



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale
2007-2013



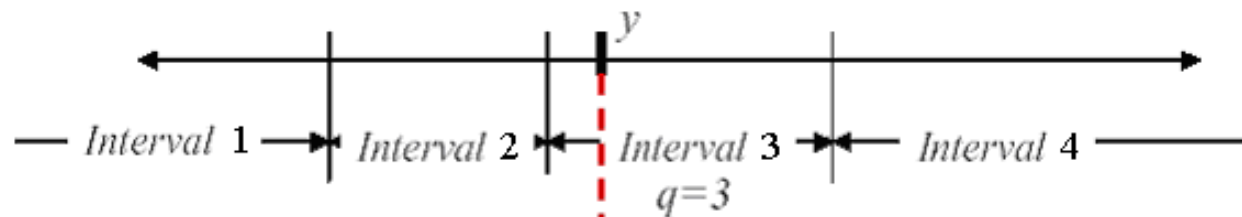
Platformă de e-learning și curriculum e-content pentru învățământul superior tehnic

Transmisia datelor multimedia in rețele de calculatoare

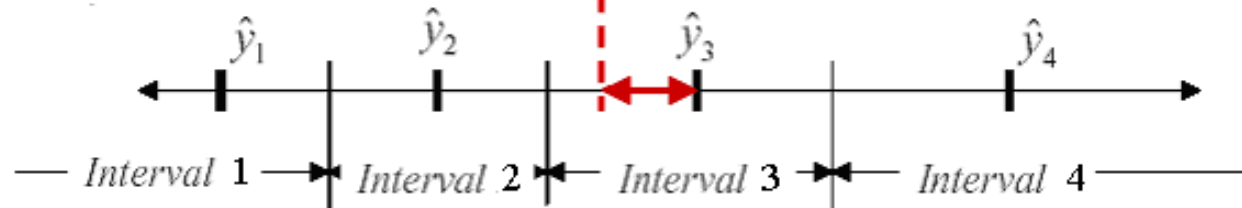
39. Standarde in compresia imaginilor

Compresia prin re-cuantizare

- Cuantizare in patru intervale:



- De-cuantizare



Compresia prin re-cuantizare

- Scopul este reducerea numarului posibil de valori pentru codare
- Figura de mai jos arata mecanismul recuantizarii cu 4 domenii
 - Se obtine un raport de compresie dat de raportul dintre numarul initial de niveluri si numarul nou de niveluri 4
 - De exemplu, fiecare valoare din intervalul 3 va fi cuantizat cu un numar, iar la decuantizare se inmulteste numarul memorat cu latimea intervalului de recuantizare

imaginea de baza



imaginea recuantizata



Compresia prin re-cuantizare

- Raportul de compresie este

$$RC = \frac{nc \cdot nl \cdot n_bit_per_pixel}{nc \cdot nl \cdot 4} = \frac{n_bit_per_pixel}{4} = \frac{8}{4} = 2$$

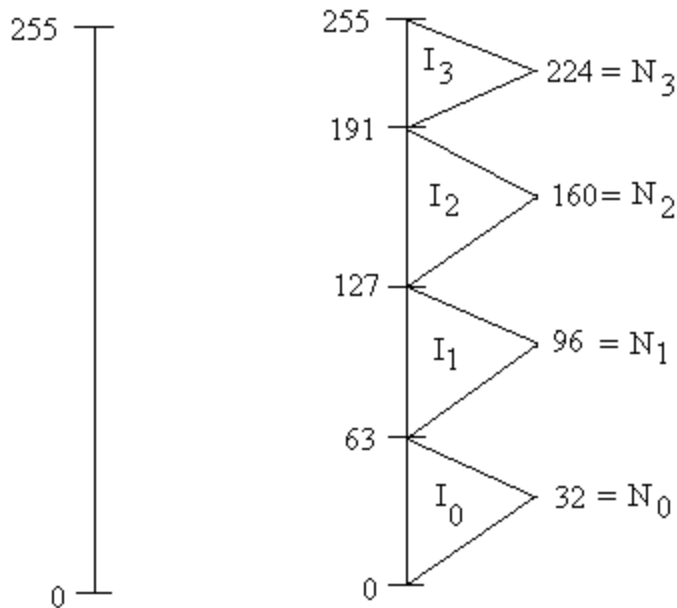
Exemplu

- Sa se faca compresia imaginii de mai jos prin metoda recuantizarii de la 8 la 2 biti pe esantion
 - Dimensiunea imaginii este de 4x4 pixeli

$$\begin{bmatrix} 10 & 10 & 10 & 10 \\ 200 & 5 & 10 & 200 \\ 200 & 5 & 10 & 200 \\ 200 & 5 & 10 & 200 \end{bmatrix}$$

