



OPERATII DE PRELUCRAREA IMAGINILOR

Prelucrarea imaginilor



Blurata



Procesare de imagini



Restaurata



▶ 2



Tipuri de operatii de prelucrare

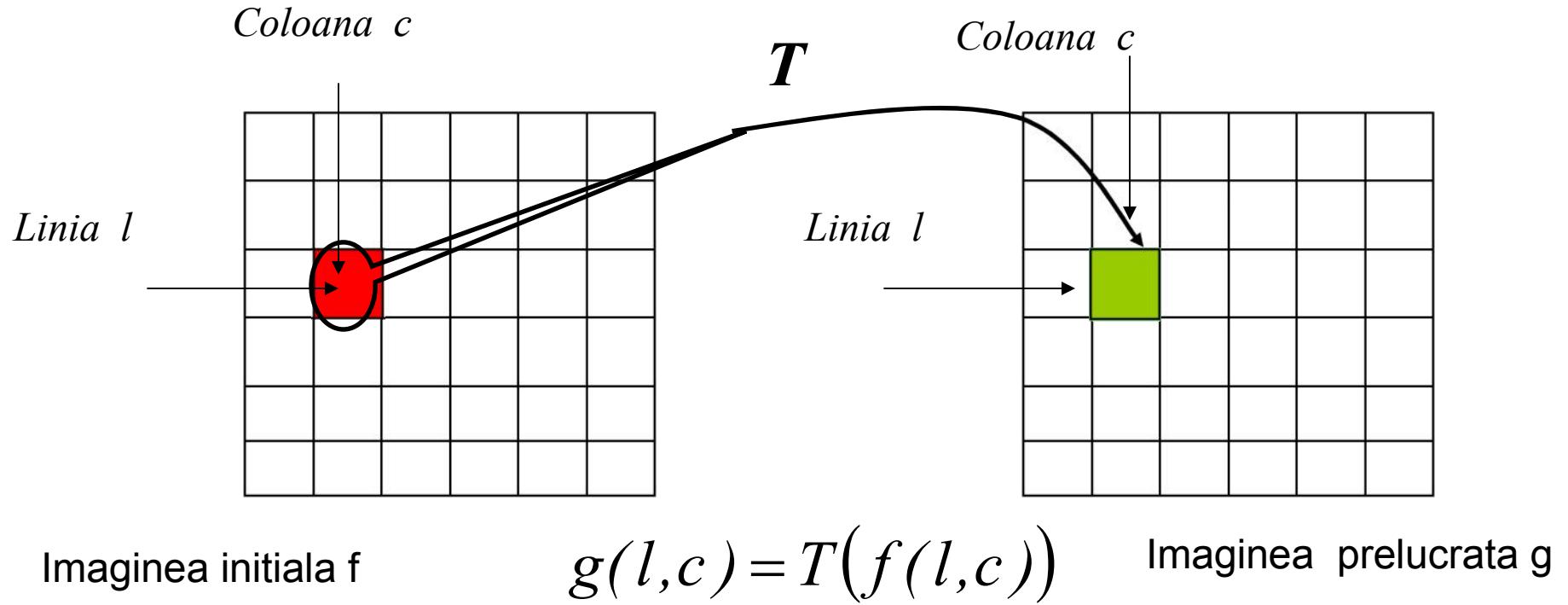
Clasificare dupa **numarul de pixeli** din imaginea initiala folositi pentru calculul valorii **unui pixel** din imaginea prelucrata.

- ▶ Operatii punctuale
- ▶ Operatii pe vecinatate
- ▶ Operatii integrale

Clasificare dupa **domeniul** in care sa face prelucrarea:

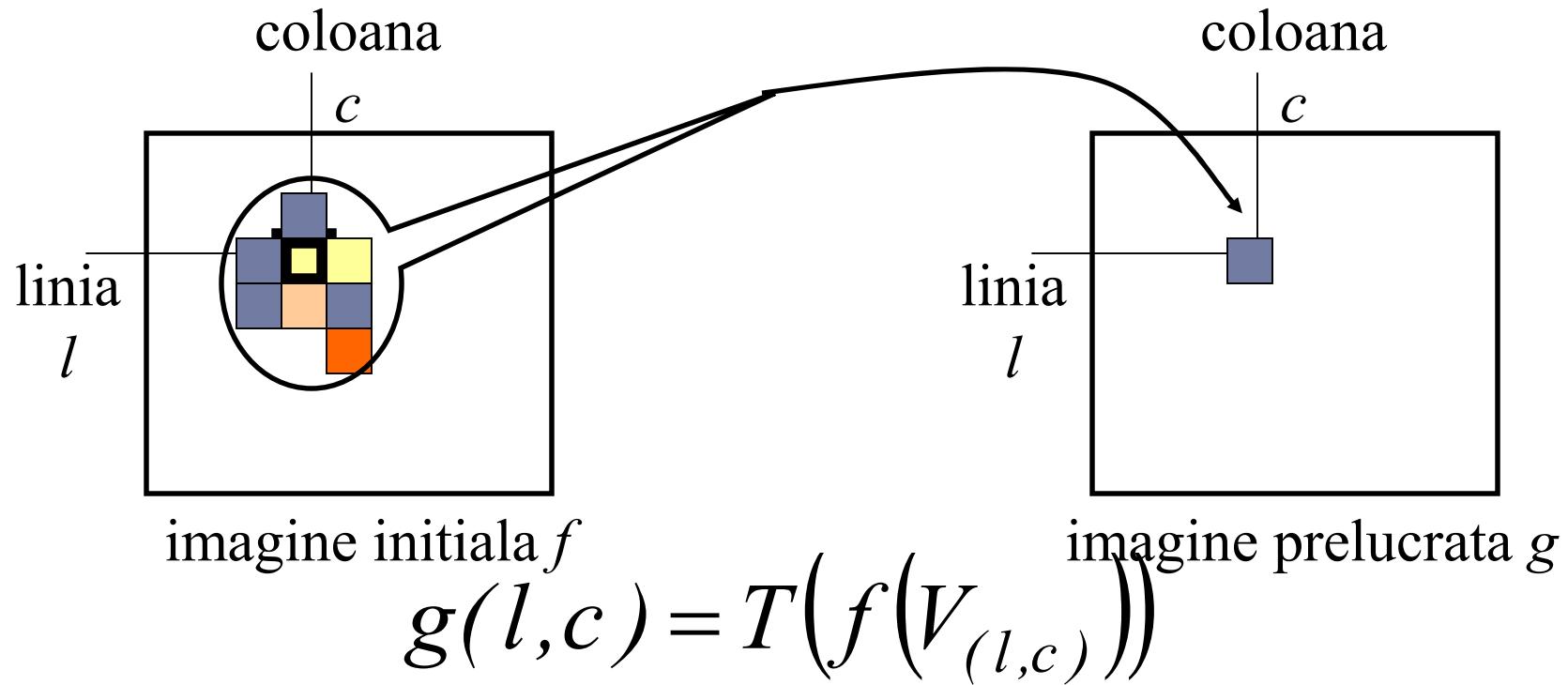
- ▶ Prelucrare pe domeniul spatial
- ▶ Prelucrare pe domeniul de frecventa

Operatii punctuale



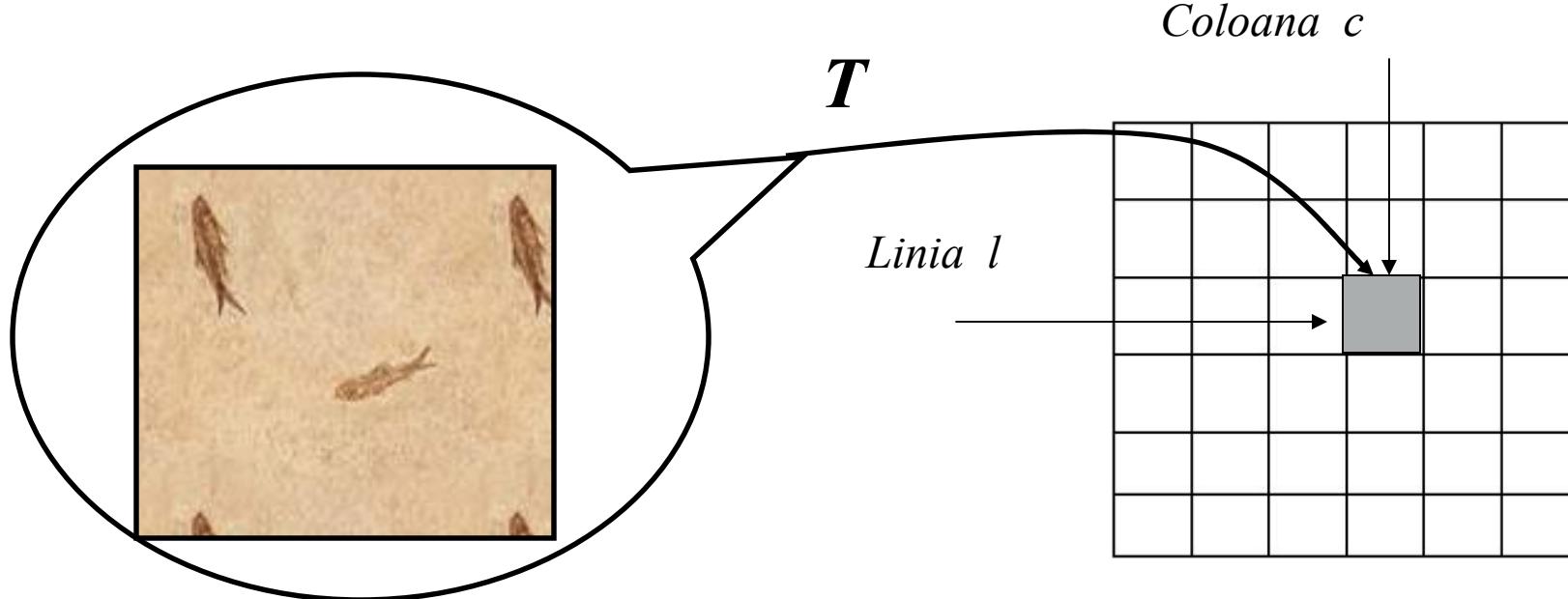
Noua valoare a oricarui pixel din imaginea prelucrata rezulta din transformarea valorii pixelului din imaginea initiala, situat in pozitia curenta de prelucrat.

Operatii pe vecinatate



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



$$\text{imagine initiala } f \quad g(l, c) = T(f) \quad \text{Imaginea prelucrata } g$$

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

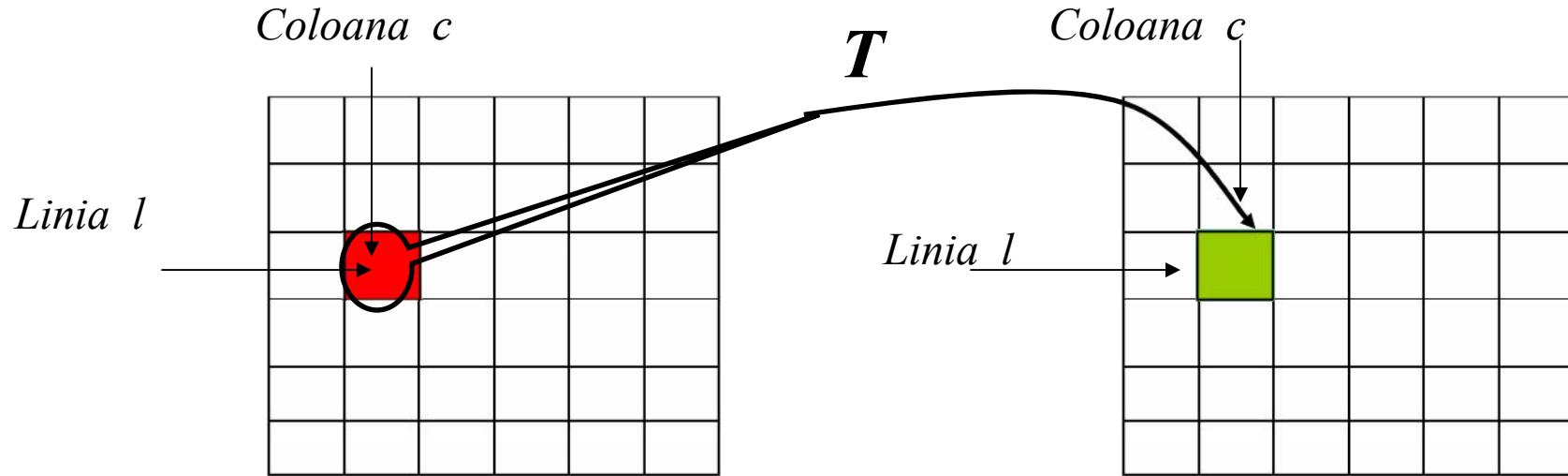
Operatii punctuale de imbunatatire a imaginilor

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

- ▶ prelucrari simple si spectaculoase
- ▶ efecte puternice de modificare a **aparentei** imaginilor

