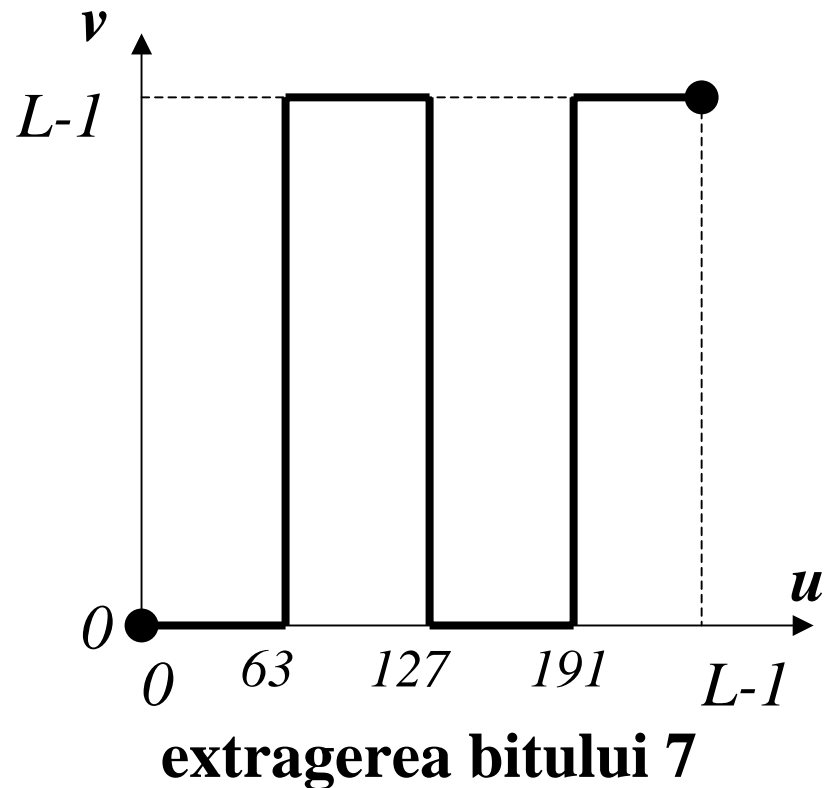
extragerea bitului 8



C. VERTAN

## 5. Extragerea planelor de bit

$L=256$



C. VERTAN

Exista o multitudine de astfel de transformari care pot modifica aspectul imaginii (si implicit contrastul acesteia).

Stabilirea parametrilor de definitie este insa o problema.

O tehnica automata de imbunatatire trebuie sa detecteze care este “defectul” imaginii (in ce fel imaginea nu are vizibilitate buna) si sa gaseasca transformarea optima de modificare a valorilor nivelelor de gri.

Definirea prelucrării automate implica :

- caracterizarea continutului imaginii
- determinarea transformării nivelelor de gri



*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI





# Egalizarea de histograma



*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



# Histograma

Histograma = functie ce asociaza fiecarui nivel de gri posibil probabilitatea [sa] de aparitie in imagine.

$h(u)$  = numar pixeli de nivel de gri “ $u$ ” / numar total pixeli

$$h(u) = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} \delta(f(m,n) - u), \quad u = 0, 1, \dots, L-1$$

Histograma este o functie de densitate de probabilitate.

$$\sum_{u=0}^{L-1} h(u) = 1$$

Histograma descrie continutul “de culoare/ de gri” al imaginii.

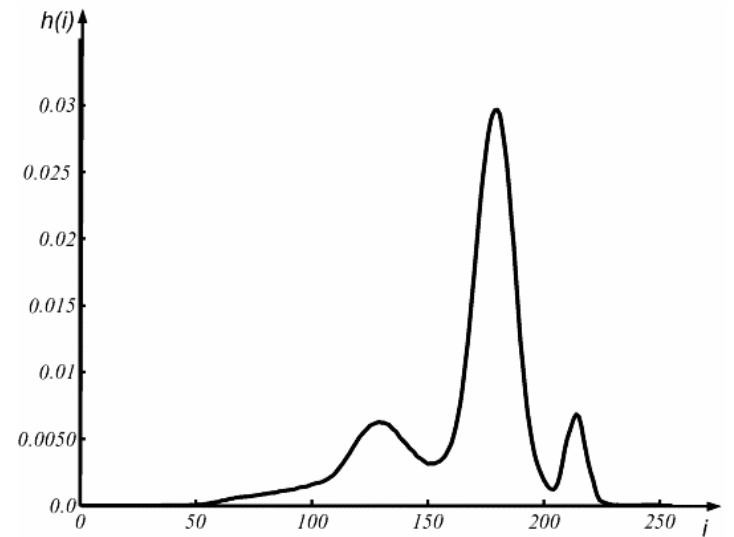
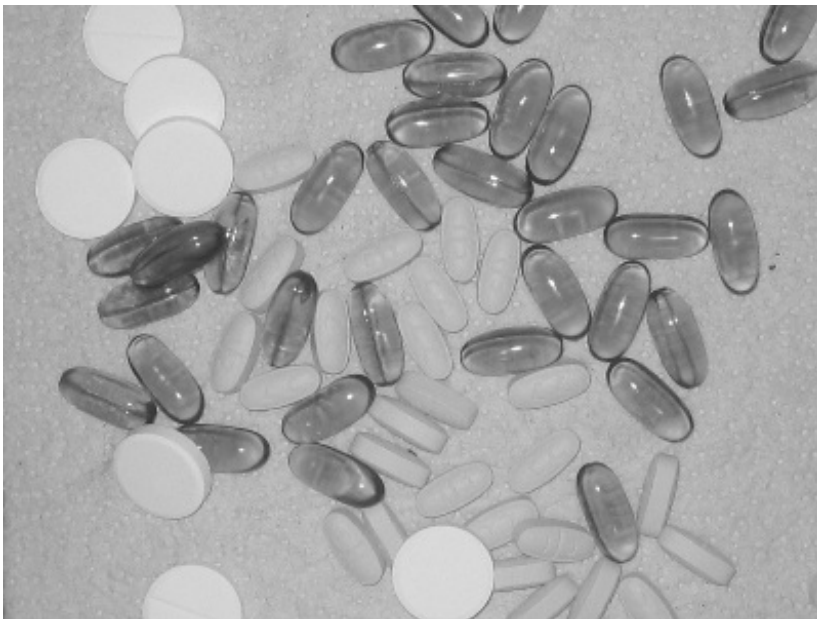
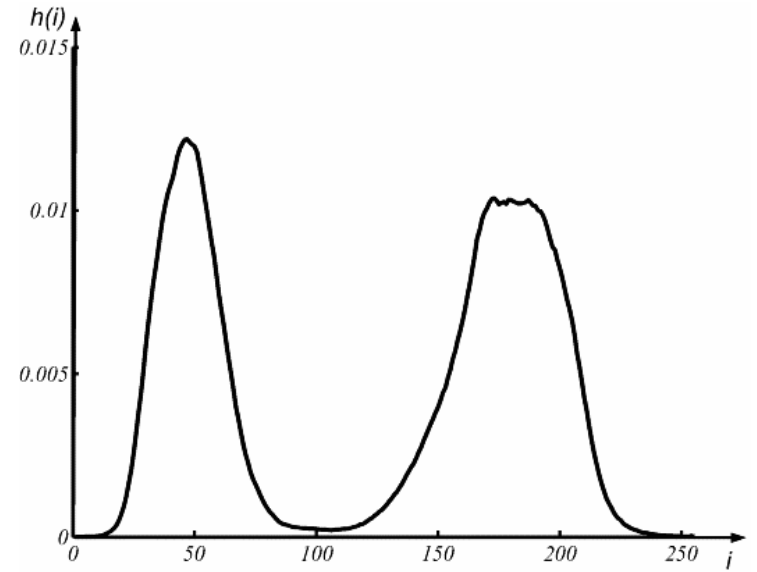
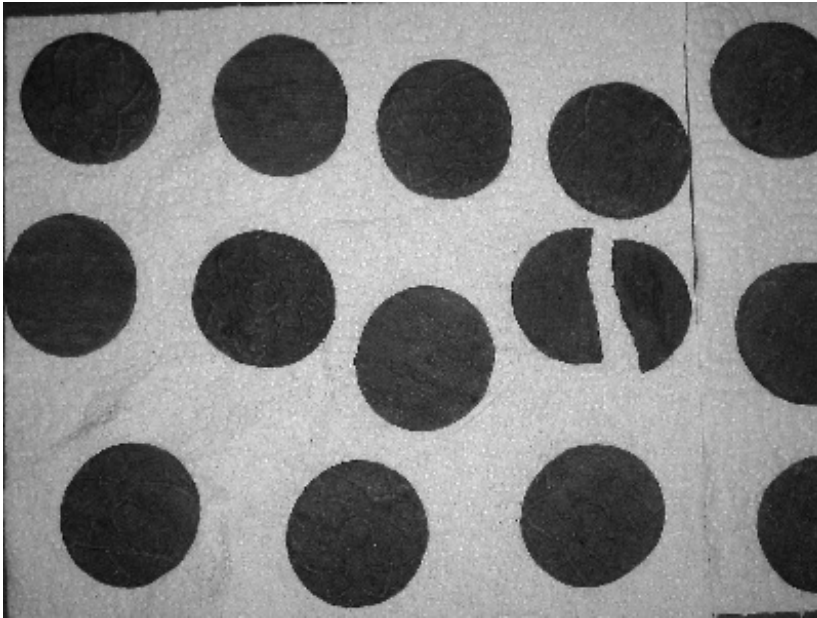