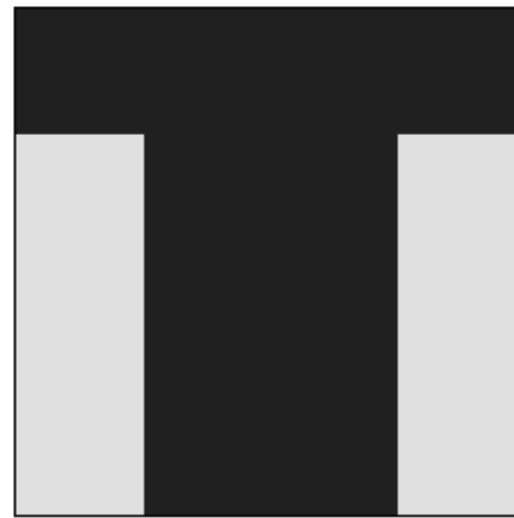

Exemplu

- Excursia nivelelor de cuantizare, de la 0 la 255, este impartita in 4 domenii de cuantizare, numerotate de la I0 la I3
- Fiecare interval este reprezentat prin numerele ce arata jumatatea intervalului
- Ceea ce trebuie memorat se refera la numarul intervalului, atat timp cat se cunoaste latimea fiecarui interval



$$\begin{bmatrix} I_0 & I_0 & I_0 & I_0 \\ I_3 & I_0 & I_0 & I_3 \\ I_3 & I_0 & I_0 & I_3 \\ I_3 & I_0 & I_0 & I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 3 \\ 3 & 0 & 0 & 3 \\ 3 & 0 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

Exemplu



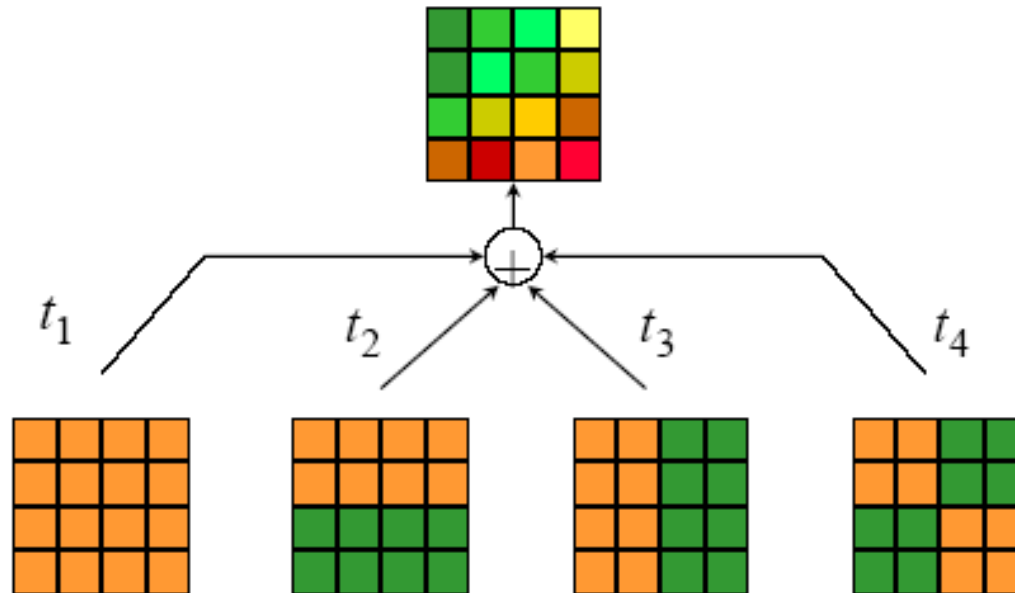
Compresia prin utilizarea transformarilor