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

Operatii punctuale



Imaginea initiala f

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

Imaginea prelucrata g

Definirea operatiei de imbunatatire = definire transformare T

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

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

Definire transformare T

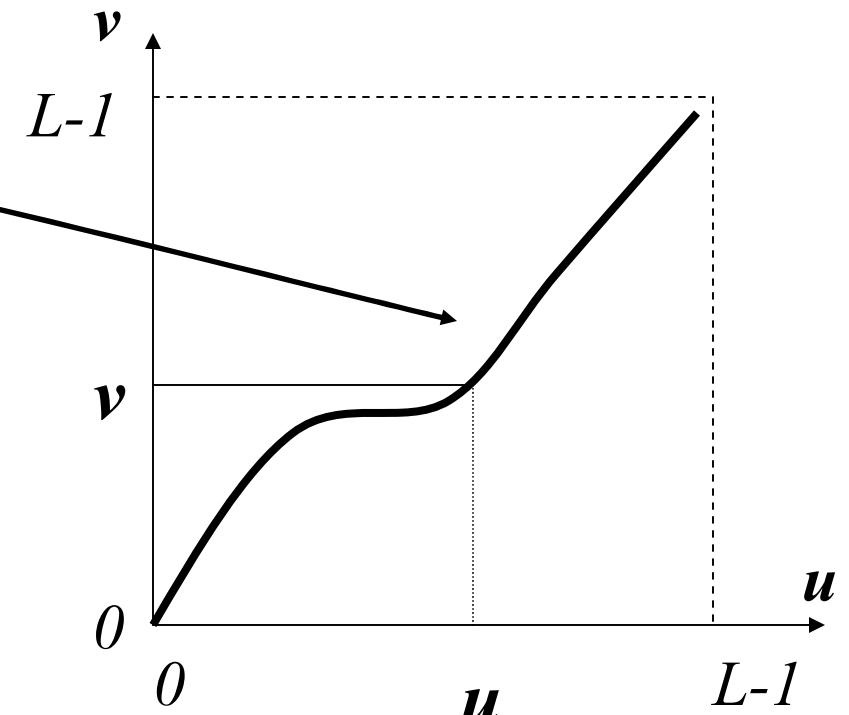
$$T : [0, L-1] \rightarrow [0, L-1]$$

$v = T(u)$

nivel de gri initial

nivel de gri dupa transformare

definire analitica



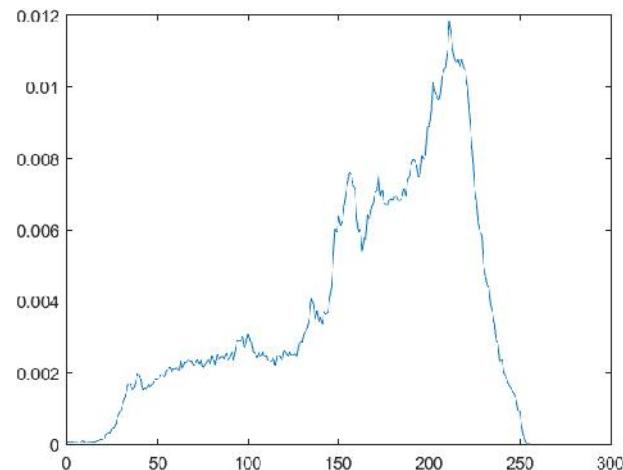
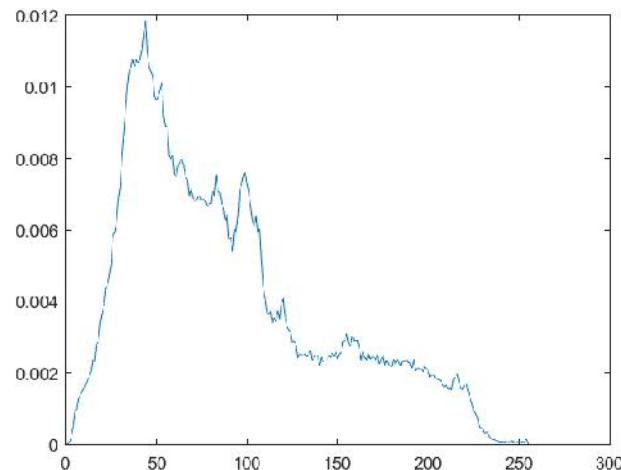
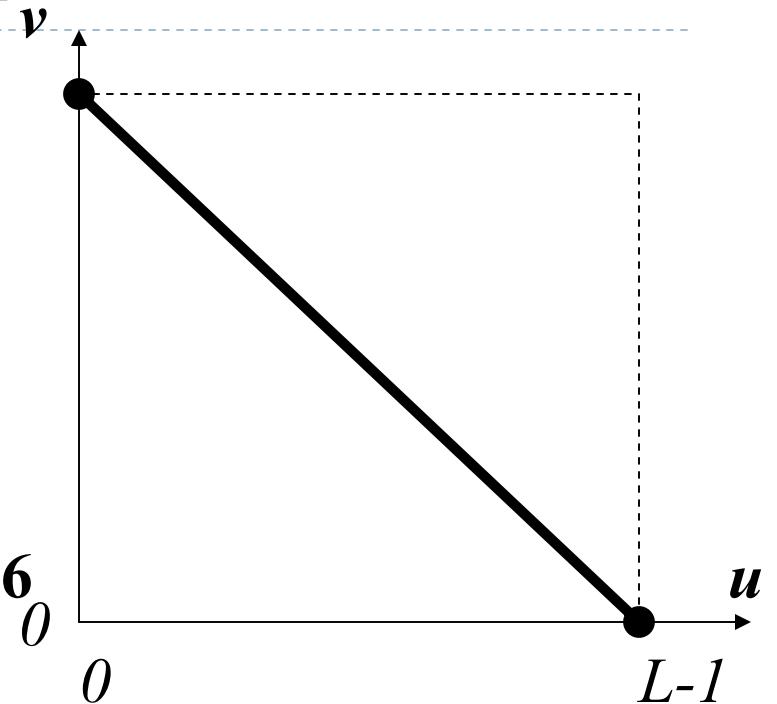
definire prin grafic