C. VERTAN

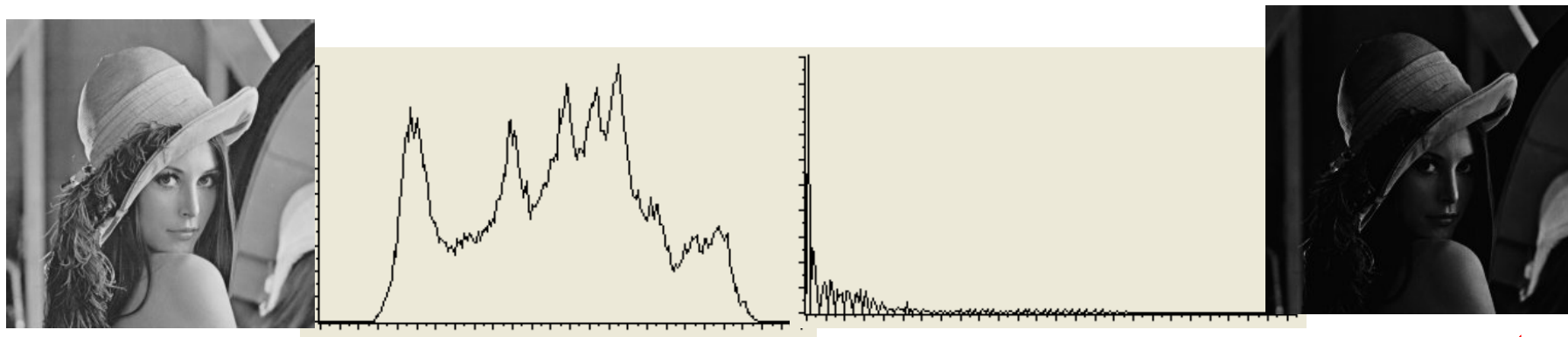
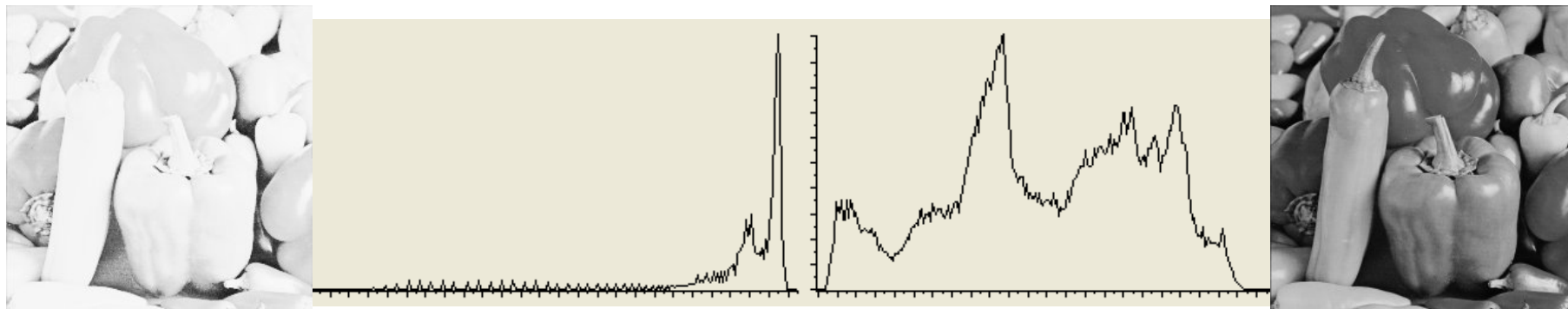
LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