- Compresia prin *codarea transformarii* este o tehnica foarte populara pentru compresia imaginilor si a surselor video
 - Scopul aplicarii unei transformari este de a decorela continutul imaginii din acelasi cadru sau din cadre alaturate, si de a coda coeficientii transformarii, in loc de pixelii originali ai imaginii
 - In acelasi timp se doreste micșorarea dependentei statistice dintre coeficienti, astfel incat sa se reduca numarul de biti necesari pentru transmiterea coeficientilor ramasi
- Termenul de transformare a imaginii se foloseste pentru a descrie o clasa de matrici utilizate in reprezentarea imaginilor.
 - Daca un semnal 1-D poate fi reprezentat printr-o serie ortogonala de functii de baza, la fel o imagine poate fi reprezentata in functie de o multime discreta de functii 2D, numite si functii de baza

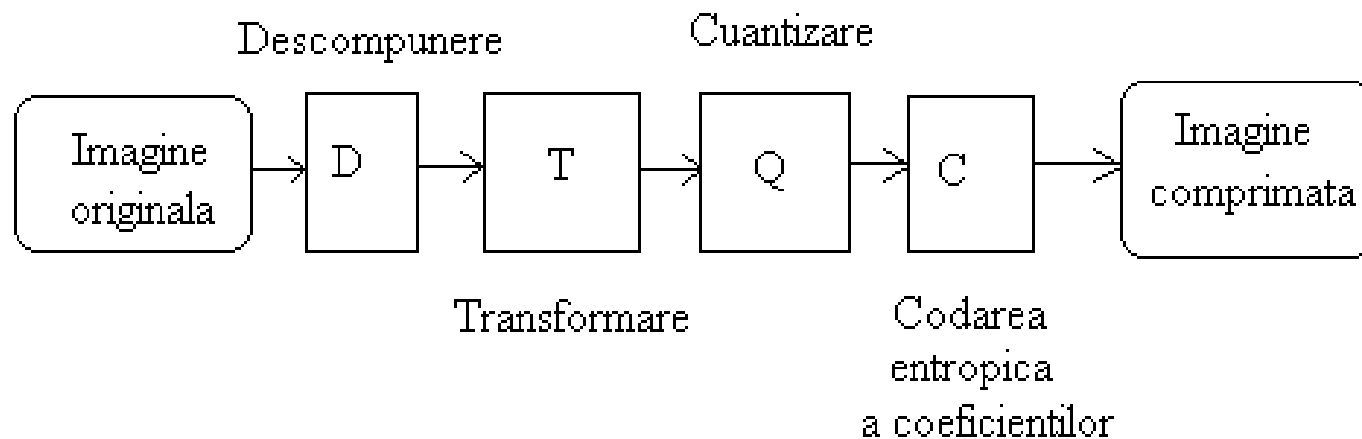
Compresia prin utilizarea transformarilor

- Ideea de baza a metodelor de tip transformate este de a descompune o imagine intr-o suma ponderata a unor imagini de baza, asa cum se prezinta in figura de mai jos
 - Criteriile de optimalitate se refera la *compactarea energiei* (un set mic de imagini de baza sunt suficiente pentru reprezentarea imaginii) si *decorelare* (coeficientii pentru imaginile de baza sunt decorelate)
- Transformata Karhunen-Loeve (KLT) este optimala pentru a matrice de covarianta data a semnalului considerat
 - Transformata cosinus discrete (DCT) este apropiata de KLT pentru imagini ce pot fi reprezentate ca procese Markov de ordinul intai (pixelii curenti depind numai de pixelii anteriori).