1. Negativarea imaginii

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



de obicei $L=256$



► 10

2. Extragerea planelor de bit

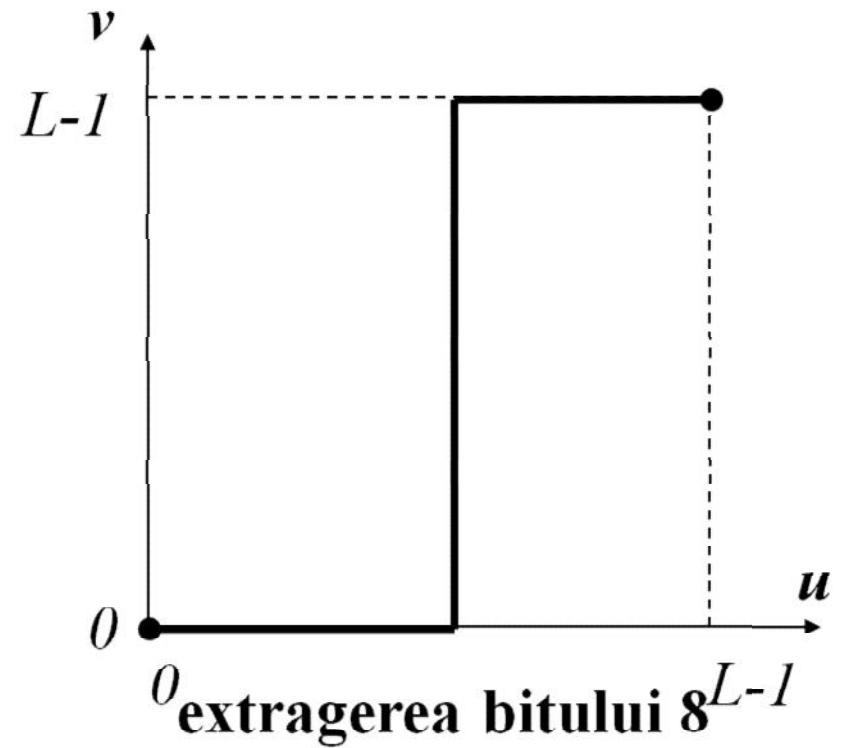
$$v = T(u) = (L-1)\text{bit}_k(u)$$

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

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

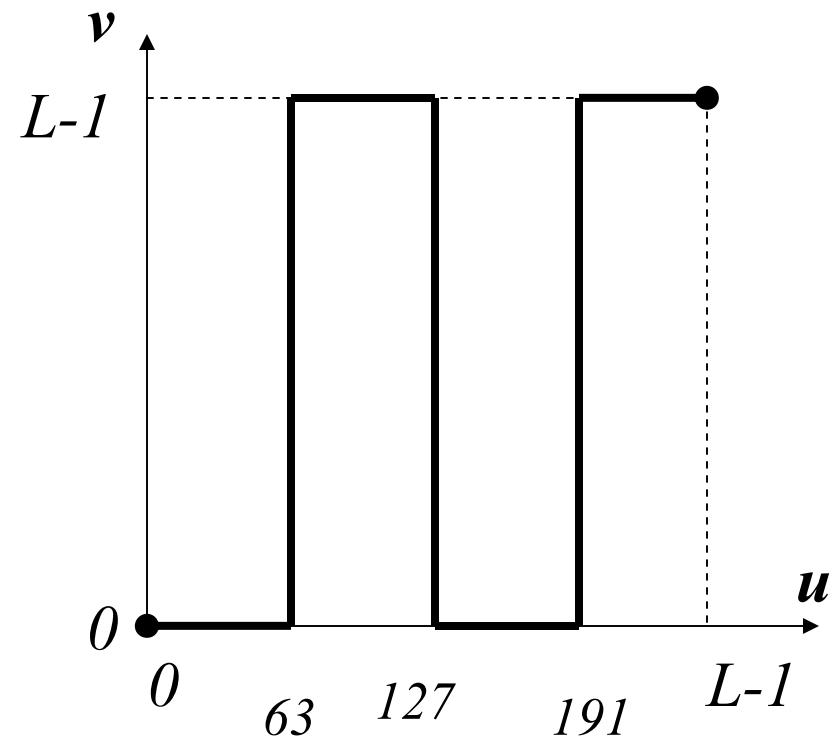
$$u = \sum_{k=1}^B 2^{k-1} b_k$$

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



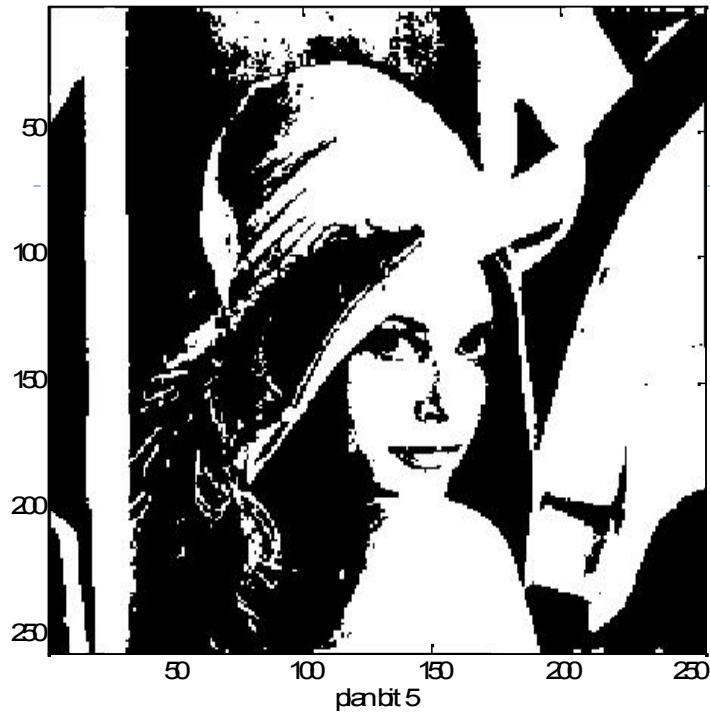
2. Extragerea planelor de bit

$L=256$

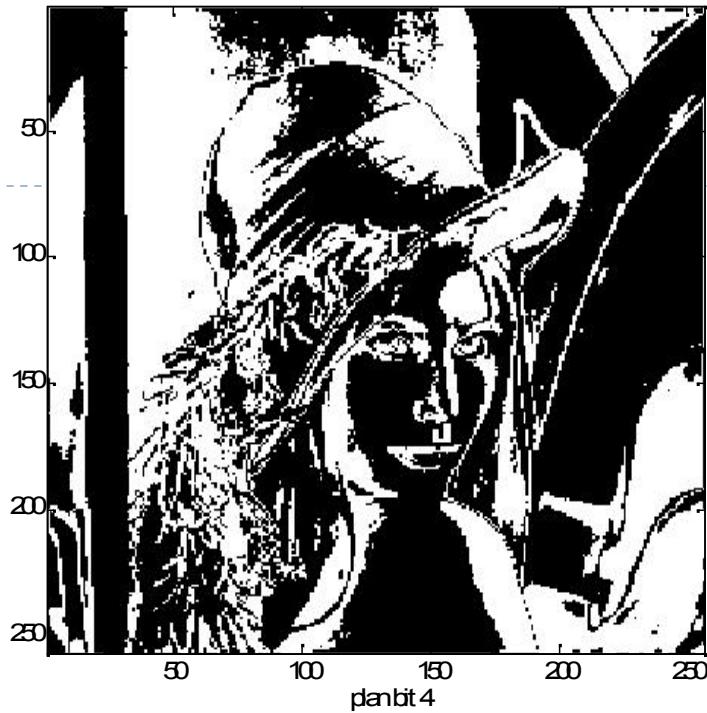


extragerea bitului 7

planbit 7



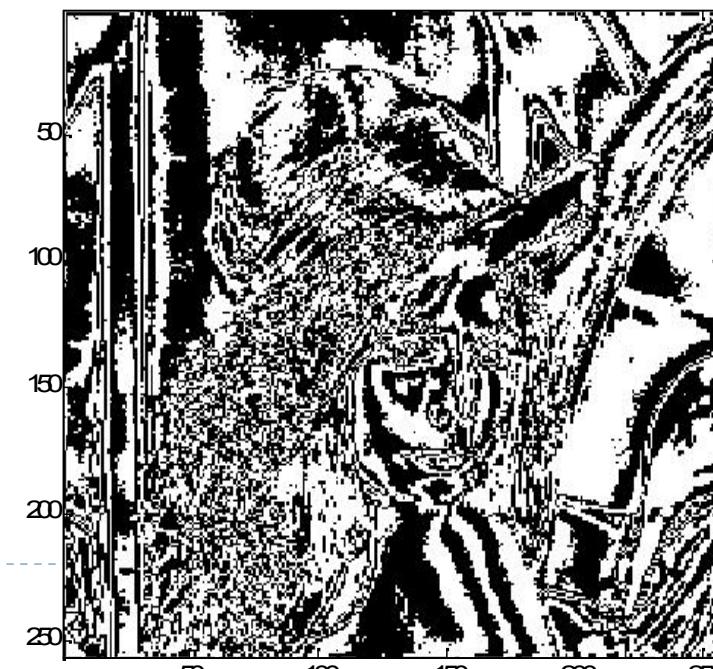
planbit 6



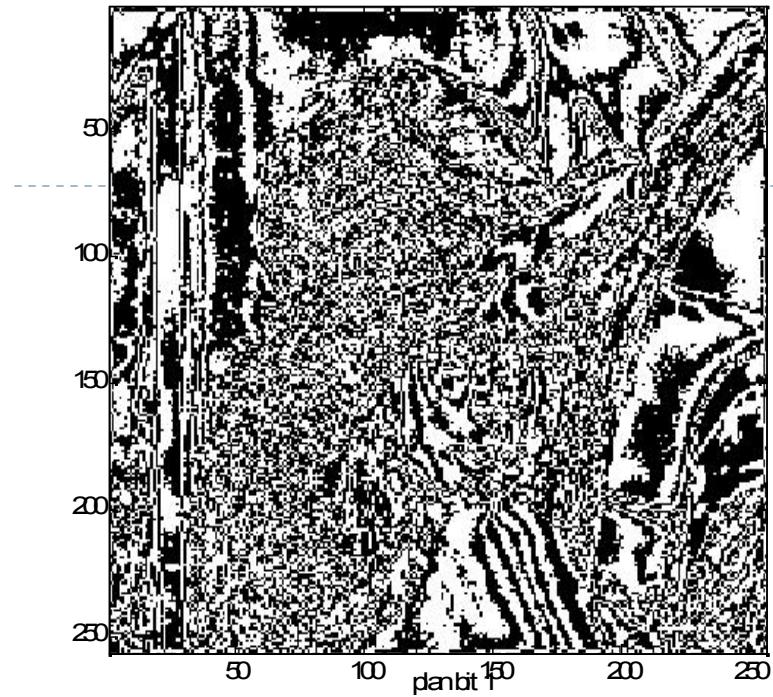
planbit 5



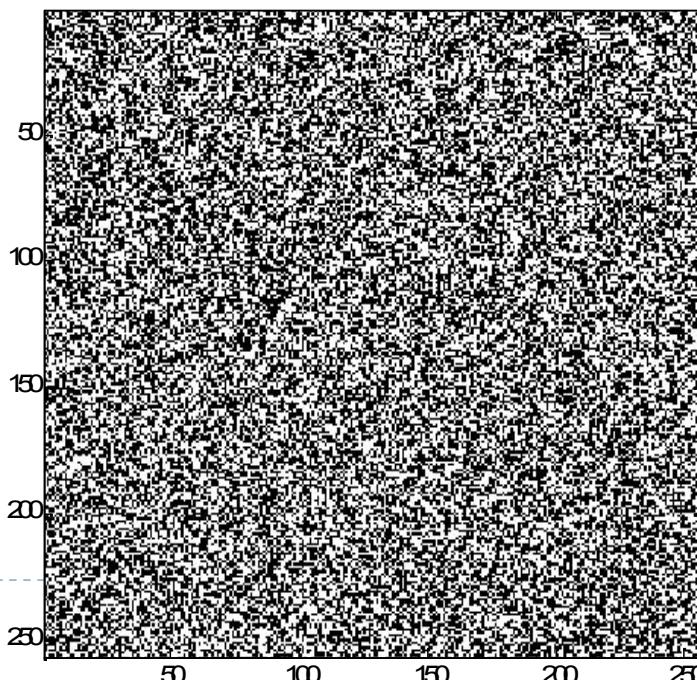
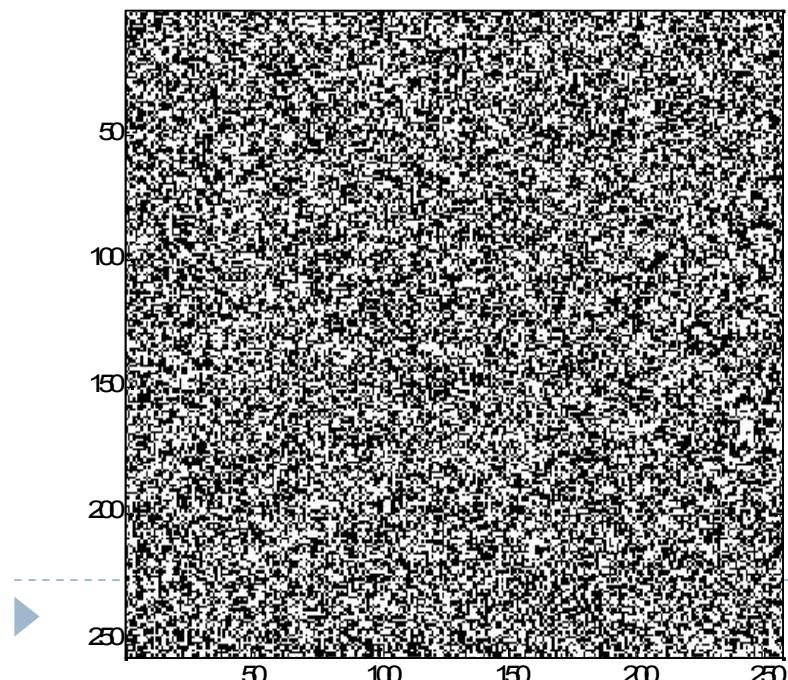
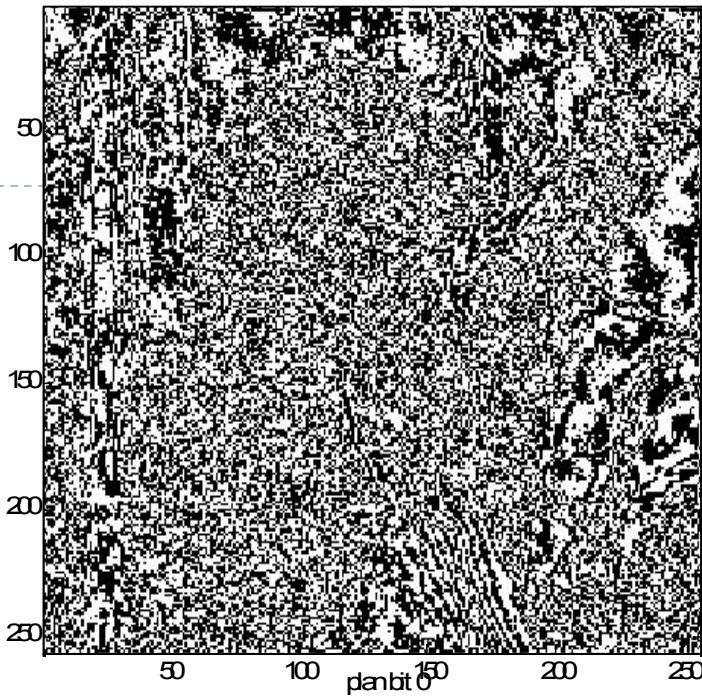
planbit 4



planbit 3



planbit 2



3. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni

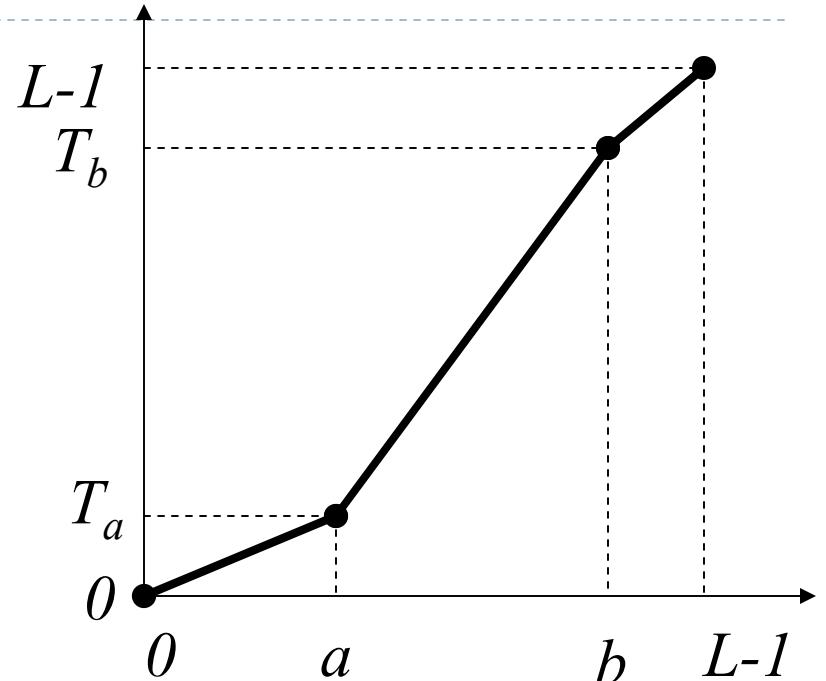
2 puncte de control:

(a, T_a) si (b, T_b)

2 puncte fixe:

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

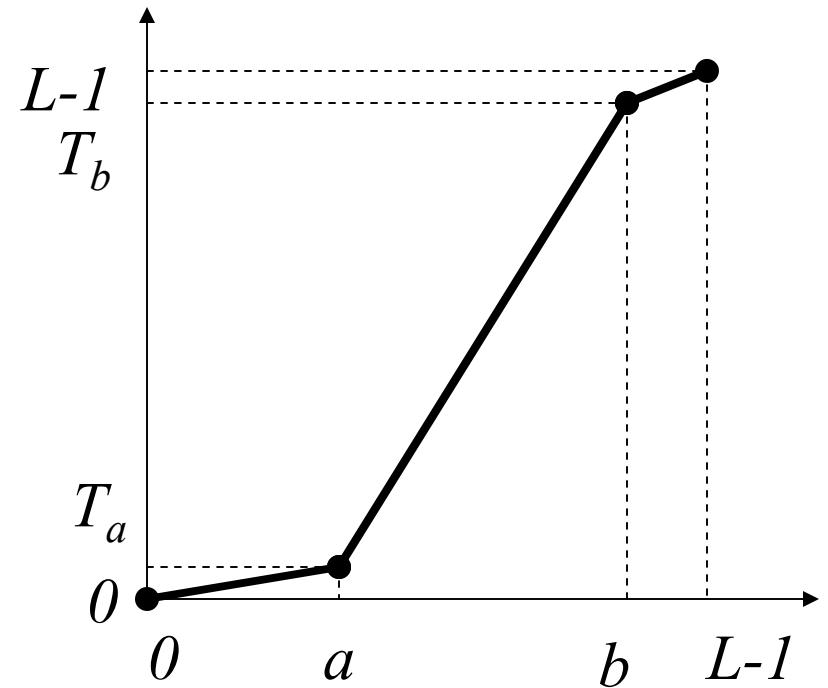
$$T(u) = \begin{cases} \frac{T_a}{a} u, & u \in [0, a] \\ T_a + \frac{T_b - T_a}{b-a}(u-a), & u \in [a, b] \\ T_b + \frac{L-1-T_b}{L-1-b}(u-b), & u \in [b, L-1] \end{cases}$$



3. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni

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

$$\begin{aligned}a &= 140, T_a = 70 \\b &= 200, T_b = 230\end{aligned}$$

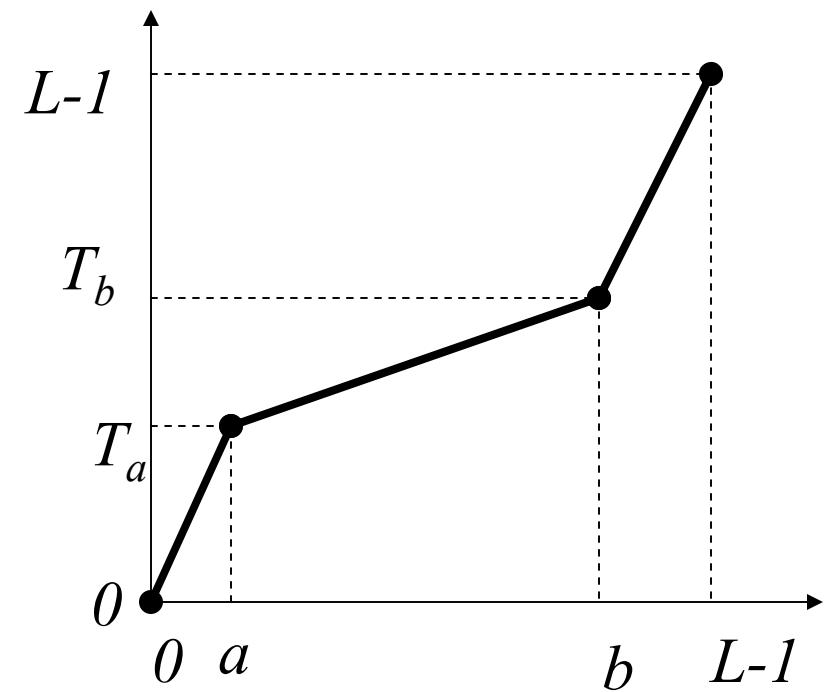
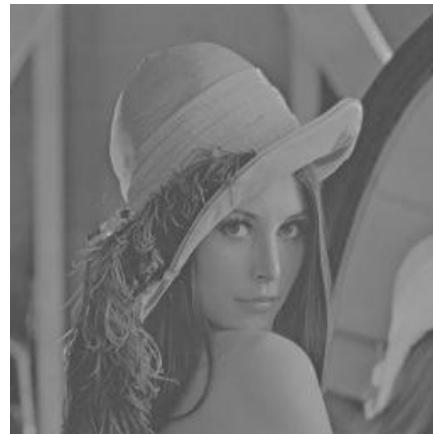


3. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni

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

$$a = 20, T_a = 70$$

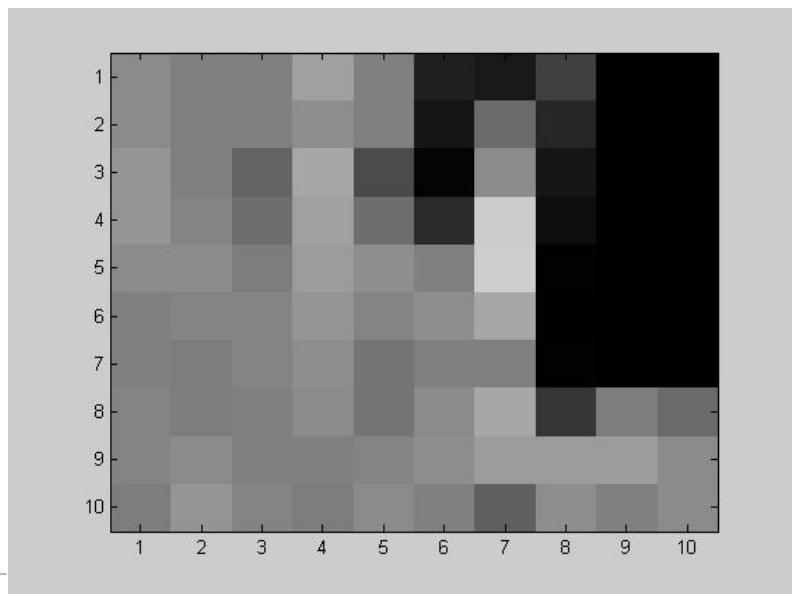
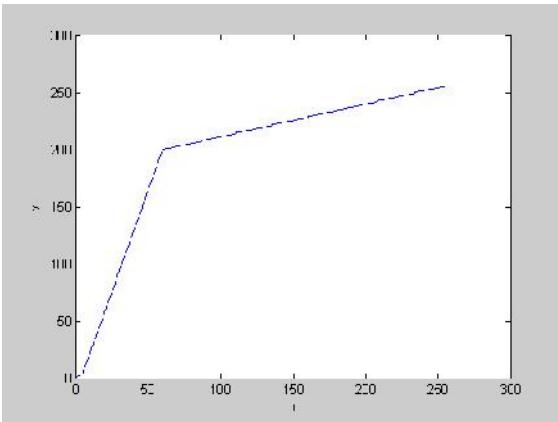
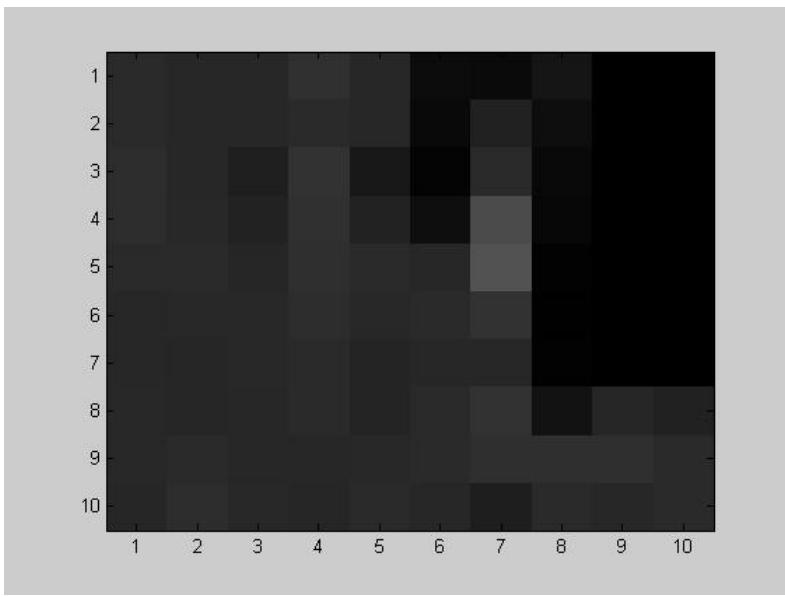
$$b = 220, T_b = 160$$



Fragmentul de imagine

Modificare contrastului
liniara pe portiuni

$$a=5, b=60, T_a=5, T_b=200$$



Valorile din imagine

43	40	40	49	40	13	11	22	1	1
43	40	40	44	40	10	34	15	1	1
46	40	32	51	25	5	43	10	1	1
46	41	35	49	35	16	76	8	1	1
43	43	39	48	44	40	83	3	1	1
40	41	41	46	41	44	51	2	1	1
40	39	41	44	37	40	40	3	1	1
41	39	40	43	37	43	51	19	39	34
41	43	40	40	41	44	48	48	48	43
39	46	41	39	43	40	31	44	40	43

157	147	147	179	147	51	44	83	1	1
157	147	147	161	147	40	126	58	1	1
168	147	118	186	94	5	157	40	1	1
168	150	129	179	129	62	274	33	1	1
157	157	143	175	161	147	299	3	1	1
147	150	150	168	150	161	186	2	1	1
147	143	150	161	136	147	147	3	1	1
150	143	147	157	136	157	186	72	143	126
150	157	147	147	150	161	175	175	175	157
143	168	150	143	157	147	115	161	147	157

Modificarea contrastului

Studiul diferenței dintre valorile unei perechi de nivele de gri, **înainte și după** 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