# Histograma



# Histograma

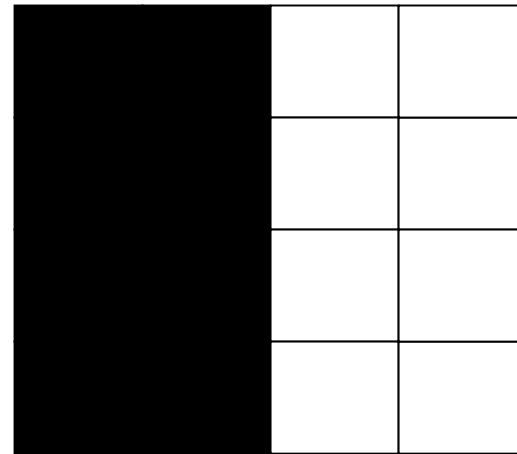
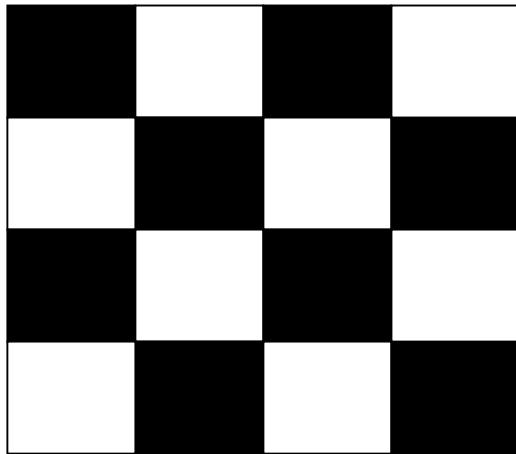


# Histograma

Se poate face distincția între imagini întunecate / luminoase.

Se pot face presupuneri asupra numărului de tipuri de componente din imagine.

Histograma nu reflectă distribuția spațială a valorilor.



# Histograma cumulativa

Histograma este o functie de densitate de probabilitate.

Histograma cumulativa este functia de repartitie asociata.

$$H(u) = \sum_{i=0}^u h(i) \quad H(0) = h(0) \quad H(L-1) = 1$$

Pentru o valoare data, histograma cumulativa masoara probabilitatea ca in imagine sa existe nivele de gri de valoare inferioara.

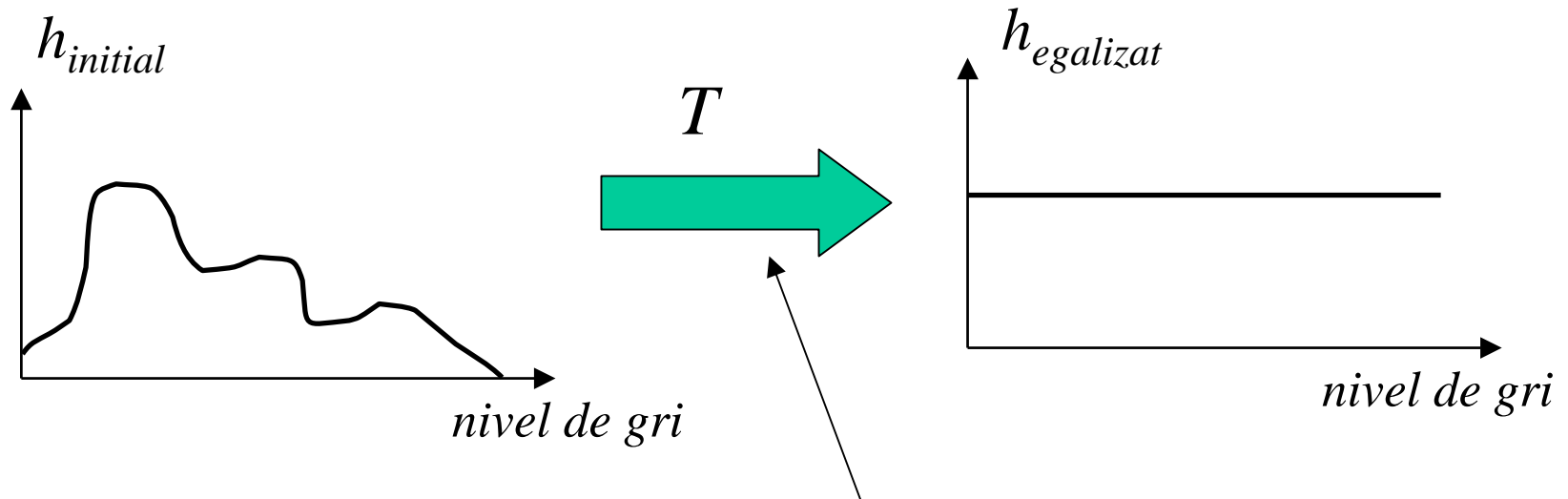
$$H(u) = H(u-1) + h(u)$$

# Egalizarea histogramei

Imaginea ideala:

este folosit tot intervalul de nivele de gri  
toate nivelele de gri sunt egal probabile

Imaginea dorita va avea deci o histograma uniforma.



Care este transformarea ?

C. VERTAN

# Egalizarea histogramei

Reamintire 1 : functii de o variabila aleatoare

$$\eta = f(\xi)$$

$f$  este bijectiva

Relatie intre functiile de densitate de probabilitate :

$$w_{\eta}(y) = w_{\xi}(x) \frac{1}{|f'(x)|} \Big|_{y=f^{-1}(x)}$$

La TTI : se stie densitatea de probabilitate initiala si transformarea

La PI : se stiu densitatile de probabilitate.

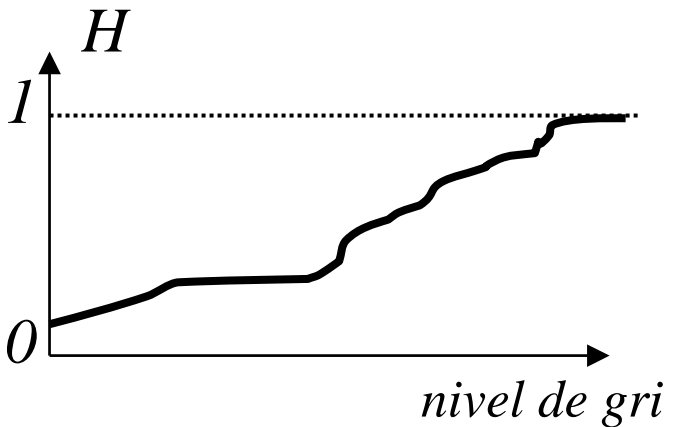


# Egalizarea histogramei

Reamintire 2 : functia de repartitie transforma  
orice variabila aleatoare intr-o variabila aleatoare uniforma

$$F_{\xi}(x) = \int_{-\infty}^x w_{\xi}(t) dt = \text{Prob}\{\xi^{(i)} \leq x\}$$

Daca histograma este functie de densitate de probabilitate, functia  
de repartitie asociata va fi histograma cumulativa.

$$H(u) = \sum_{i=0}^u h(i), \quad u = 0, 1, \dots, L-1$$


# Egalizarea histogramei

Functia de modificare a nivelului de gri este histograma cumulativa (functia de repartitie a nivelelor de gri).