Descompunerea unei imagini dupa un set de imagini de baza



Transformari de baza in compresia prin codarea transformarii



Compresia prin utilizarea transformarilor

- Primul bloc realizeaza reducerea gamei dinamice a semnalului (imagine) in vederea eliminarii informatiei redundante si realizeaza impartirea imaginii in sub-blocuri acceptabile pentru realizarea eficienta a operatiei urmatoare, o transformare
- Transformarea se aplica pentru obtinerea unei reprezentari ce se poate coda mai eficient
- Blocul de cuantizare exista numai in metodele de compresie cu pierdere de informatie, intruct prin cuantizare numarul de simboluri ce trebuie codat se reduce
- Ultimul bloc, codarea entropica, presupune folosirea unor tehnici de codare tip Huffman sau codare aritmetica in vederea obtinerii unei eficiente aproape de entropiei sursei ce are ca simboluri coeficientii cuantizati

Compresia prin utilizarea transformarilor

- In general, imaginea de intrare este impartita (divizata) in blocuri disjuncte, de marime $N \times N$
- Transformarea poate fi reprezentata ca o operatie matriciala utilizand o matrice de transformare \mathbf{A} , in vederea obtinerii celor $N \times N$ coeficienti de transformare, folosind o transformare liniara, separabila si de norma unitara de tipul:

$$\mathbf{c} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{b} \cdot \mathbf{A}^T$$

- Transformarea este *reversibila* pentru ca blocul de pixeli original, poate fi reconstruit utilizand o transformare inversa unitara, unde inversa matricii \mathbf{A} este identica cu matricea transpusa, deci $\mathbf{A}^{-1} = \mathbf{A}^T$, astfel incat:

$$\mathbf{b} = \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{c} \cdot \mathbf{A}$$

Compresia prin utilizarea transformarilor

- Transformarea insasi nu face nici o compresie
 - Scopul transformarii este de a decorela semnalul de intrare ceea ce duce la re-distributia energiei semnalului peste un numar mic de coeficienti, coeficientii transformarii
 - Intrucat energia semnalului se conserva rezulta ca u are loc pierdere de energie si de informatie
 - In acest fel multi coeficienti pot fi neglijati dupa cuantizare si inaintea codarii
- In plus, prin considerarea si includerea unui model al aparatului vizual, in speta a functiei de sensibilitate la contrast, in procesul de cuantizare a coeficientilor rezulta – de asemenea – o marire a eficientei compresiei

Compresia prin utilizarea transformarilor

- O transformare se numeste uni-dimensională (1D) dacă este aplicată într-o singură direcție (dimensiune) a unei imagini, adică pe linie sau pe coloană
- O transformare bi-dimensională (2D) este aplicată unui bloc 2D de pixeli
- O transformare este *separabilă* dacă nucleul transformării poate fi descompus în două nuclee 1D pentru operațiile efectuate pe verticală și pe orizontală
 - Astfel o transformare separabilă aplicată unui bloc de $N \times N$ pixeli poate fi efectuată în doi pași
 - Mai întâi se aplică o transformare 1D în N puncte pe orizontală, deci pe fiecare linie a blocului, și apoi o altă transformare 1D pe coloanele blocului
 - Prin transformata 1D în N puncte se înțelege o transformare 1D efectuată pe N pixeli

Compresia prin utilizarea transformarilor

- In alegerea tipului de transformare se are in vedere gradul de decorelare a imaginii, functiile de baza dupa care se face descompunerea, numarul de operatii necesar pentru realizarea transformarii, rapiditatea implementarilor
- Cele mai folosite transformari sunt:
 - Transformata Fourier Discreta (DFT)
 - Transformata Karhunen-Loeve (KLT)
 - Transformata cosinus discreta (DCT)
 - Transformata Walsh-Hadamard (WHT)

Transformata cosinus discreta (DCT)

- Cea mai folosita transformare este DCT aplicata unor blocuri de marime mica, 8x8 pixeli
 - Explicatia consta in puterea de decorelare si in existenta unor algoritmi pentru implementari de timp real
- DCT este apropiata de transformata Fourier discreta si trebuie retinut ca coeficientii acesteia (DCT) pot fi interpretati in domeniul frecventa
 - Coeficienti DCT mici arata/corespund unor frecvente spatiale mici in blocurile de imagine considerate
 - Coeficienti DCT mari corespund frecventelor mari

Transformata cosinus discreta (DCT)

- Pentru aplicarea transformării, se esantionează o imagine la intervale regulate, se analizează componentele spectrale prezente în esanționare, se înlătură acele frecvențe care nu afectează imaginea din punctual de vedere al ochiului uman
 - Această metoda este baza pentru standardele JPEG, MPEG, (CCIT)H.261 și H.263
- A fost dezvoltată de Ahmed, Natarajan, and Rao [1974]
- S-a folosit prima oară în compresia imaginilor de Chen and Pratt [1984]