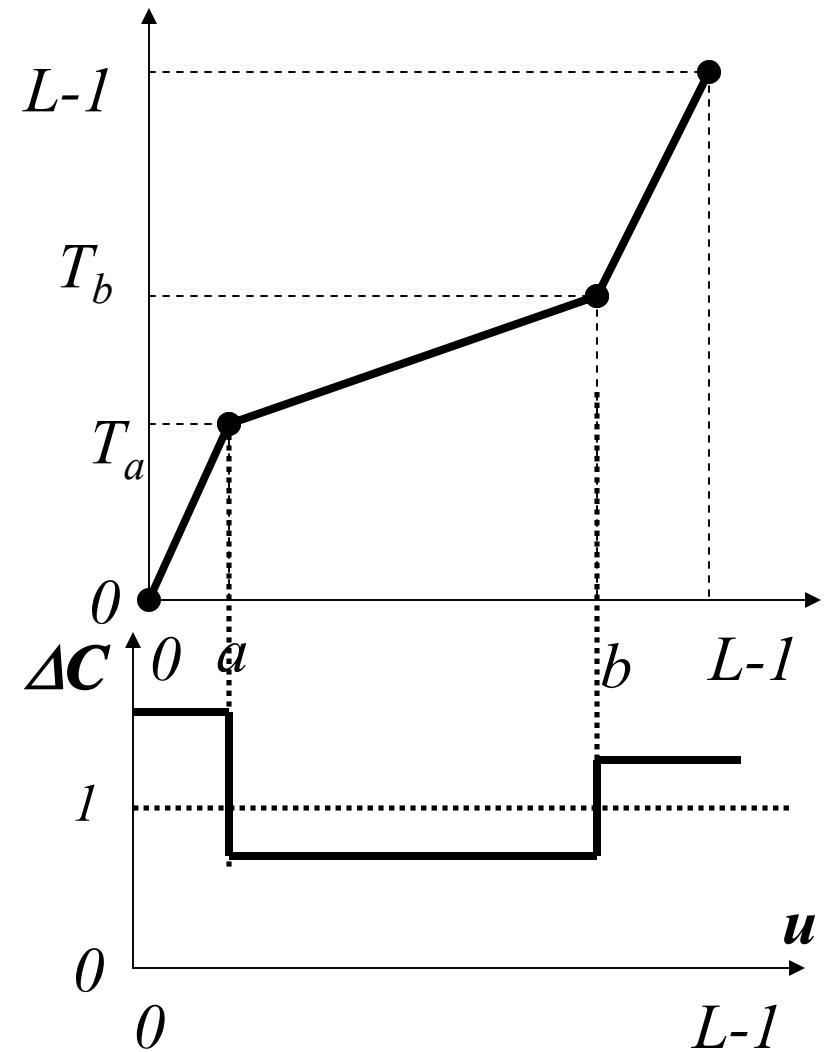
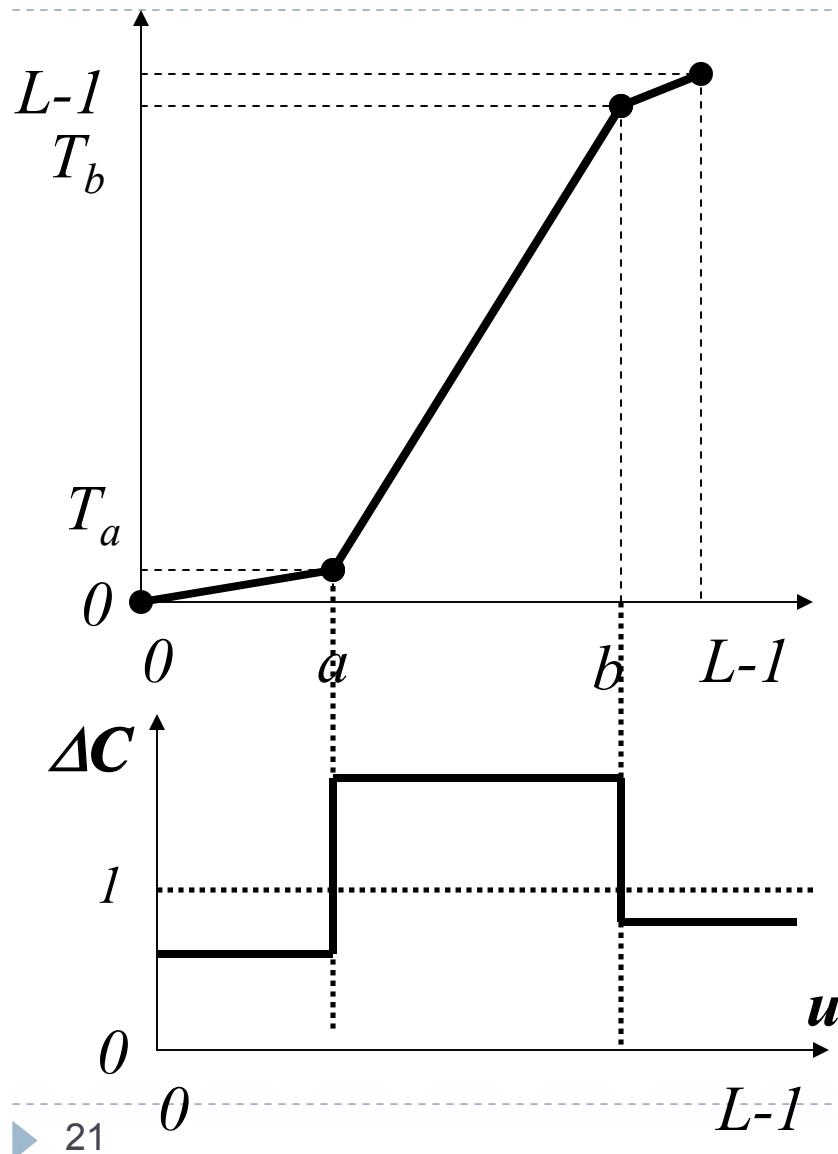
$\Delta C > 1$ contrastul se măreste

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

$\Delta C < 1$ contrastul se micșorează



Modificarea contrastului



3. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni Cazuri particulare

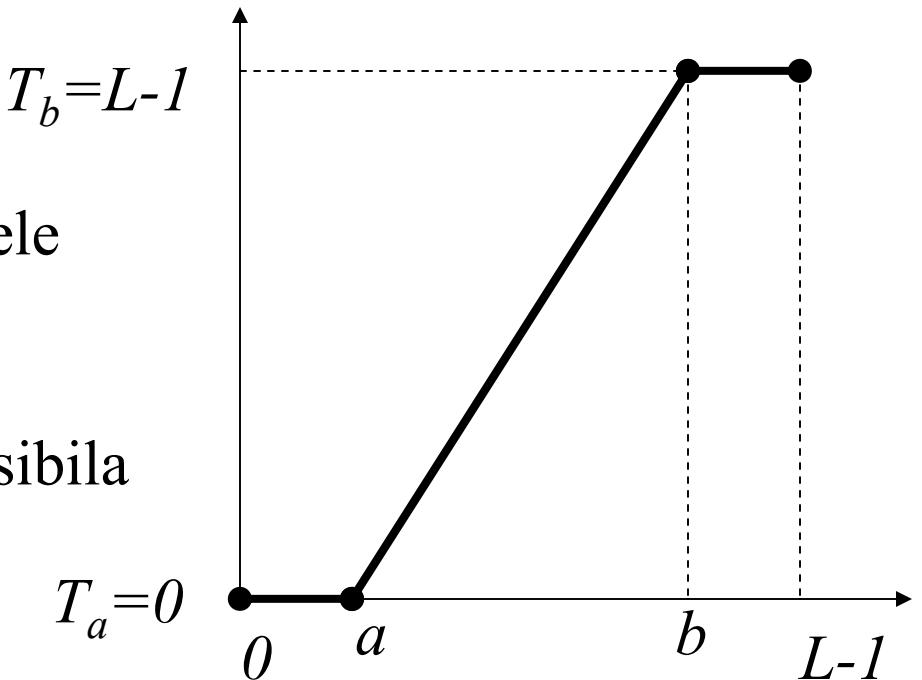
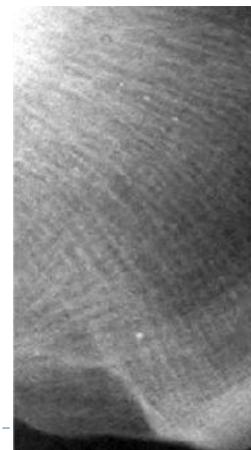
A. Intinderea maxima a contrastului

$$T_a = 0$$

$$T_b = L - 1$$

se foloseste intreaga gama de nivele
de gri disponibile

se obtine contrastarea maxim posibila

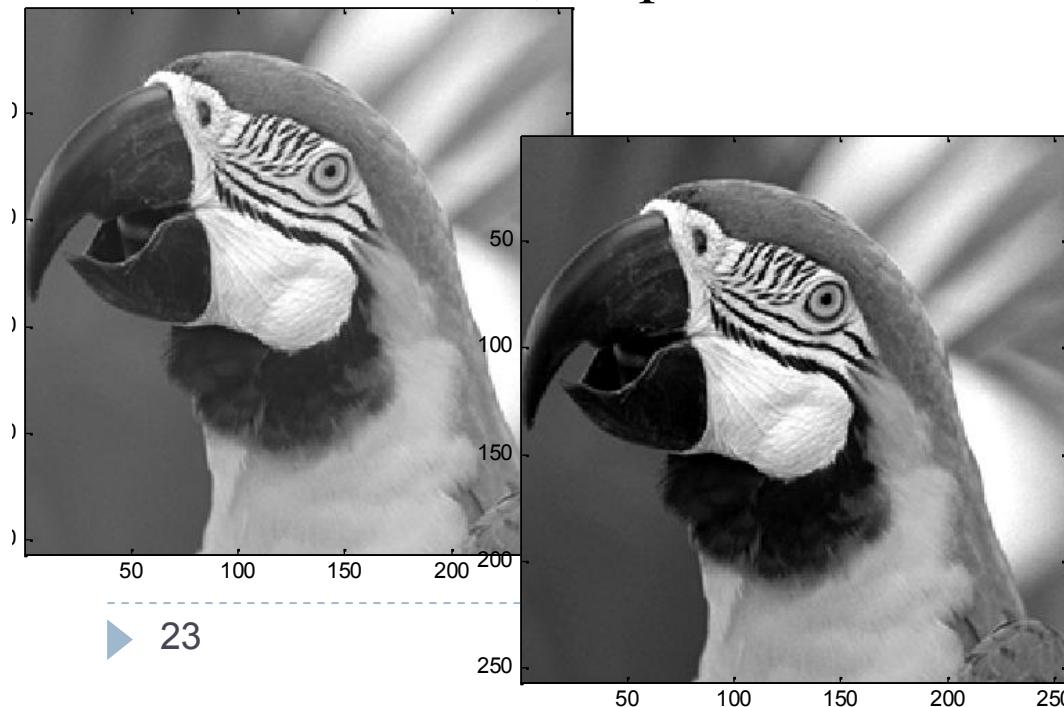


3. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni Cazuri particulare

A. Intinderea maxima a contrastului – varianta automata

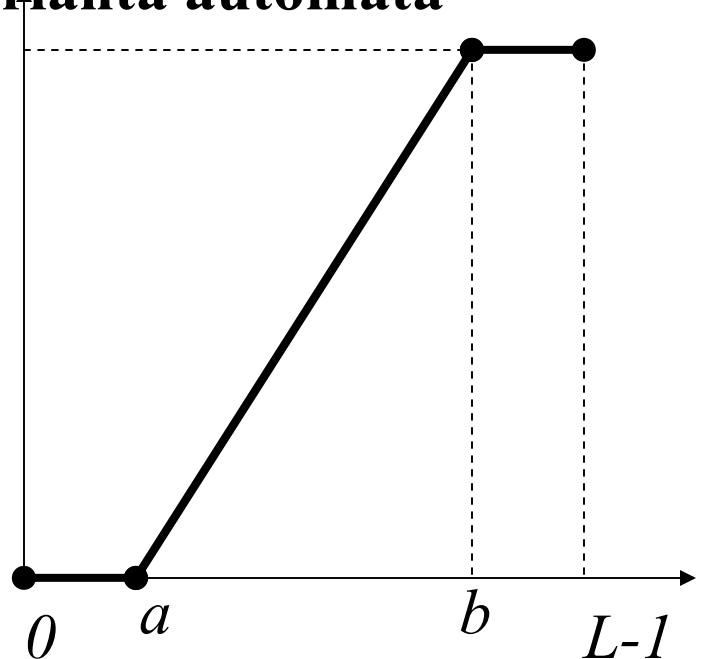
$$T_a = 0 \quad T_b = L - 1$$

se aleg pragurile a si b astfel incat in imagine p% din pixeli sa fie saturati la valoarea maxima, respectiv minima