$$v = T(u) = [(L - 1)H(u) + 0,5]$$

$$v = T(u) = \left[ (L - 1) \frac{H(u) - H(0)}{1 - H(0)} + 0,5 \right]$$

... sau alte variante asemanatoare

# Egalizarea histogramei

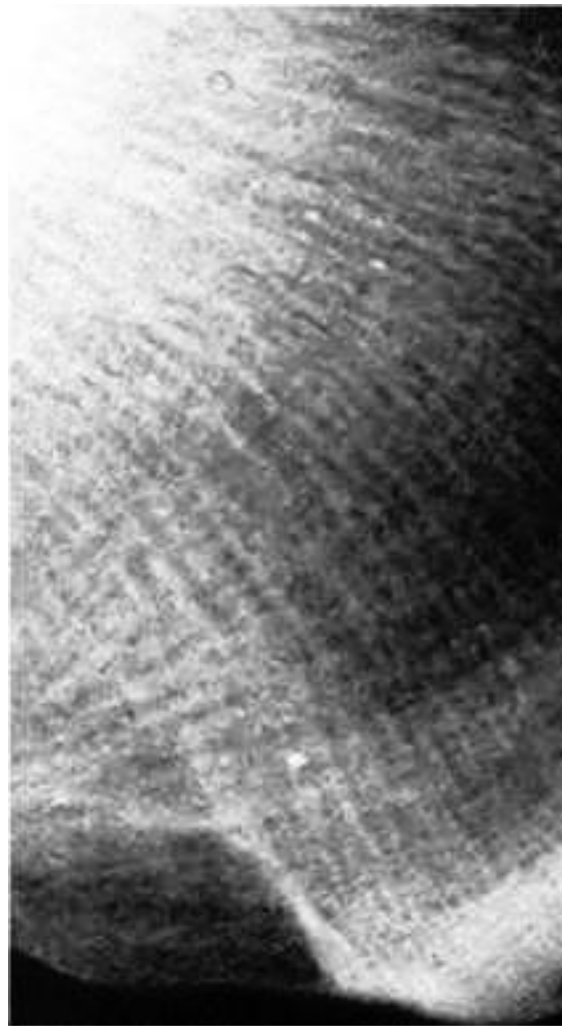
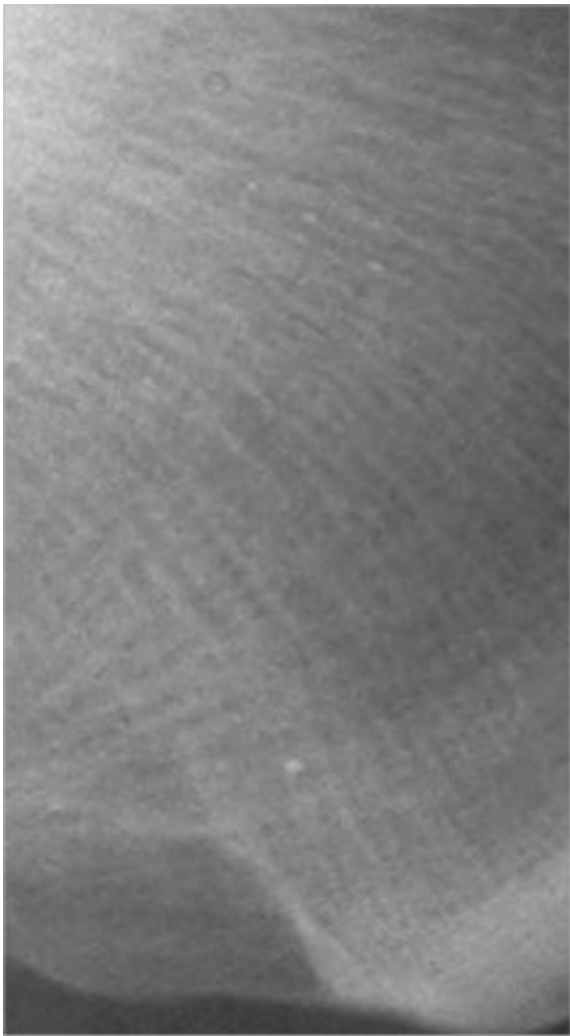


