



Technical University of Cluj - Napoca
Computer Science Department

Procesarea Imaginilor

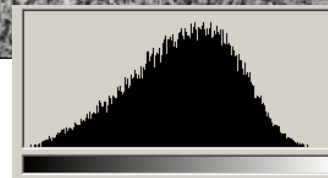
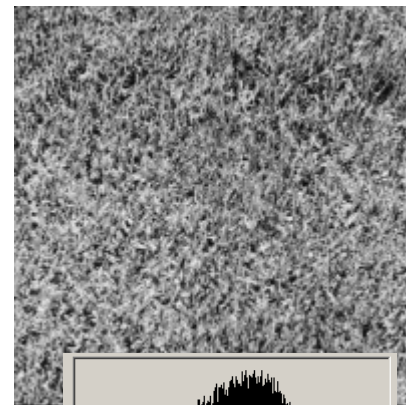
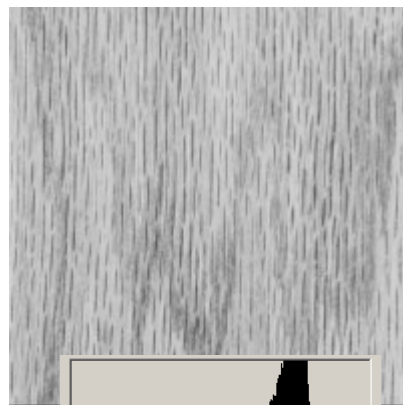
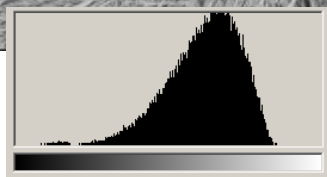
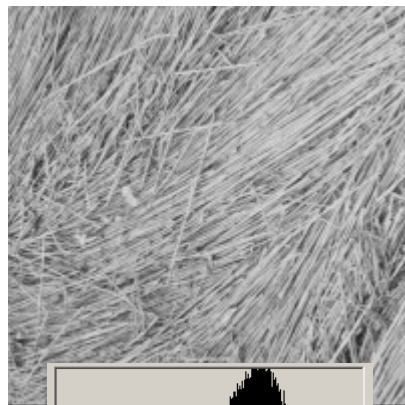
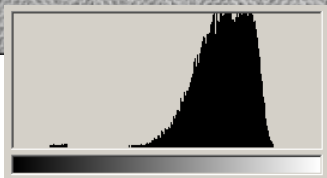
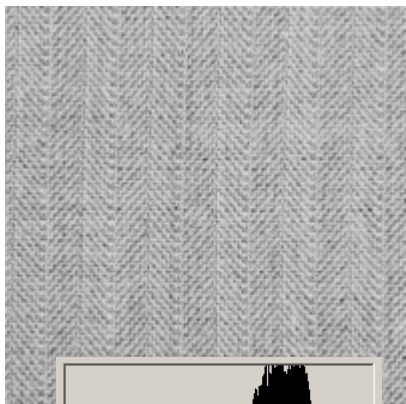
Curs 13

Texturi: Caracterizarea si extragera trasaturilor texturale



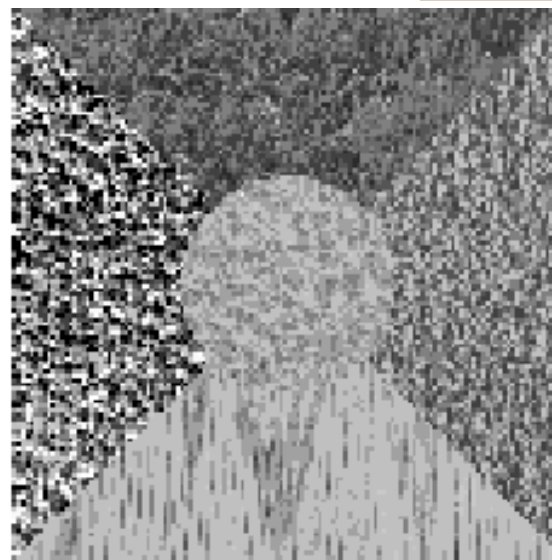
Textura

Definitie := trăsătura ce caracterizează distribuția spațială sau repetitivă a nivelelor de intensitate/culoare ale suprafețelor obiectelor / zonelor de interes.



Caracteristici:

- Contrastul
- Direcționalitatea
- Regularitatea
- Finețea
- Asperitatea
- Netezimea
- Granulația
- Incidența
- Alinierea
- Iregularitatea
- etc.