$$T_b = L - 1$$

$$T_a = 0$$



3. Modificarea contrastului, liniara pe portiuni Cazuri particolare

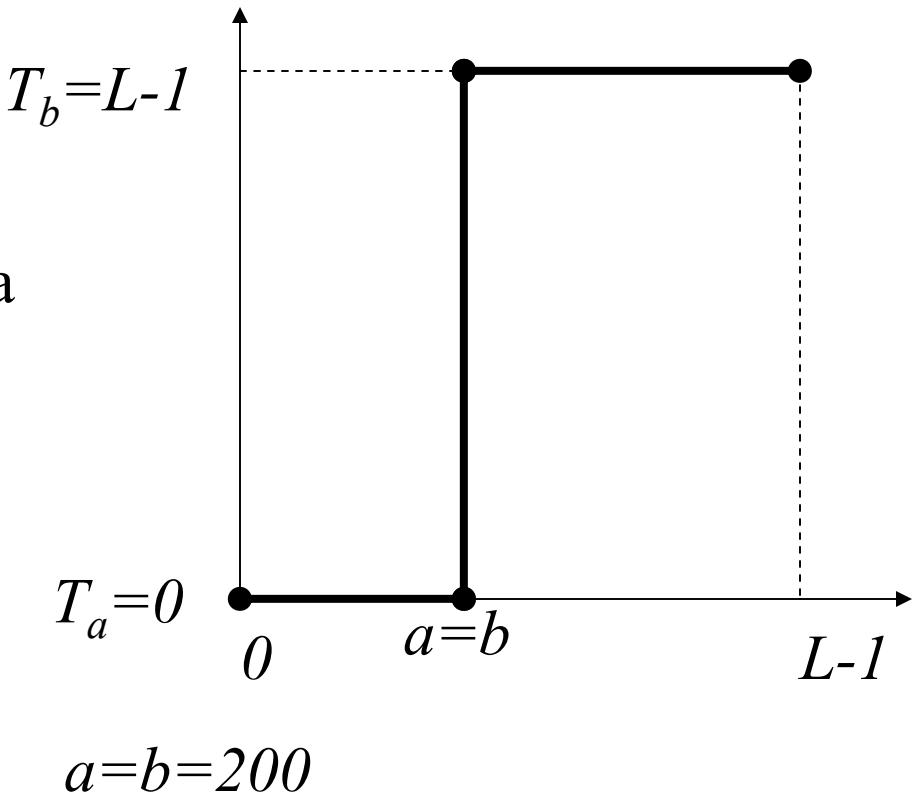
B. Binarizarea

$$T_a = 0$$

$$T_b = L-1$$

$$a = b$$

este mai generală decât extragerea
bitului cel mai semnificativ



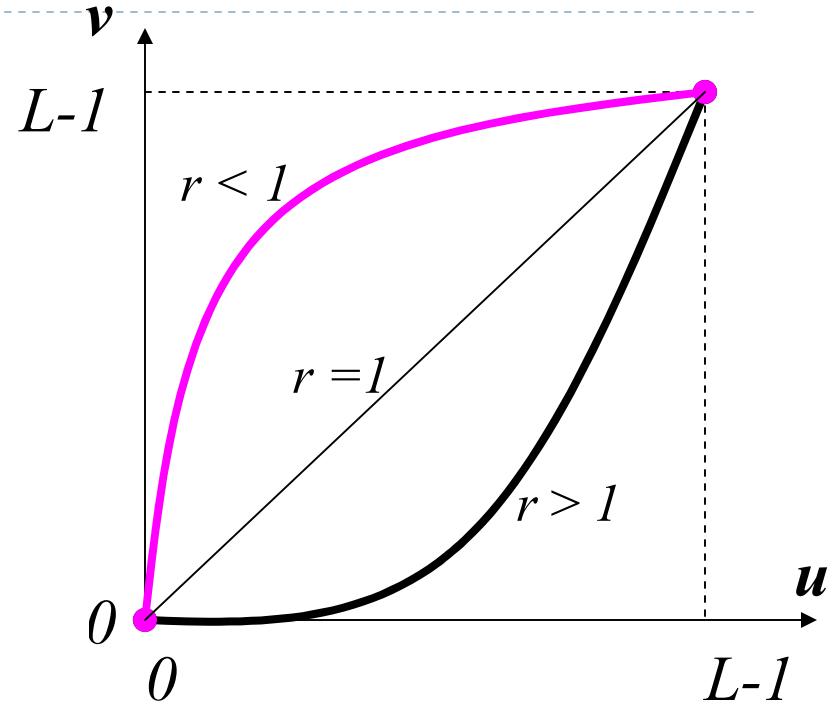
4. Modificarea neliniara a contrastului

A. Functia putere

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

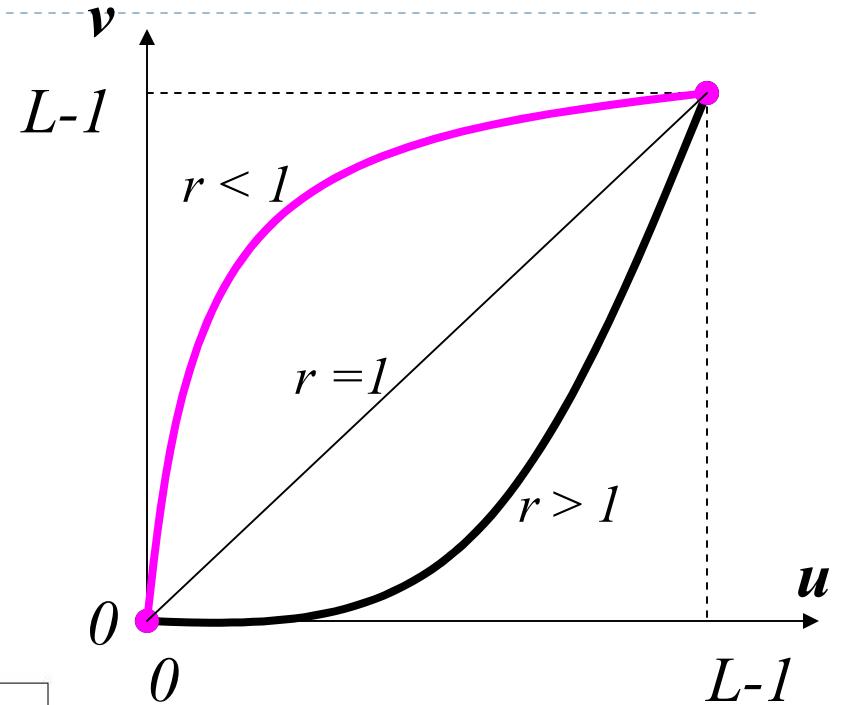
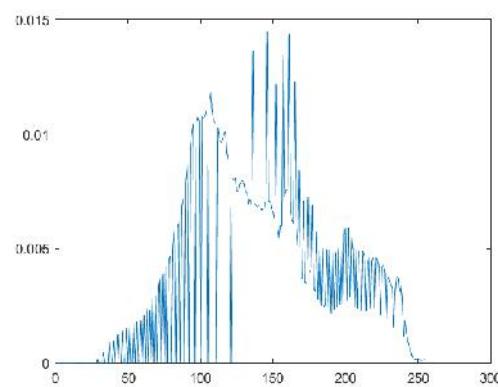
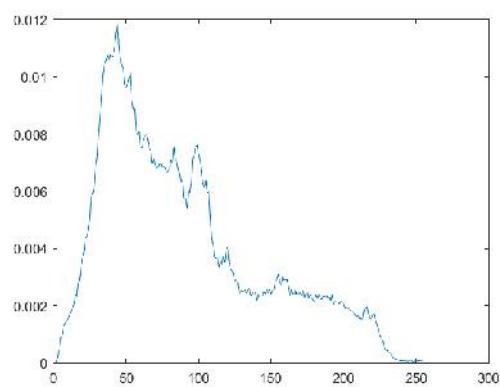
$r > 0$ parametru de reglaj

aceasta este corectia de gamma

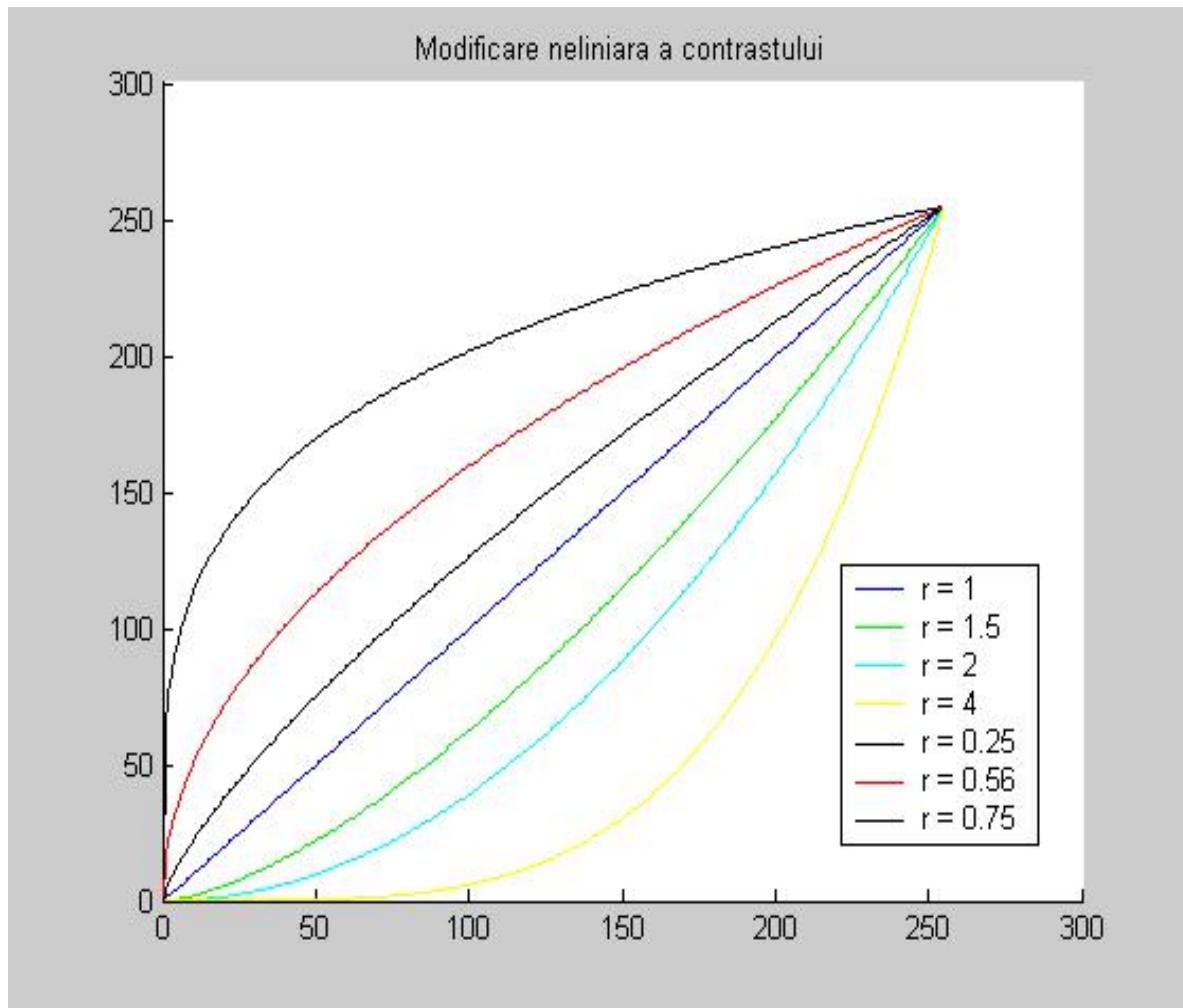


$$r=0.5$$

4. Modificarea neliniara a contrastului



Functia putere



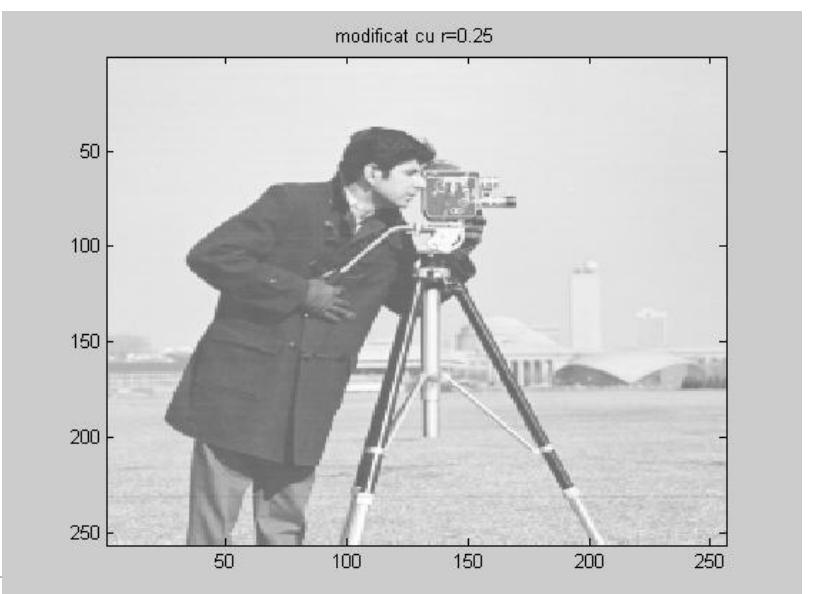
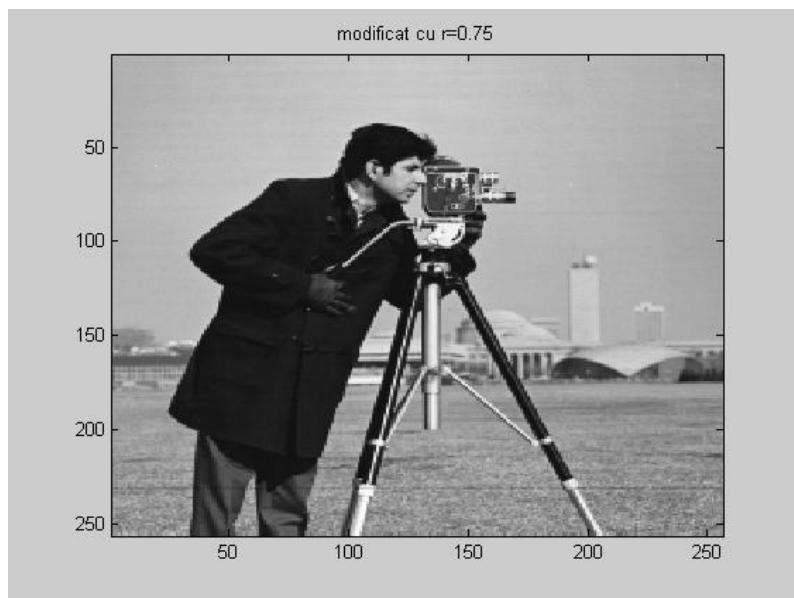
Putere cu r=0.2 pt L=256

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	85	98	106	112	117	121	125	129	132	134	137	139

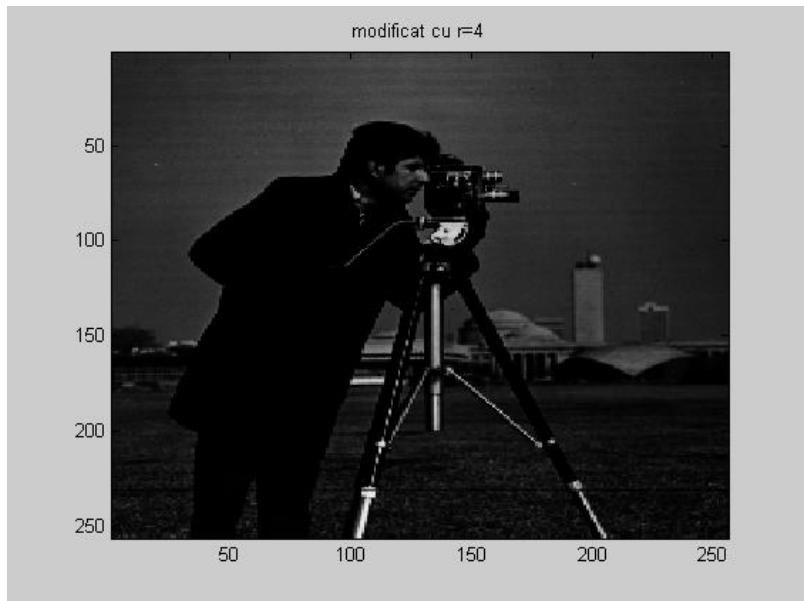
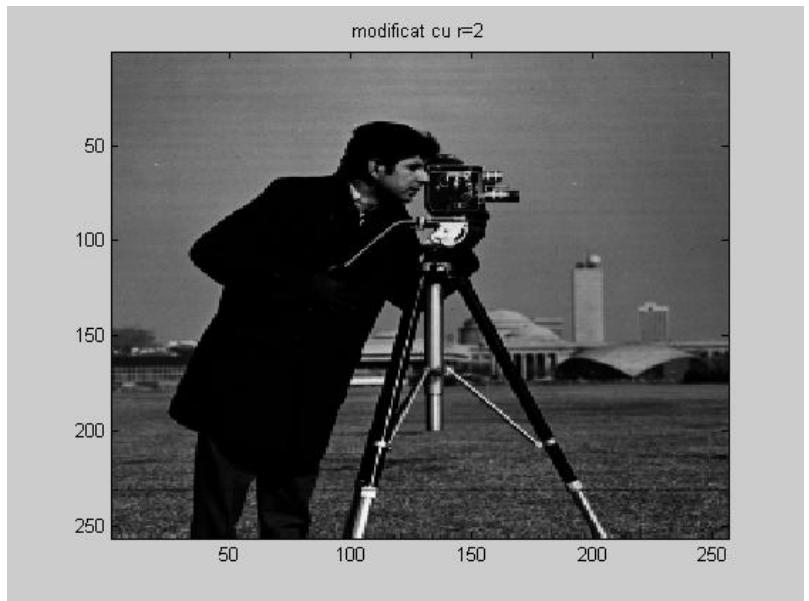
Niv de gri in harta initiala la 85: Niv de gri in harta noua la 2:

0.3294 0.3294 0.3294 0.3294 0.3294 0.3294

Exemple



Exemplu

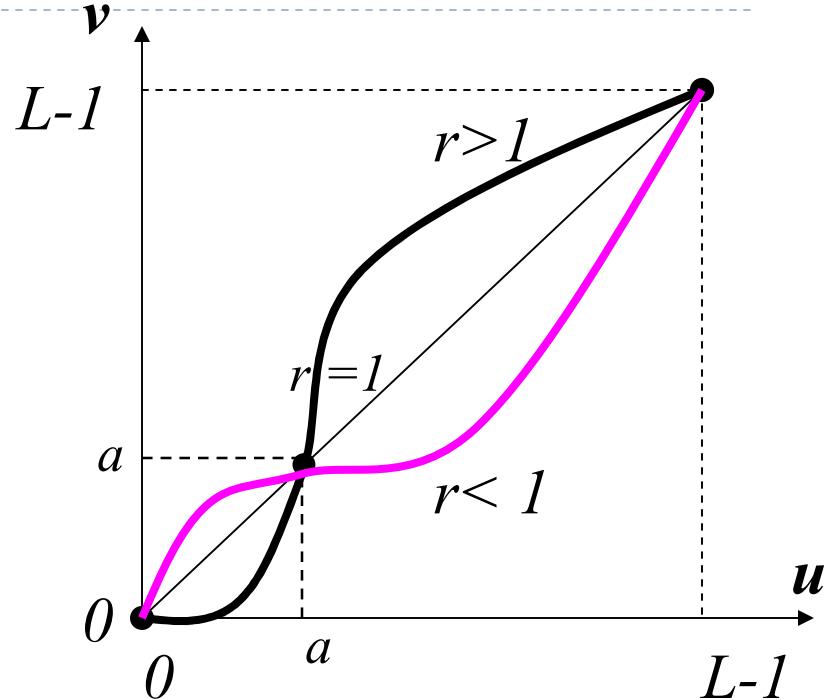


4. Modificarea neliniara a contrastului

B. Functia putere cu punct fix

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

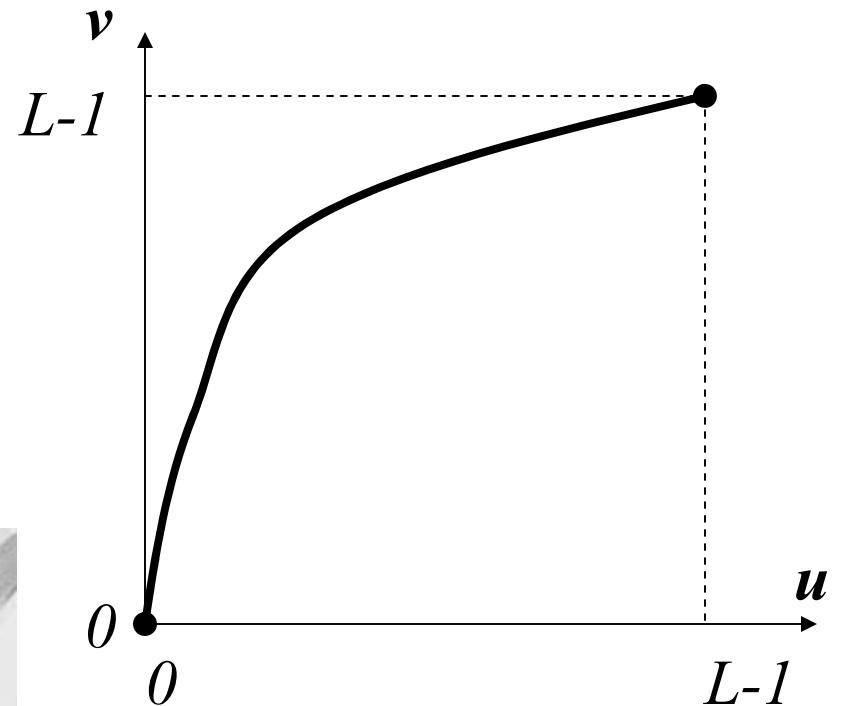
$r > 0$ parametru de reglaj



4. Modificarea neliniara a contrastului

C. Functia logaritmica

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

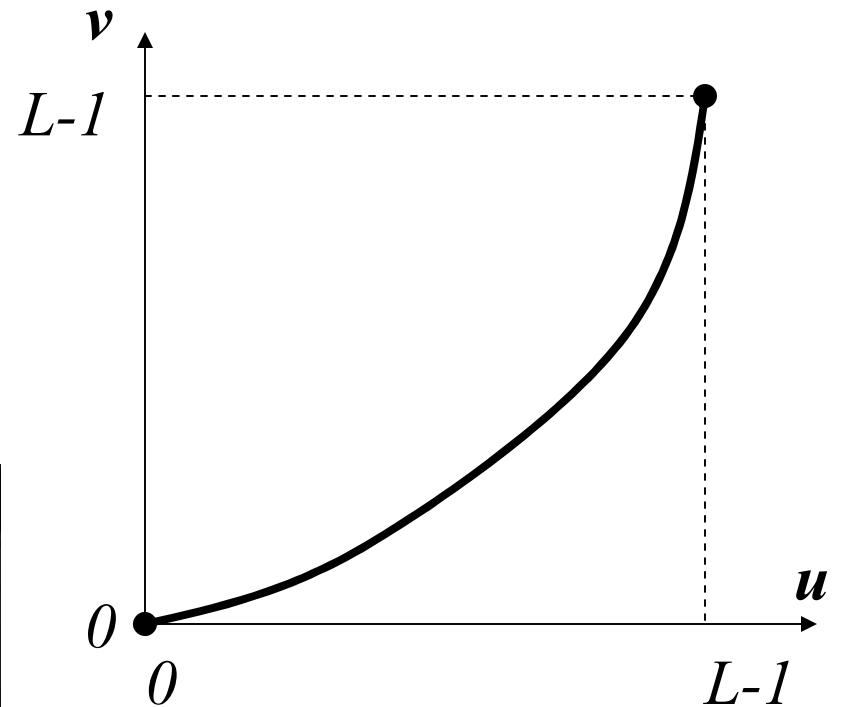
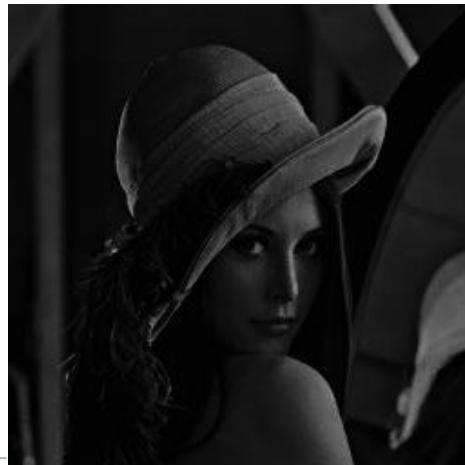


4. Modificarea neliniara a contrastului

D. Functia exponentiala

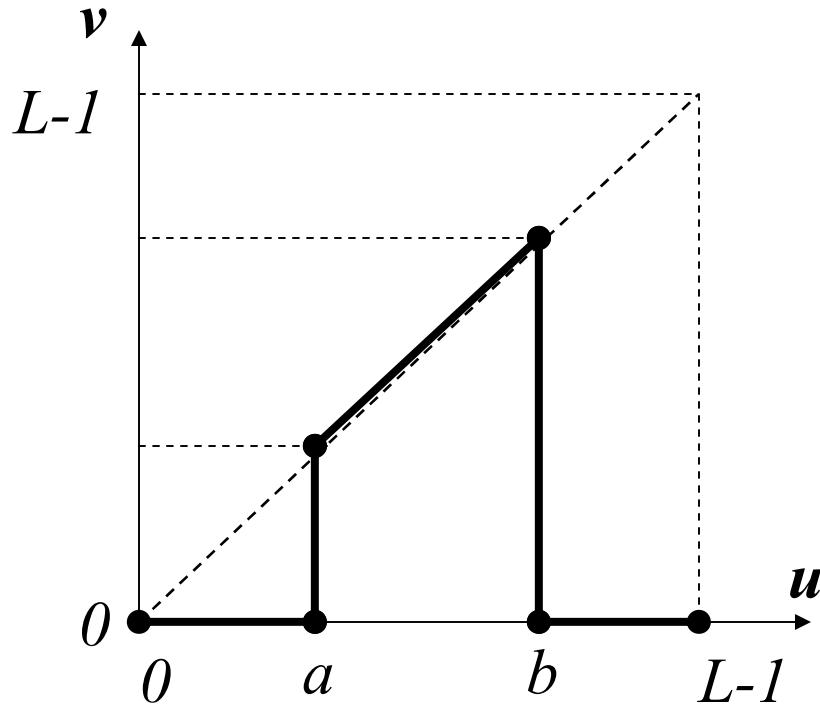
$$v = T(u) = e^{\frac{u}{L-1} \log(L)} - 1$$

este inversa transformarii logaritmice

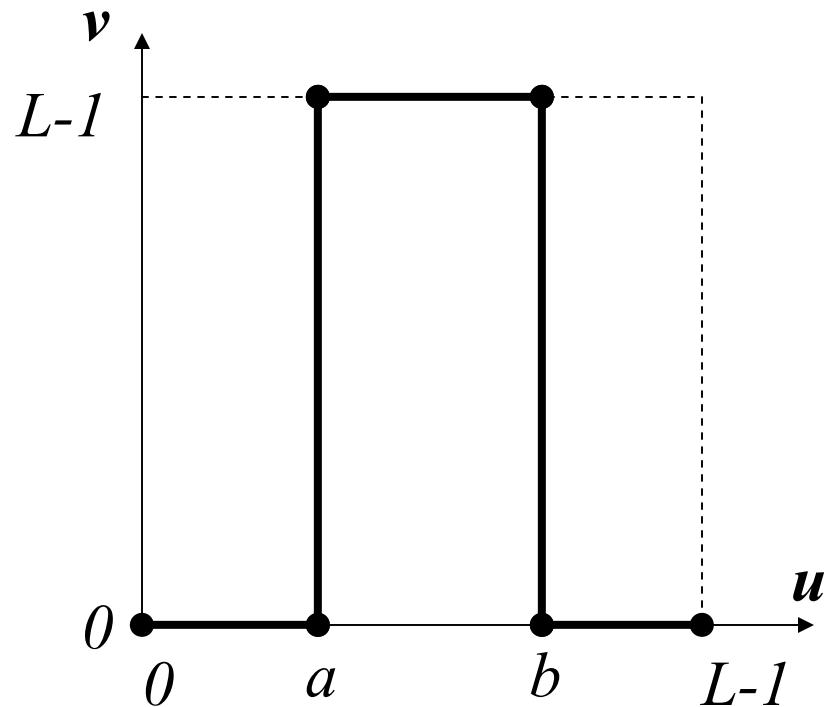


5. Alte transformari

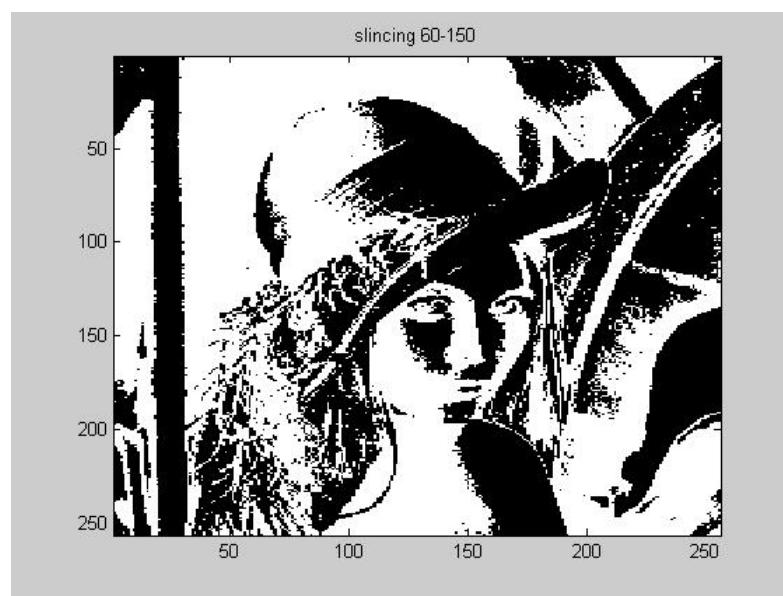
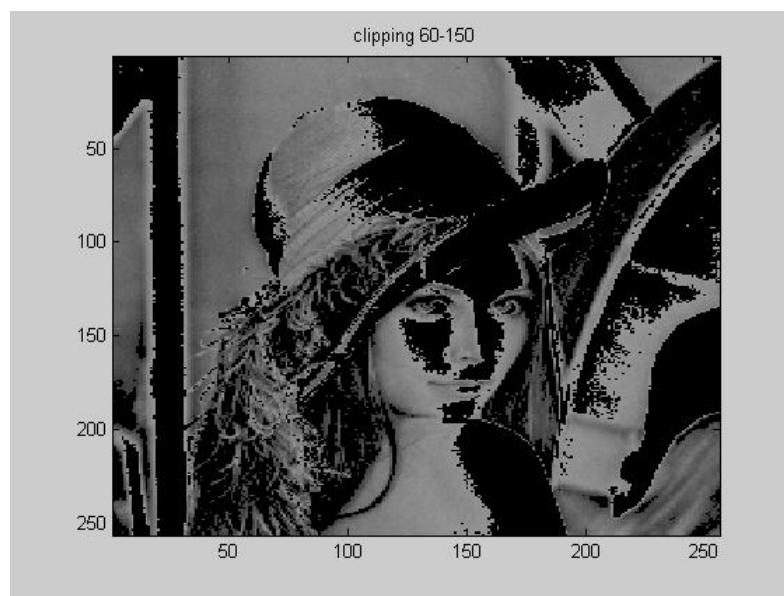
A. Decupare liniara (clipping)



B. Decupare binara (slicing)



Exemple



Observatii

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 nivalelor de gri.

Definirea prelucrarii automate implica :
characterizarea continutului imaginii
determinarea transformarii nivalelor de gri

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

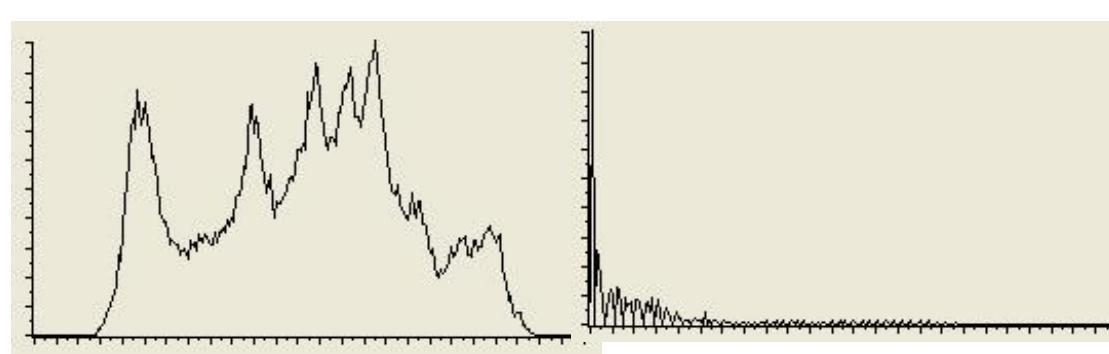
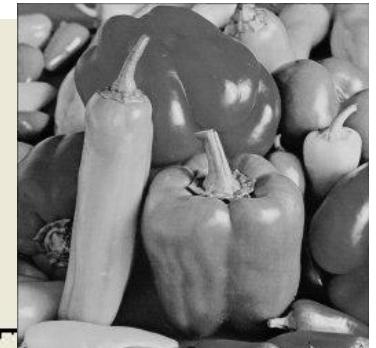
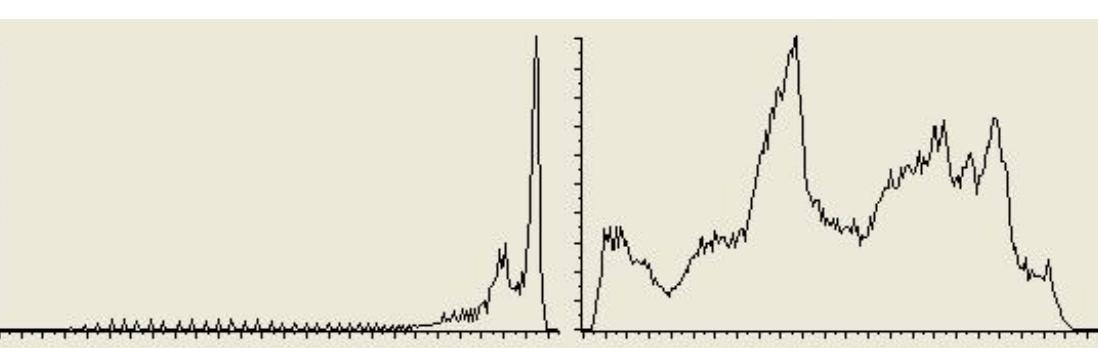
$$h(u) = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} \delta(f(m,n) - u), \quad u = 0, 1, \dots, L-1$$

Histograma arata probabilitatea de aparitie a fiecarui nivel de gri in imagine.