*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



# Egalizarea histogramei

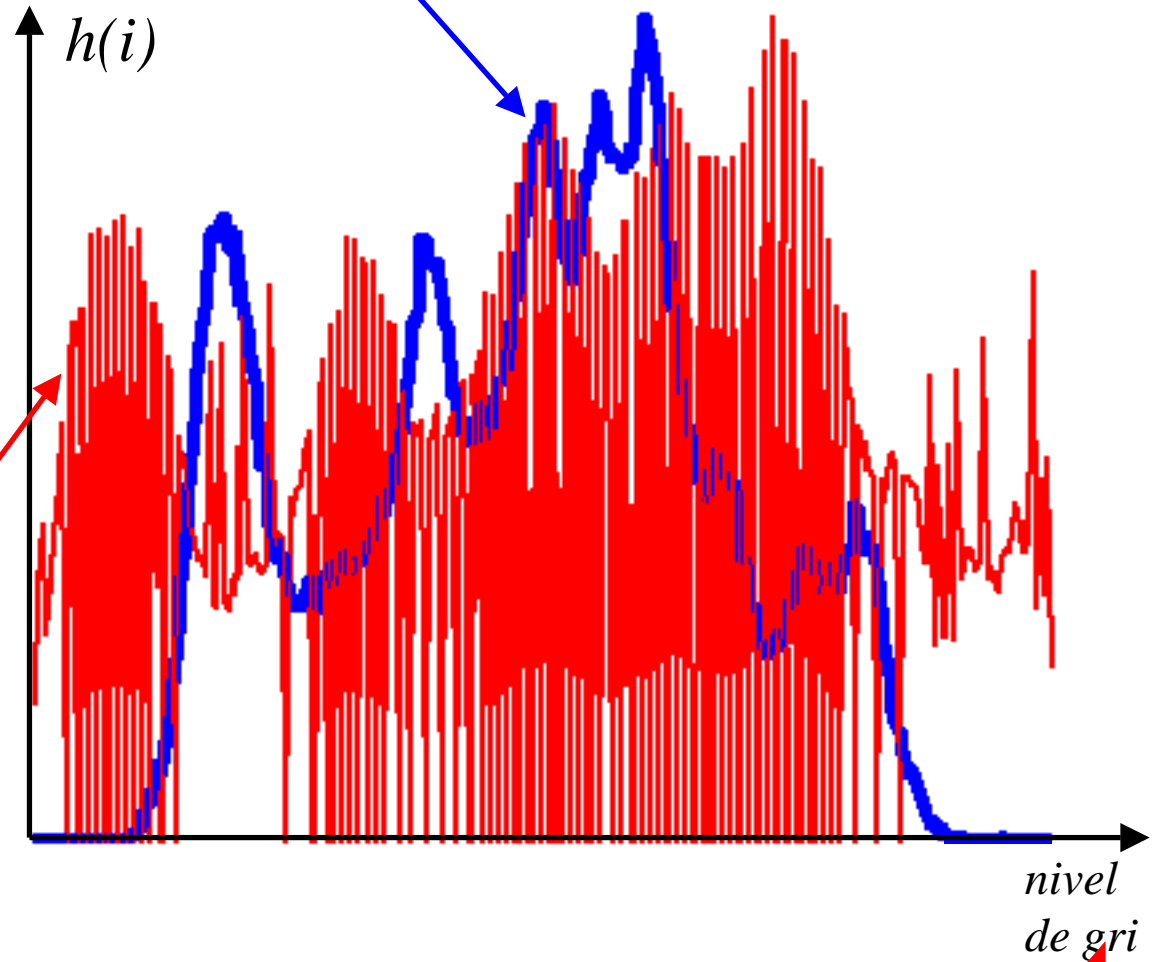


# Egalizarea histogramei



# Egalizarea histogramei

imagine initiala



imagine egalizata

C. VERTAN

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



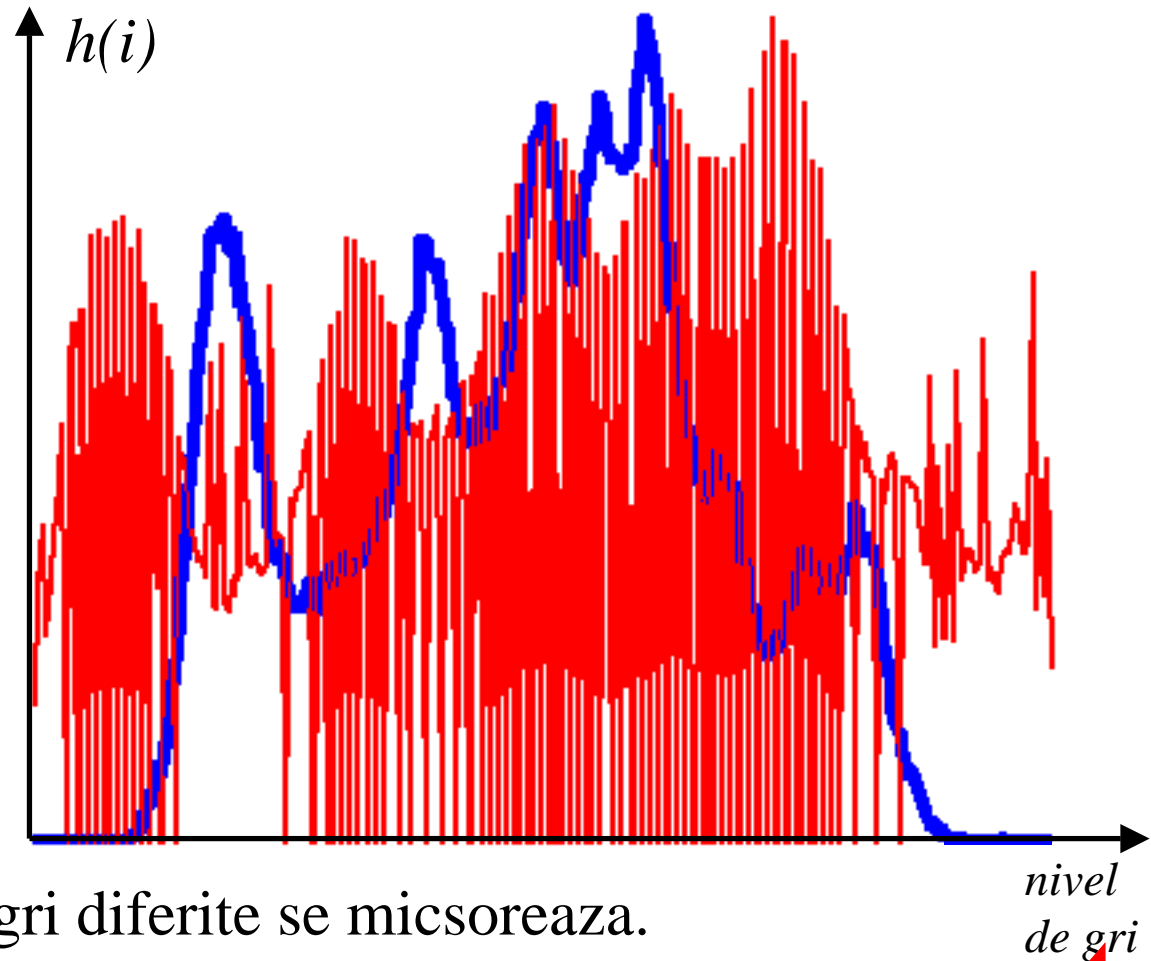


# Egalizarea histogramei

Aspect “in pieptene” al histogramei egalizate.