Transformata cosinus discreta (DCT)

- Pentru o matrice s de dimensiune $n \times n$, DCT 2D se calculeaza simplu:
 - DCT 1D se aplica pentru fiecare linie a lui s
 - apoi fiecarei coloane a rezultatului
- Relatiile de calcul sunt:

$$S(u, v) = \frac{2}{\sqrt{nm}} \cdot C(u) \cdot C(v) \cdot \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} s(i, j) \cdot \cos \frac{(2i+1)u\pi}{2n} \cdot \cos \frac{(2j+1)v\pi}{2m}$$

$$u = 0, 1, \dots, n-1; \quad v = 0, \dots, m-1$$

$$C(u) = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & \text{daca } u = 0 \\ 1, & \text{daca } u \neq 0 \end{cases}$$

$$C(v) = \begin{cases} 1/\sqrt{2}, & \text{daca } v = 0 \\ 1, & \text{daca } v \neq 0 \end{cases}$$

Transformata cosinus discreta (DCT)

- In notatie matriciala:

$$\mathbf{S}_{n \times n} = \mathbf{A}_{n \times n} \cdot \mathbf{s}_{n \times n} \cdot \mathbf{A}^T_{n \times n}$$

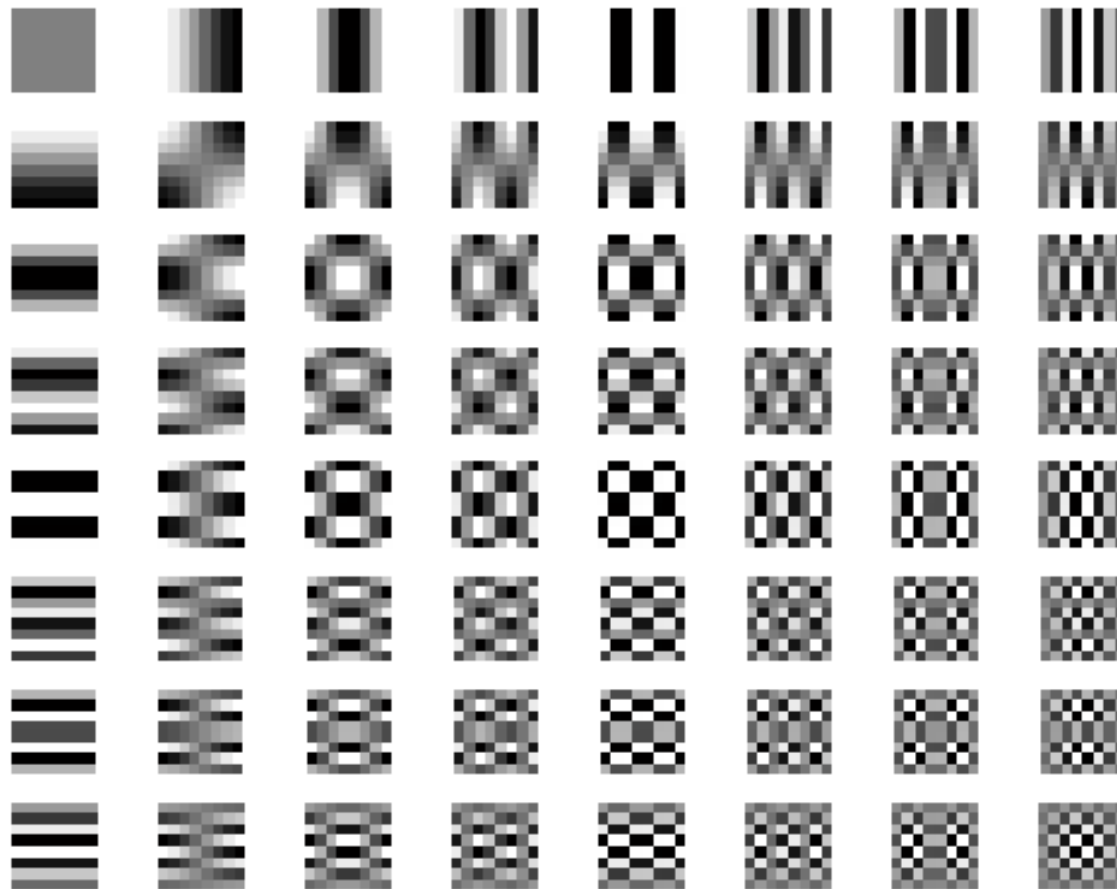
- Refacerea informatiei originale inseamna:

$$\mathbf{s}_{n \times n} = \mathbf{A}^T_{n \times n} \cdot \mathbf{S}_{n \times n} \cdot \mathbf{A}_{n \times n}$$