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

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

Histograma

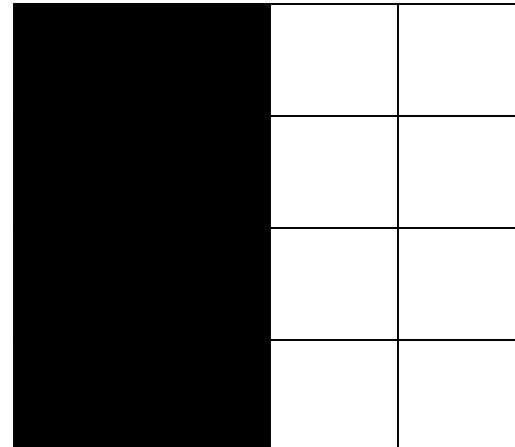
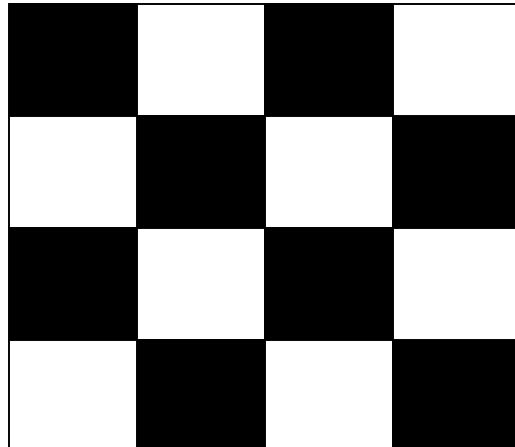


Histograma

Se poate face distinctia intre imagini intunecate / luminoase.

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

Histograma nu reflecta distributia spatiala 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.

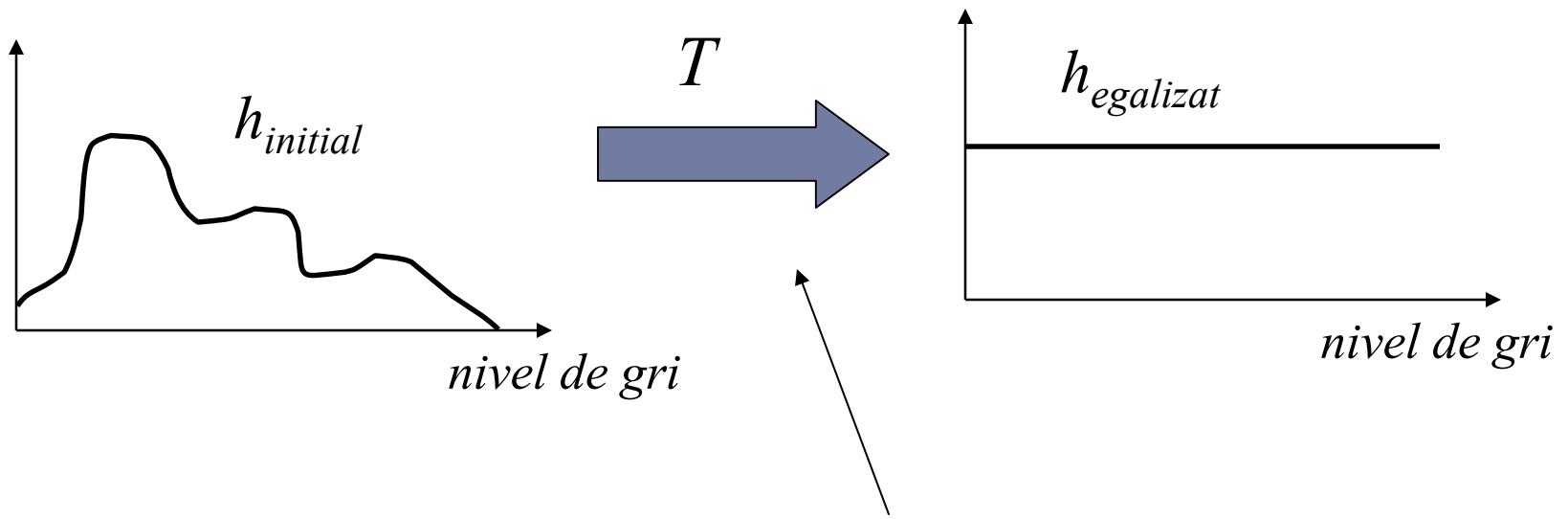
$$H(u) = H(u-1) + h(u)$$

Egalizarea histogramei

Imaginea ideală:

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

Imaginea dorită va avea deci o histogramă uniformă.



Care este transformarea ?

Egalizarea histogramei

Reamintire 1 : functii de o variabila aleatoare

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

f este bijectiva

Relatie intre functiile de densitate de probabilitate :

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

La TTI : se stie densitatea de probabilitate initiala si transformarea

La PI : se stiu densitatile de probabilitate.

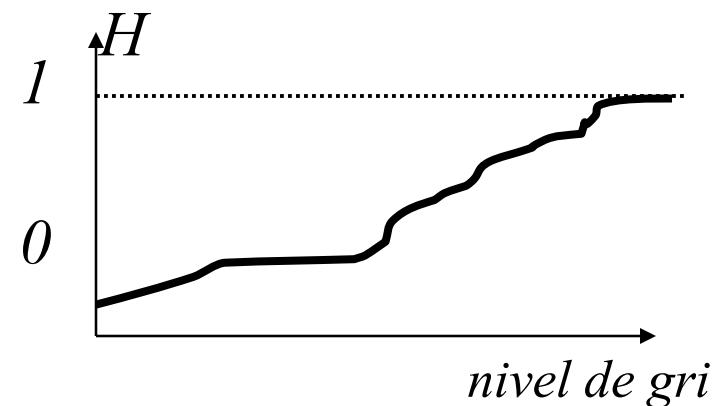
Egalizarea histogramei

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

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

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).

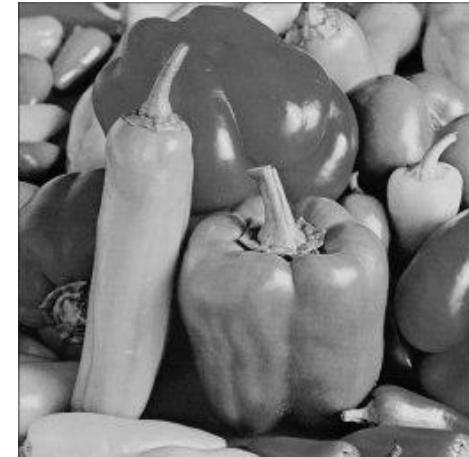
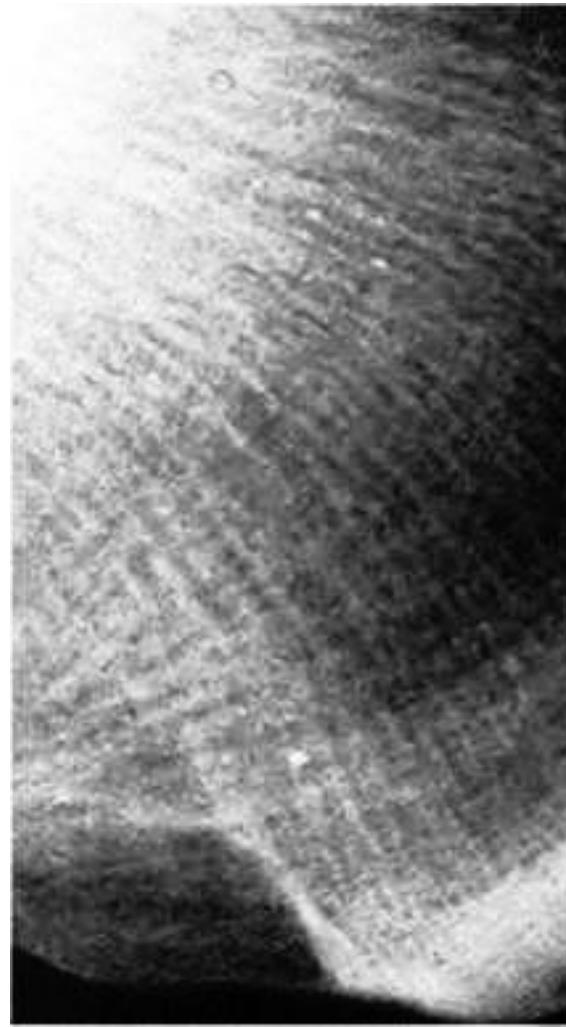
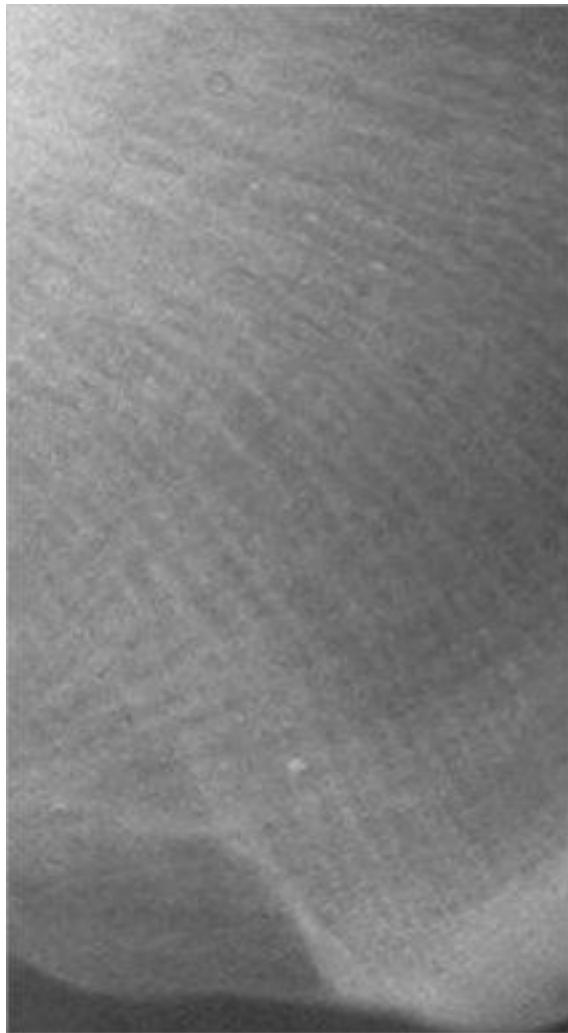
$$v = T(u) = \lceil (L - 1)H(u) \rceil$$