initial :  
216 nivele gri diferite

dupa egalizare:  
176 nivele gri diferite

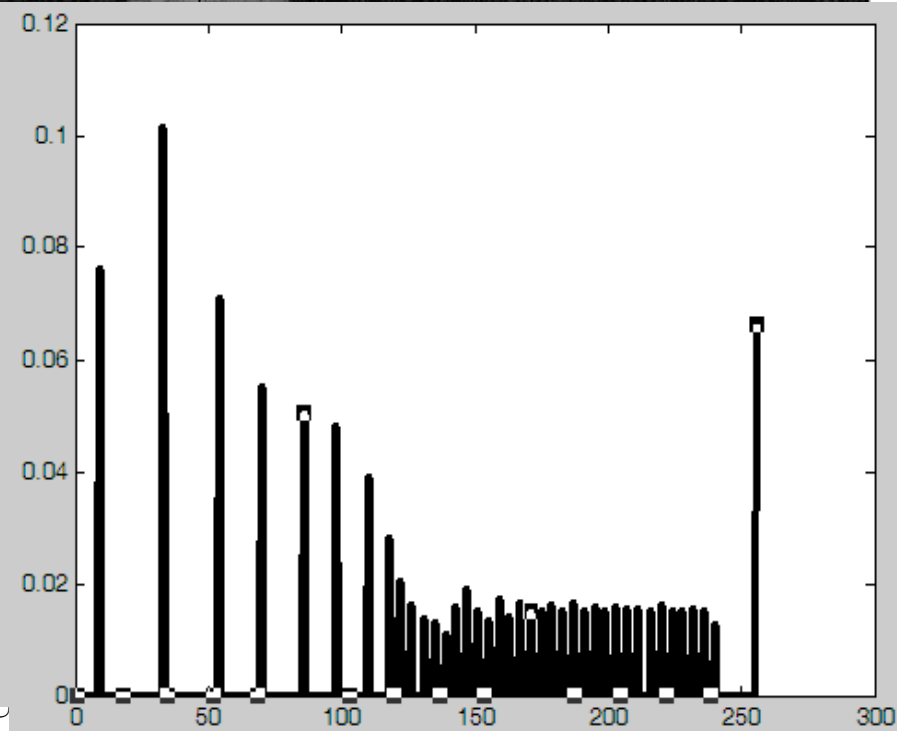
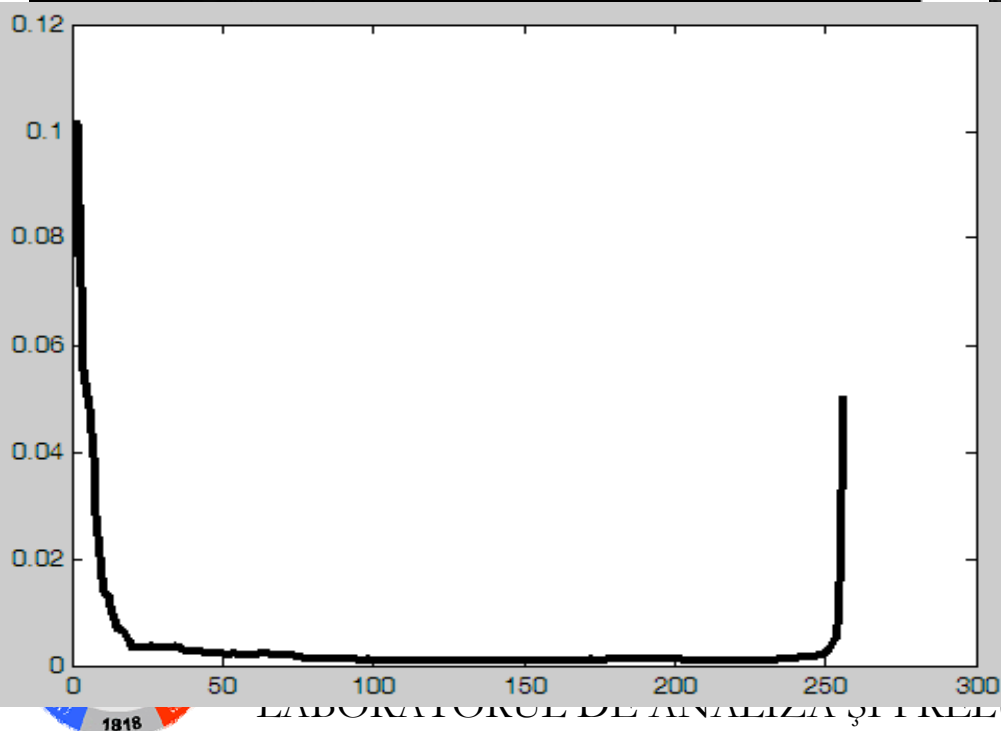


Numarul de nivele de gri diferite se micsoreaza.

C. VERTAN

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI







# Egalizarea perfecta a histogramei

Limitarea esentiala provine din caracterul discret al functiei de schimbare a valorilor nivelelor de gri (aceasta este o asociere “unu la unu”).

Corectia poate sa provina numai din realizarea unei distinctii suplimentare intre pixelii avand un acelasi nivel de gri. La limita se pune problema stabilirii unei relatii de ordonare a tuturor pixelilor, astfel incat sa nu fie doi pixeli “egali”.

O relatie de ordonare a pixelilor trebuie sa verifice:

$$x \prec x$$

$$x \prec y \text{ si } y \prec x \Rightarrow x = y$$

$$x \prec y \text{ si } y \prec z \Rightarrow x \prec z$$

*C. VERTAN*

# Egalizarea perfecta a histogramei

Cum sa facem distinctia intre pixelii avand un acelasi nivel de gri ? Prin introducerea de caracteristici suplimentare - un pixel va deveni descris de un vector de caracteristici si nu doar de un scalar.

Ordonarea vectorilor este ordinea lexicografica - se ordoneaza dupa valoarea primei caracteristici, in caz de egalitate dupa valoarea celei de-a doua caracteristici s.a.m.d.

Vor trebui deci considerate suficient de multe caracteristici suplimentare pentru ca sa nu existe doi pixeli “egali” (se exclud cazurile fara solutie, ca acela al unei imagini perfect uniforme).

Caracteristici : nivel de gri mediu pentru diferite vecinatati ale pixelului.

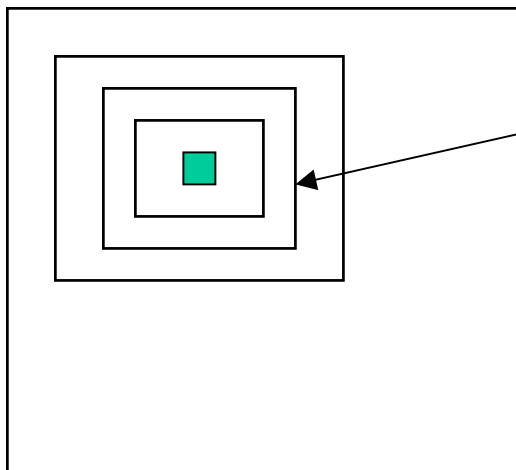


*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAP



# Egalizarea perfecta a histogramei

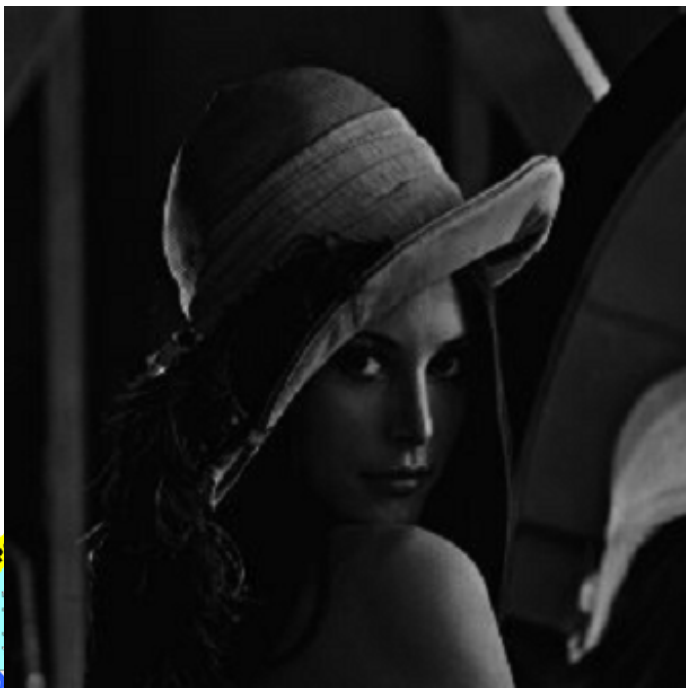


vecinatati pentru  
calculul nivelului de  
gri mediu

Pixelii se ordoneaza intr-un sir de  $MN$  pozitii :

$$P( m_1, n_1 ) \prec P( m_2, n_2 ) \prec \dots \prec P( m_{MN}, n_{MN} )$$

Egalizarea : primii  $MN / L$  pixeli capata valoarea 0, urmatorii  $MN / L$  pixeli capata valoarea 1, ..., ultimii  $MN / L$  pixeli capata valoarea  $L$ .