Transformata cosinus discreta (DCT)

- Ca și în cazul uni-dimensional, fiecare element $S(u, v)$ al transformării este produsul intern între intrare și funcția bază, unde – în acest caz – funcțiile de bază sunt matrici de dimensiune $n \times n$
- Fiecare matrice de bază este produsul a doi vectori de bază
- Fiecare matrice de bază poate fi considerată ca o imagine

Matricele de baza ai transformatei cosinus bidimensionale, $n=8$



Transformata cosinus discreta (DCT)

- Fiecare matrice de baza este caracterizata de o frecventa spatiala, orizontala si verticala
 - Matricile din figura sunt aranjate de la stanga la dreapta si de sus in jos in ordinea crescatoare a frecventelor
- Fiecare pixel din imaginea DCT descrie ponderea fiecărei matrici de baza in semnalul (imagine) de la intrare
 - Pixelii sunt aranjati, in ordinea crescatoare a frecventelor de la stanga la dreapta si de sus in jos
 - Cel mai stralucitor pixel din coltul din dreapta sus este cunoscut ca termenul de current continuu, sau componenta medie, cu frecventa $\{0,0\}$
 - El este media pixelilor de la intrare, si este – tipic – cel mai mare coeficient in DCT al imaginilor naturale

Modelarea statistica a coeficientilor DCT

- Coeficientii DCT urmaresc o functie densitate de probabilitate de tip gaussiană generalizată cu medie de forma:

$$w_{GG}(x; \mu, \sigma, p) = \frac{v \cdot \alpha(y)}{2\Gamma\left(1 + \frac{1}{p}\right) \cdot A(\sigma, p)} \cdot e^{-\frac{|x - \mu|^p}{A(\sigma, p)}}, \quad x \in \mathfrak{R}$$