... sau alte variante asemanatoare

Egalizarea histogramei



Egalizarea histogramei



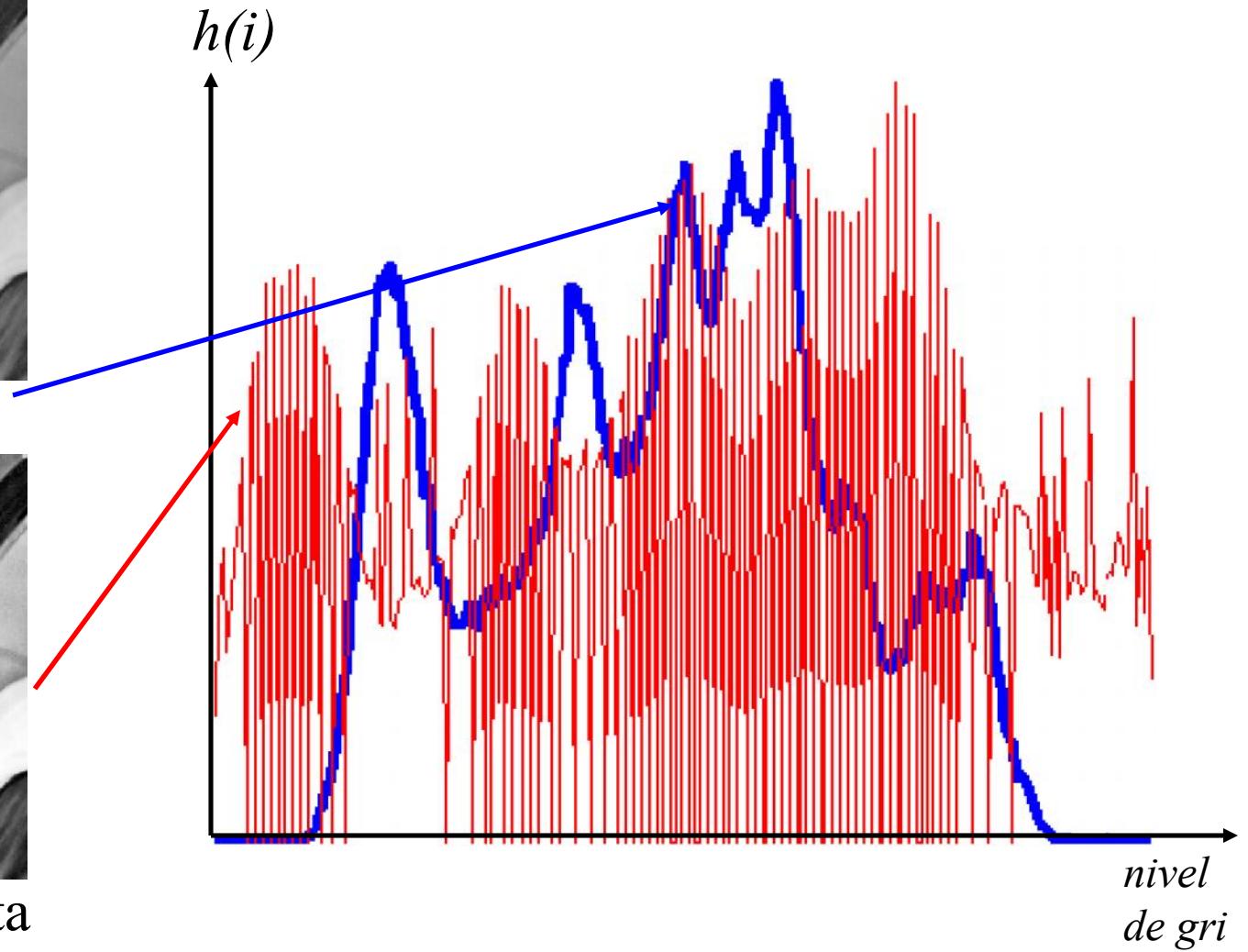
Egalizarea histogramei



imagine initială



imagine egalizată

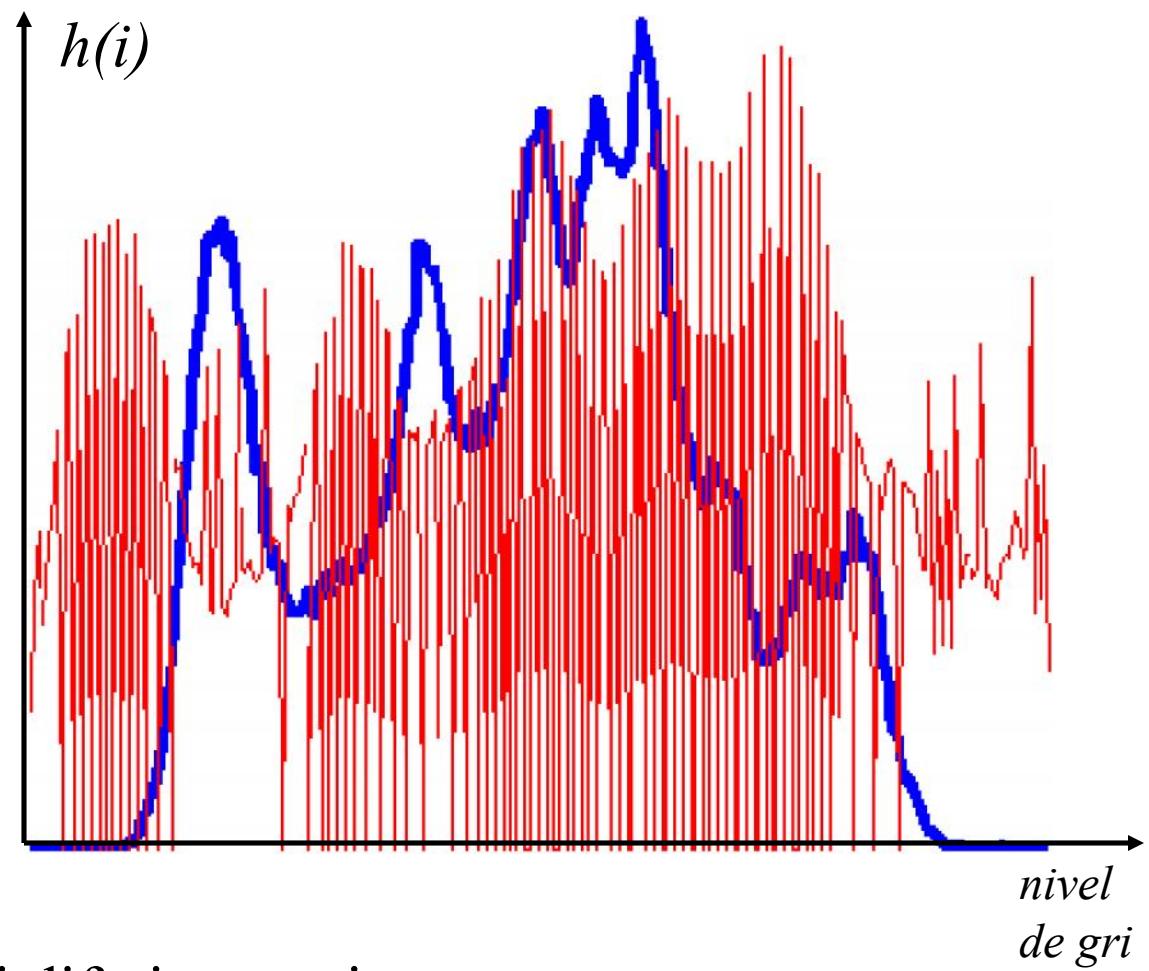


Egalizarea histogramei

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.

Egalizarea perfecta a histogramei

Limitarea esentiala provine din caracterul discret al functiei de schimbare a valorilor nivelelor de gri.

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:

$$x \pi x$$

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

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

Egalizarea perfecta a histogramei

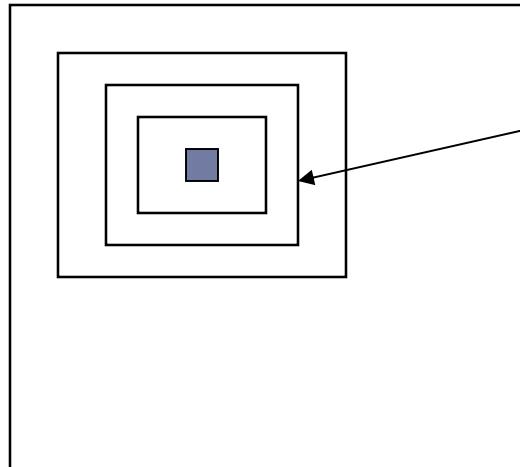
Cum sa facem distinctia intre pixelii avand un acelasi nivel de gri ? Prin introducerea de caracteristici suplimentare - un pixel va deveni descris de un vector de caracteristici si nu doar de un scalar.

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.

Egalizarea perfecta a histogramei



vecinatati pentru
calculul nivelului de
gri mediu

Pixelii se ordoneaza intr-un sir de MN pozitii :

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

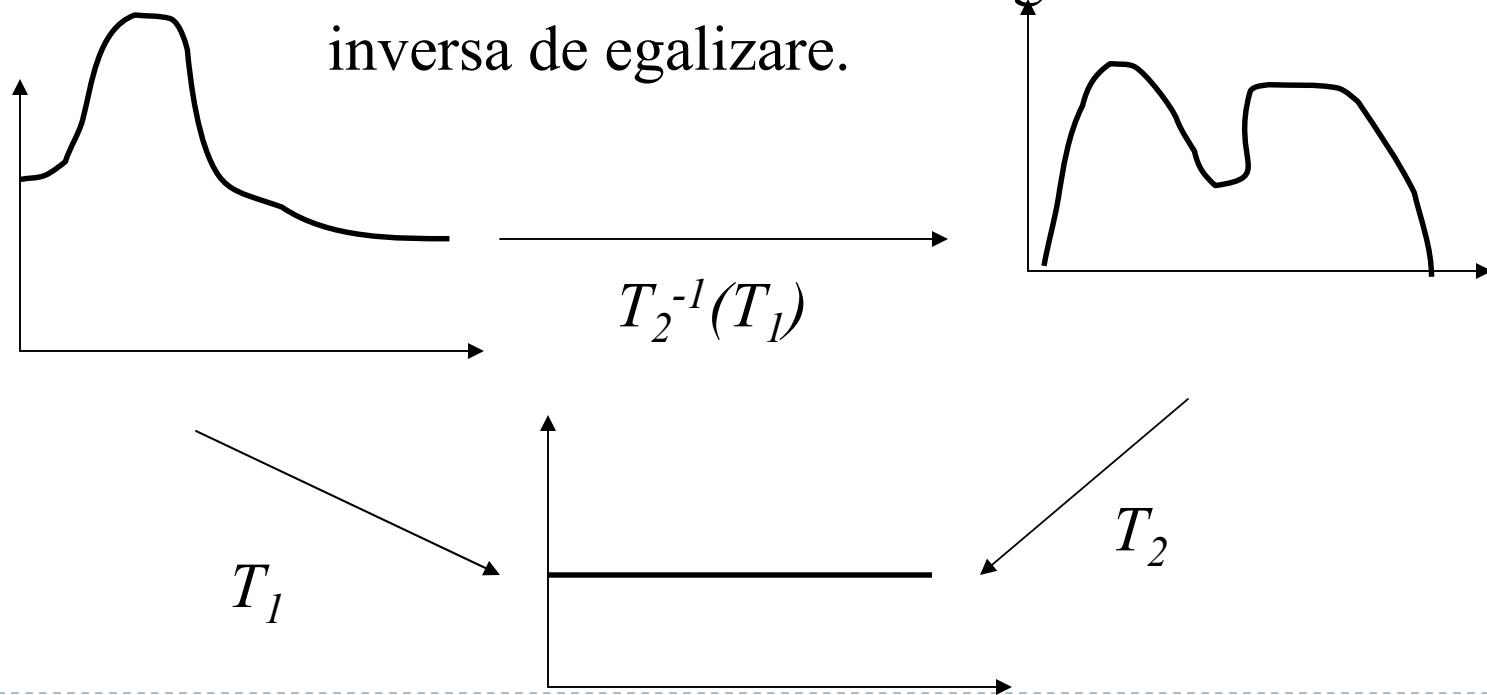
Egalizarea : primii MN/L pixeli capata valoarea 0, urmatorii MN/L pixeli capata valoarea 1, ..., ultimii MN/L pixeli capata valoarea L .

Specificarea histogramei

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

varianta : se foloseste ordonarea totala

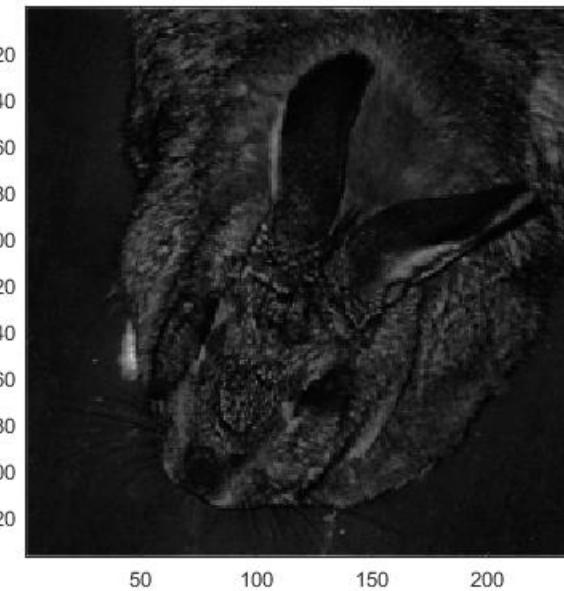
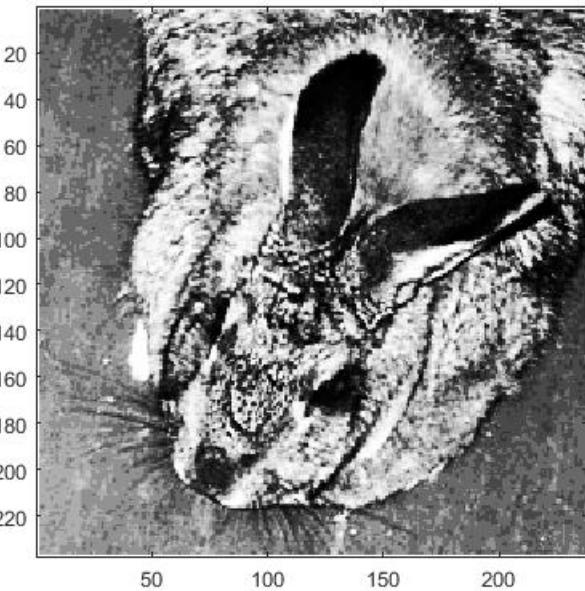
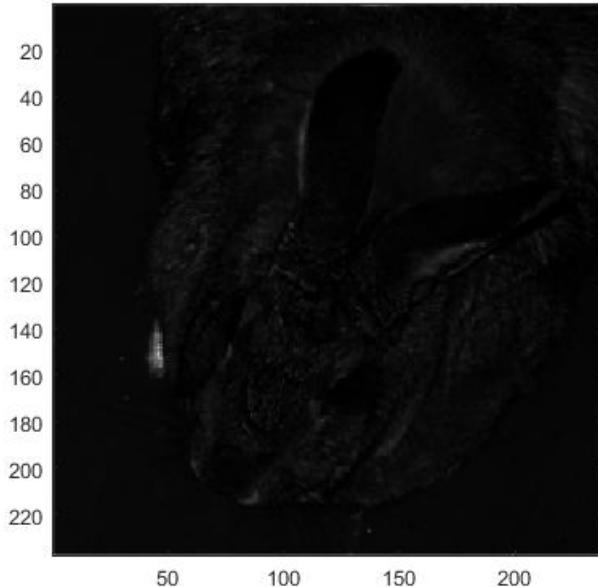
varianta : se face o transformare de egalizare si o functie inversa de egalizare.



Algoritm CLAHE

(Contrasts-limited Adaptive Histogram Equalization)

- Opereaza pe regiuni mici
- Regiunile adiacente sunt combinate folosind interpolare biliniara
- Contrastul este limitat in special in regiunile unifoerme pentru a evita amplificarea zgomotului



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 tehnicielor de afisare**, pseudocolorarea a fost adesea glorificata prin termeni ca prelucrare prin pseudocolorare sau analiza prin pseudocolorare.

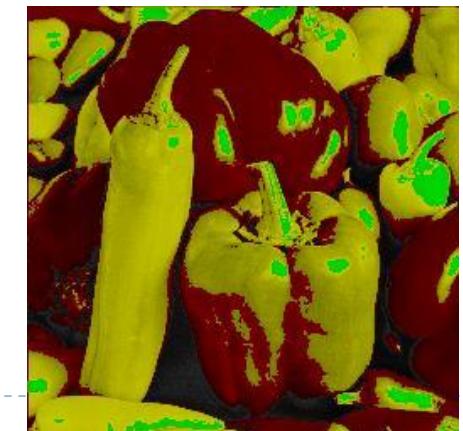
Pseudocolorarea ramâne un **accesoriu favorit** al vânzatorilor, care o utilizeaza adesea în demonstratiile produselor [software], deoarece poate stârni interesul în ochii clientilor mult mai repede decât orice alta metoda de afisare cunoscuta. Cercetarile mele au adus la lumina o lista dureros de scurta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

K. R. Castleman

Pseudocolorarea

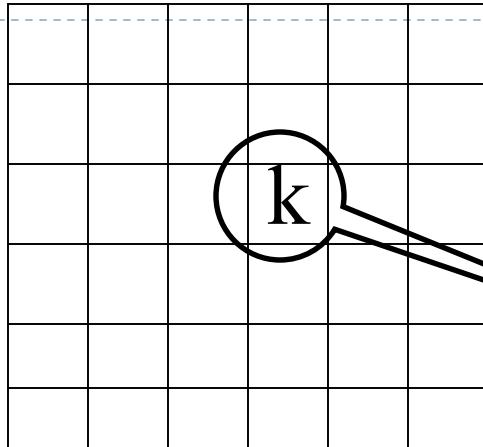
Modificarea tablelei de culoare originale a imaginii, pentru a pune în evidență, prin culori diferite de cele originale, unele detalii/ caracteristici/ obiecte ...

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



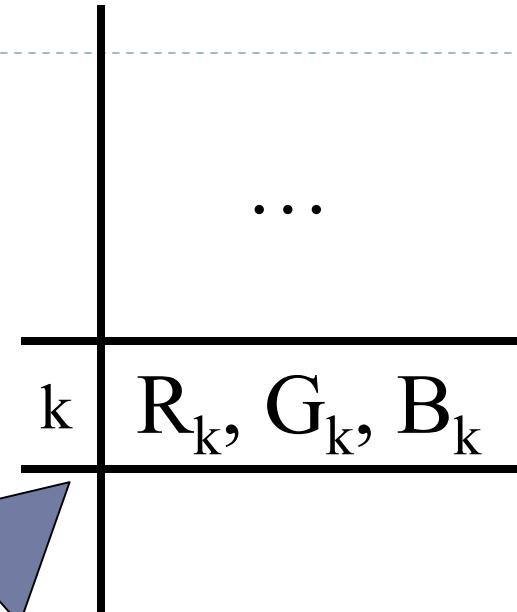
Ex. 2:

Pseudocolorarea

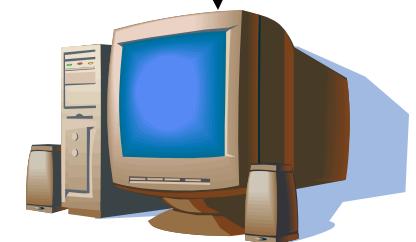


imagine

modificarea intrarilor
din tabelul de culoare



tabel de culoare
(modificat)



afisare

Implementarea operatiilor punctuale

- ▶ Prin modificarea valorilor imaginii
- ▶ Prin modificarea valorilor hartii de culoare

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 ?

Problema

Fiind data imaginea indexata de mai jos, sa se realizeze o intindere maxima a contrastului pentru nivelele de gri intre 60 si 100. Desenati functia de modificare a contrastului si harta de culoare care realizeaza aceasta functie. Care este imaginea care rezulta in urma aplicarii acestei functii? Desenati histograma imaginii initiale si cea a imaginii rezultate in urma transformarii.

20	20	20	20	20	20	20	20
160	60	60	60	60	60	60	40
160	60	70	70	70	70	20	20
160	60	70	90	100	100	60	20
160	60	70	80	80	70	60	20
160	60	70	70	70	70	60	20
160	60	60	60	60	60	60	20
160	20	20	20	20	20	20	20