# Specificarea histogramei



*C. VERTAN*

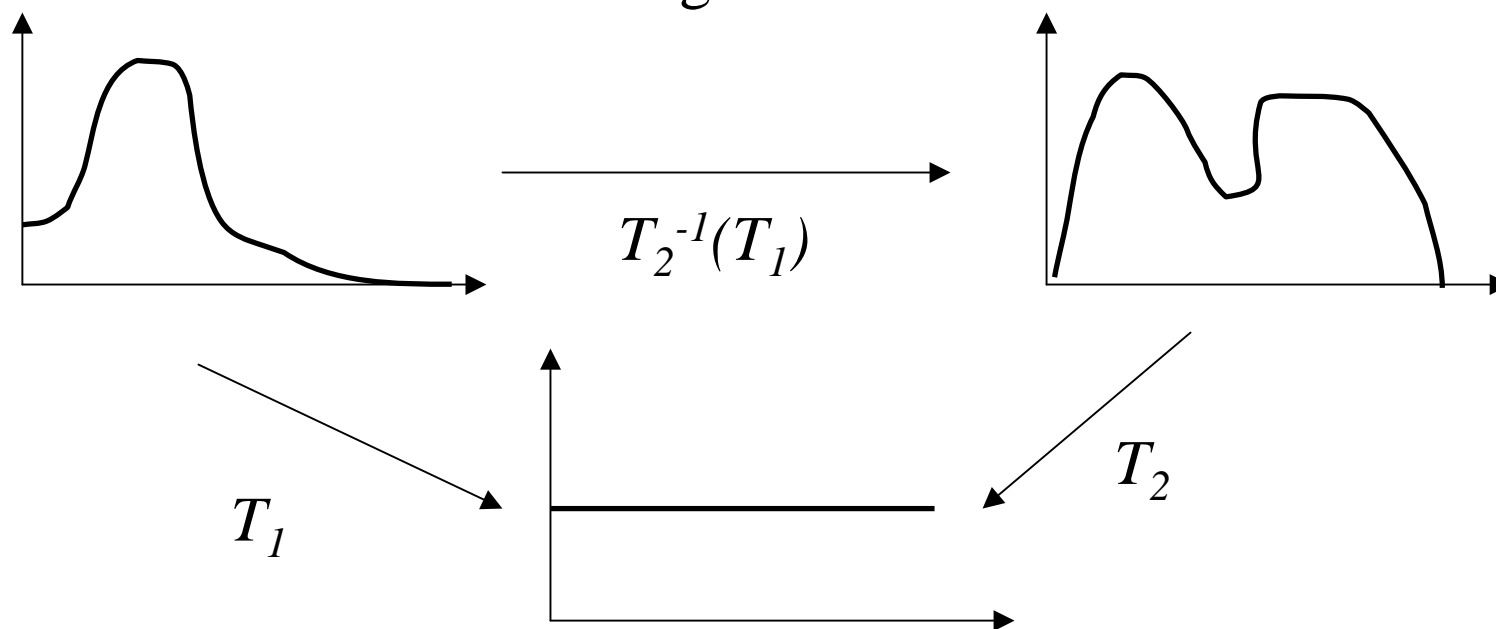
LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



Extindere : **specificarea histogramei** - obtinerea unei imagini a carei histograma are o forma impusa.

varianta : se foloseste ordonarea totala

varianta : se face o transformare de egalizare si o functie inversa de egalizare.



C. VERTAN

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI

# Pseudocolorarea



*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



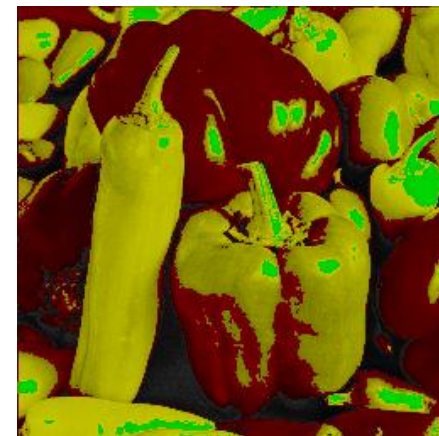


Modificarea tabelii de culoare originale a imaginii, pentru a pune in evidenta, prin culori diferite de cele originale, a unor detalii/ caracteristici/ obiecte ...

Ex. 1: Nivelele de gri cuprinse in gama  $[180, 200]$  sunt afisate numai prin componenta de rosu corespunzatoare.