unde $\mu \in \mathfrak{R}, p, \sigma > 0$

- Functia

$$A(\sigma, p) = \sqrt{\sigma^2 \cdot \frac{\Gamma(1/p)}{\Gamma(3/p)}}$$

este o functie de scalare astfel incat si p este un parametru de forma

Modelarea statistica a coeficientilor DCT

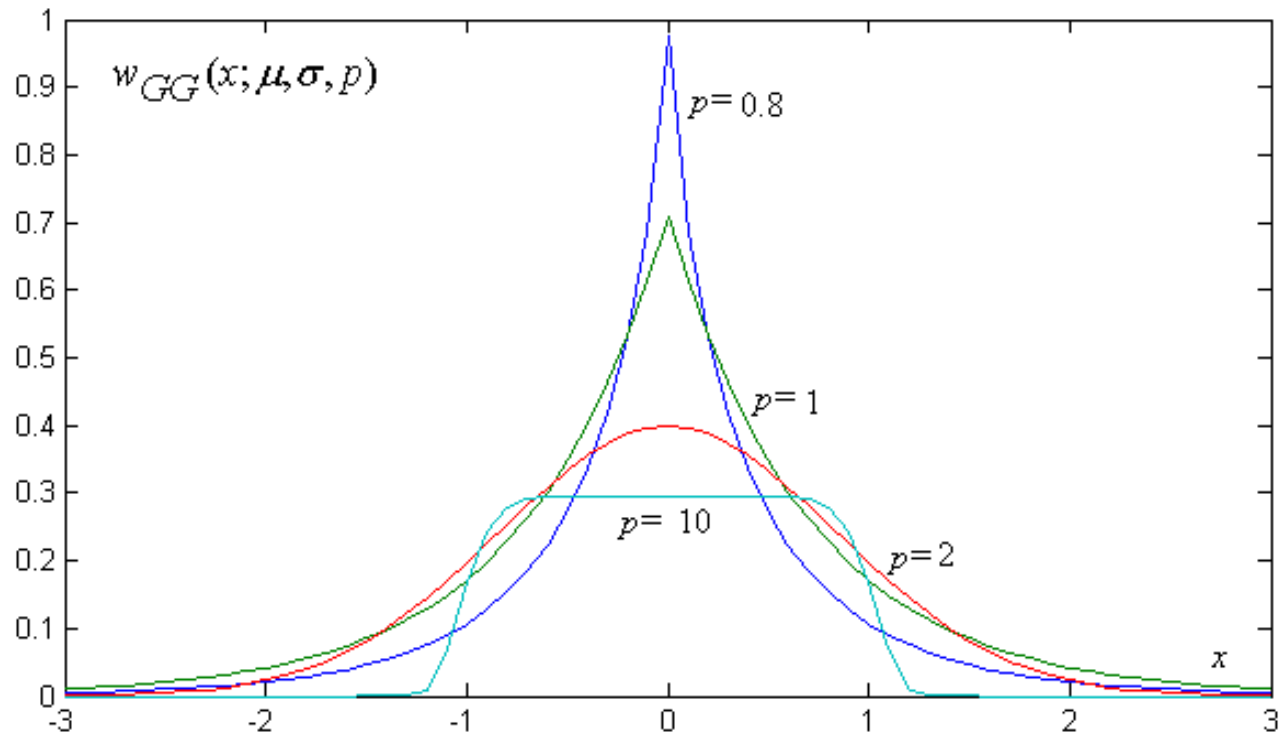
- Functia gamma este definita prin:

$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} x^{p-1} \cdot e^{-x} \cdot dx$$

- In raport cu u si v , care sunt indicii coeficientilor DCT din cadrul unui bloc, marimile de mai sus sunt constante pentru un coeficient, si controleaza forma si varianta
 - Daca parametrul de forma, p , este 1 atunci distribuita gaussiană generalizata devine distributie Laplace
 - Daca parametrul de forma are valoarea 2 se obtine distributia gaussiană.

Modelarea statistica a coeficientilor DCT

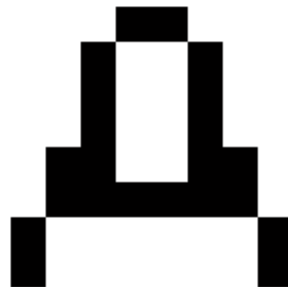
- Functia densitate de probabilitate gaussiană generalizată, cu diferite valori ale parametrului de forma