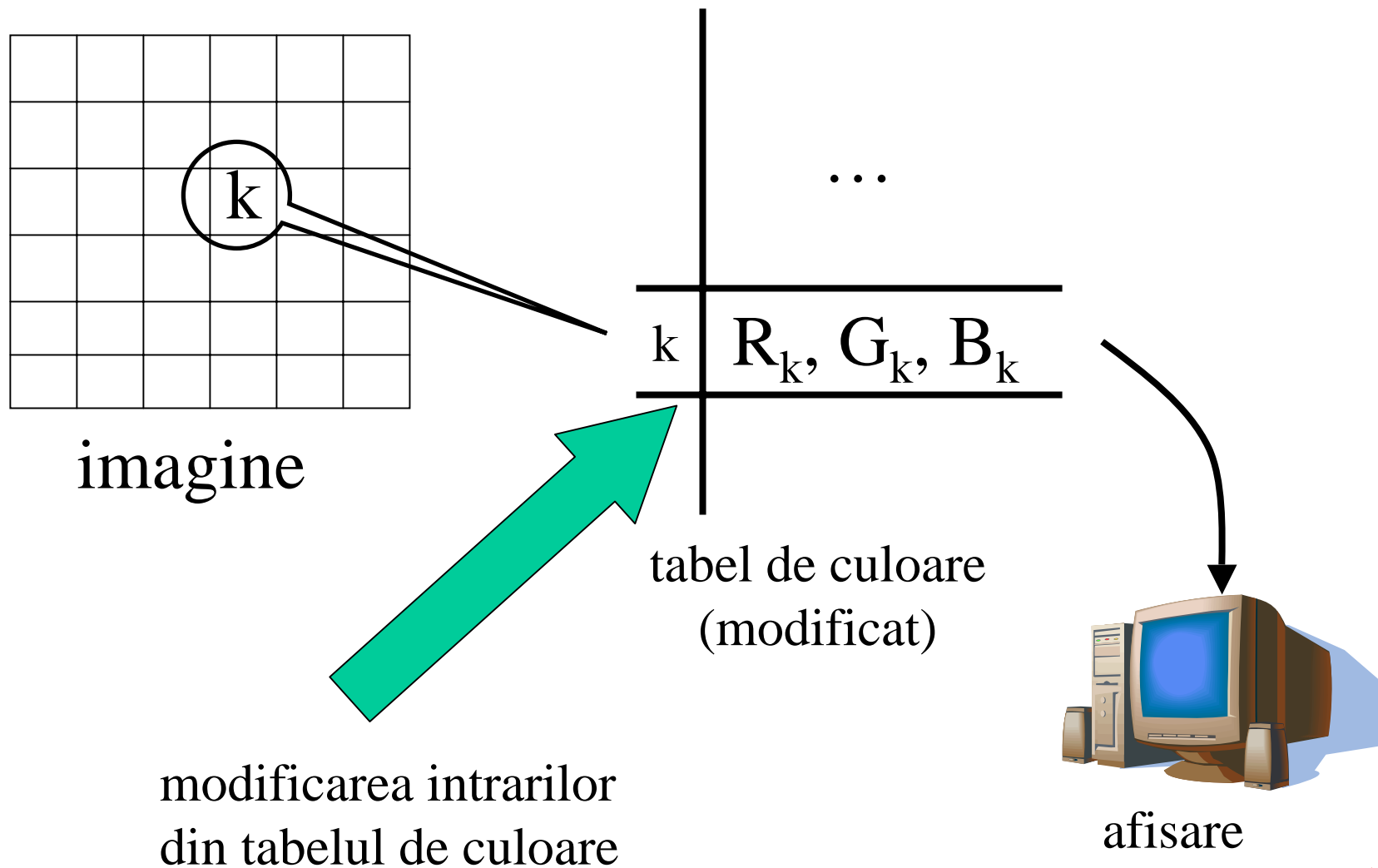


Ex. 2:





# Pseudocolorarea



Principiu: ochiul uman distinge mult mai bine culorile decat nuantele de gri (se pot vedea in jur de 200 nivele de gri diferite, dar sunt discernabile cateva mii de culori).

“Desi prin natura sa este un **detaliu al tehnicilor de afisare**, pseudocolorarea a fost adesea glorificata prin termeni ca prelucrare prin pseudocolorare sau analiza prin pseudocolorare.

Pseudocolorarea ramâne un **accesoriu favorit** al vânzatorilor, care o utilizeaza adesea în demonstratiile produselor [software], deoarece poate stârni interesul în ochii clientilor mult mai repede decât orice alta metoda de afisare cunoscuta. Cercetarile mele au adus la lumina o lista dureros de scurta a aplicatiilor demonstabile productive a pseudocolorarii”

K. R. Castleman



C. VERTAN

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI

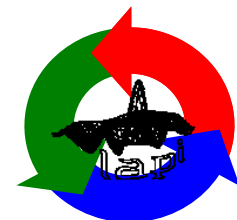


# Implementarea operatiilor punctuale



*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



# Implementare directa

```
unsigned char T(unsigned char in);  
  
unsigned char ** img,img_out;  
unsigned i,j;  
  
for (i=0;i<M;i++)  
    for (j=0;j<N;j++)  
        img_out[i][j]=T(img [i][j]);
```



*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



# Implementare cu tabela de valori (LUT)

```
unsigned char T(unsigned char in);

unsigned char ** img,img_out;
unsigned char LUT[256];
unsigned i,j;

for (i=0;i<256;i++)
    LUT[i]=T(i);

for (i=0;i<M;i++)
    for (j=0;j<N;j++)
        img_out[i][j]=LUT[img [i][j]];
```

## Reflectati la urmatoarele intrebari:

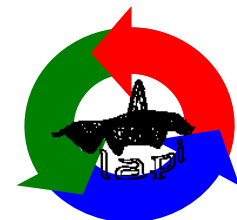
egalizarea de histograma este o operatie de prelucrare punctuala ?

care este o aplicatie practica in care pseudocolorarea ar putea functiona cu succes ?



*C. VERTAN*

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPI



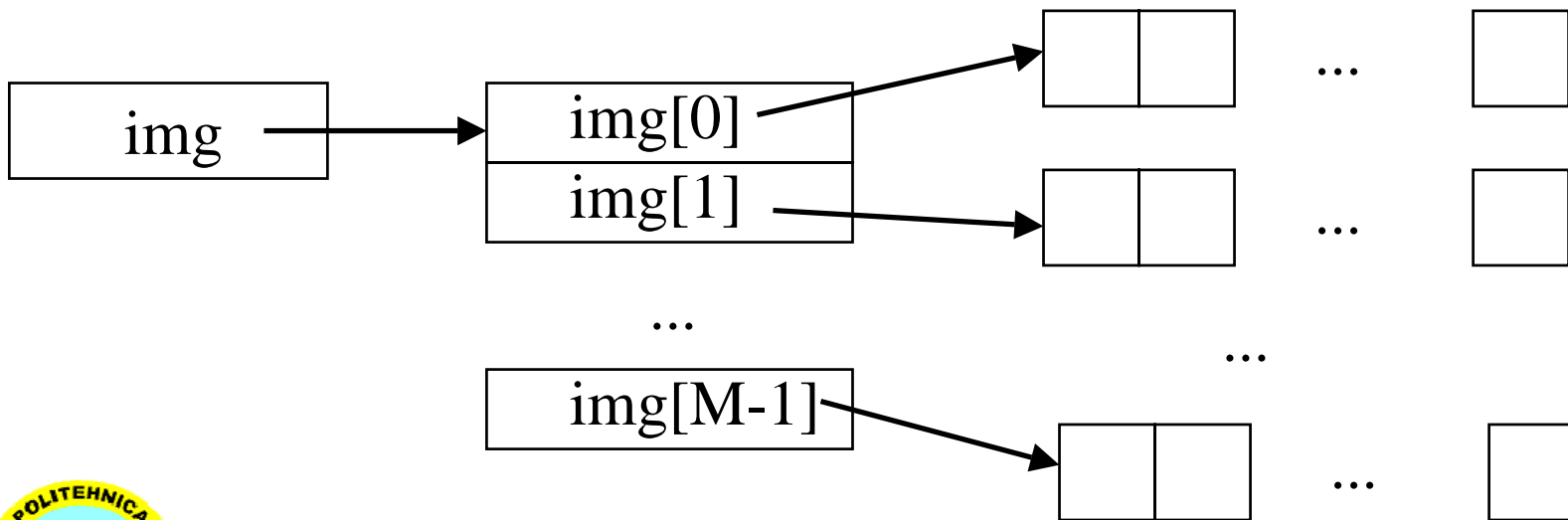
# Cum a fost alocata memoria pentru stocarea imaginilor ?

```
unsigned char ** img;  
unsigned i;
```

```
img=(unsigned char **)malloc(M*sizeof(unsigned char *));
```

```
for (i=0;i<M;i++)
```

```
img[i]=(unsigned char *)malloc(N*sizeof(unsigned char));
```



C. VERTAN

LABORATORUL DE ANALIZA ȘI PRELUCRAREA IMAGINILOR - LAPi