Exemplu - Litera A (8x8 pixel) si coeficientii DCT

- Se considera problema compresiei unei imagini, ce reprezinta litera A

imaginea originala



distributia coeficientilor



s =

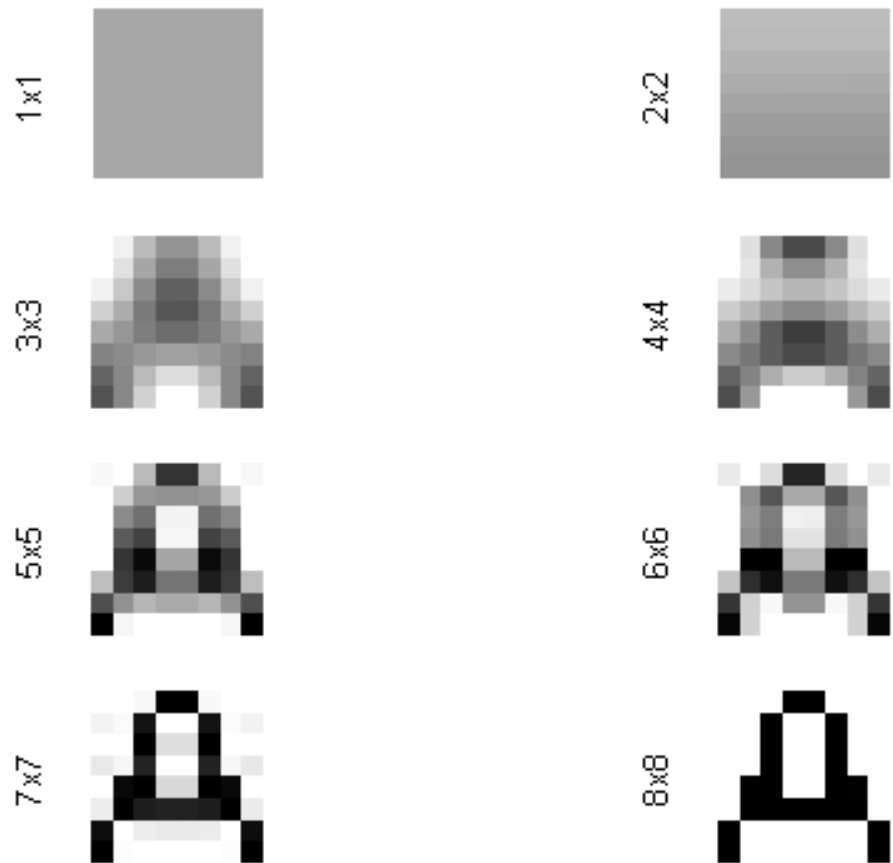
255	255	255	0	0	255	255	255
255	255	0	255	255	0	255	255
255	255	0	255	255	0	255	255
255	255	0	255	255	0	255	255
255	0	0	255	255	0	0	255
255	0	0	0	0	0	0	255
0	255	255	255	255	255	255	0
0	255	255	255	255	255	255	0

S =

1.00	0.00	0.07	0.00	0.14	0.00	-0.18	0.00
0.09	0.00	0.25	0.00	0.09	0.00	-0.05	0.00
0.11	0.00	-0.10	0.00	-0.36	0.00	0.05	0.00
-0.17	0.00	0.15	0.00	0.01	0.00	0.24	0.00
0.04	0.00	-0.02	0.00	-0.04	0.00	0.06	0.00
0.08	0.00	-0.00	0.00	-0.18	0.00	0.00	0.00
-0.09	-0.00	0.14	0.00	-0.00	0.00	0.10	0.00
0.04	0.00	-0.11	-0.00	-0.00	0.00	0.02	0.00

Exemplu - Litera A refacuta pentru numar diferit de coeficienti

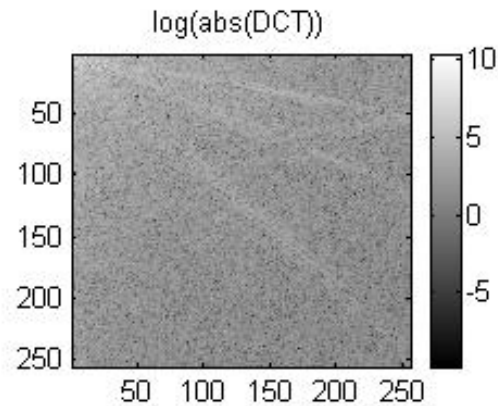
Selectarea numarului de coeficienti se bazeaza pe faptul ca cele mai mari valori se gasesc in jurul frecventelor joase (cel puțin pentru imagini naturale)



Compresia unei imagini prin DCT - raportul de compresie este 4

cameraman.tif

size = 65240 Bytes



101 din 65536 coef.



3677 din 65536 coef.



Compresia unei imagini prin DCT

- In primul caz s-au retinut 101 coeficienti si in al doilea caz s-au retinut 3677 coeficienti
- Raportul de compresie este:

$$RC = \frac{nc \cdot nl \cdot n_bit_per_pixel}{n_coef \cdot n_bit_per_coef}$$

$$RC = \frac{256 \cdot 256 \cdot 8}{101 \cdot 32} = 162$$

$$RC = \frac{256 \cdot 256 \cdot 8}{3677 \cdot 32} = 4.45$$

unde:

- nc este numarul de coloane
- nl este numarul de linii
- $n_bit_per_pixel$ este numarul de biti pentru reprezentarea intensitatii unui pixel
- n_coef este numarul de coeficienti considerati in transformare
- $n_bit_per_coef$ este numarul de simboluri binare pentru reprezentarea unui coeficient
- Exemplu: pentru imagini cu nivele de gri: $n_bit_per_pixel = 8$ si $n_bit_per_coef = 32$