Caracterizarea texturilor

Metodele de extragere a trăsăturilor texturale ale imaginilor sunt clasificate in 4 categorii:

-**structurale**: utilizeaza **primitive** pentru descrierea elementelor de textură și găsierea **regulilor de descriere** a **relațiilor spațiale** dintre elemente; aceste metode sunt potrivite pentru expunerea structurilor de tip **macro regulate**.

-**statistice**: sunt potrivite pentru texturi de tip '**micro**'. Se identifică astfel taxonomia tehnicilor statistice bazate pe: **funcții de corelație**, **operatori pe muchii**, **matrice pe nivele de gri de tip 'co-occurrence'**, **grey-level run-lengths** și **modele autoregresive** la care se adaugă măști de filtrare de tip **trăsături de tip Law's energy**, **sume a nivelelor de gri** și **diferența histogramelor**.

- **analiza în domeniul de frecvențe** (FT, FFT, CT)

- **tehnici bazate pe modele** ca și câmpurile Markov și **fractali**



Textura macro-regulata



Textura micro



Trasaturi statistice de ordin 1

Media nivelelor de gri - o masura a intensitatii medii a imaginii/regiunii de interes (ROI). O valoare mare arata o imagine/regiune cu luminozitate ridicata, in timp ce o valoare mica indica o imagine/regiune intunecata.

$$\mu = \sum_{g=0}^L g \cdot p(g) = \frac{1}{M} \sum_{g=0}^L g \cdot h(g) = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} I(i, j)$$

Deviatia standard - masura a contrastului unei imaginii/regiunii de interes (ROI). O valoare mare arata o imagine/regiune cu contrast ridicat (histograma latita), in timp ce o valoare mica indica o imagine/regiune cu contrast ridicat scazut (histograma ingusta).

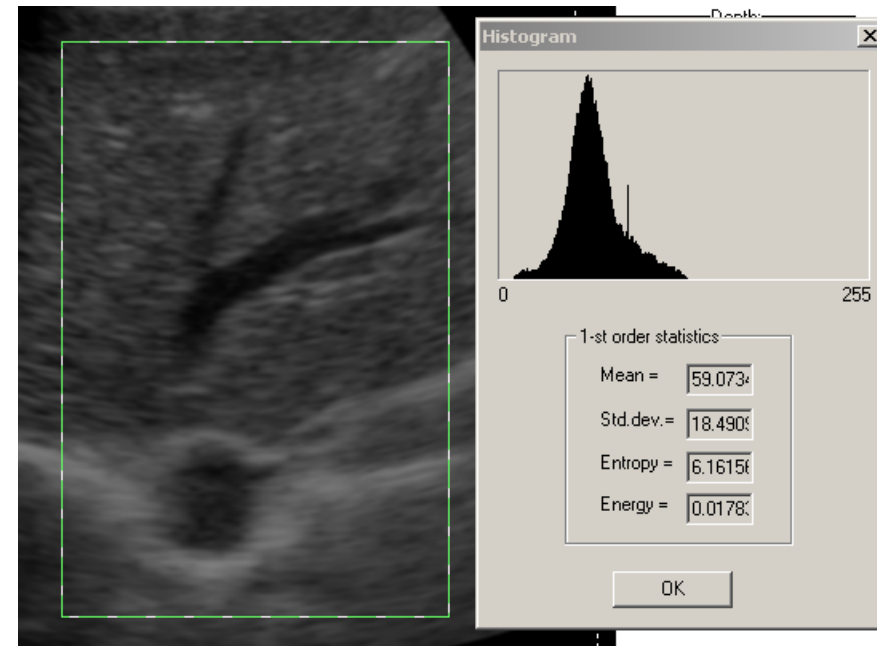
$$\sigma = \sqrt{\sum_{g=0}^L (g - \mu)^2 \cdot p(g)} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{W-1} (I(i, j) - \mu)^2}$$

Energia – masura a numarului de nivele de gri din imagine/ROI. O valoare scazuta indica un numar mare de nivele de intensitate in timp ce o valoare mare indica un numar scazut de nivele de intensitate (valoarea maxima 1 indica un singur nivel de intensitate).

$$E = \sum_{g=0}^L [p(g)]^2$$

Entropia – este o masura a informatiei medii a imaginii (nr. de nivele de gri din imagine \approx nr. de biti necesari pentru a codifica imaginea). O valoare mare indica faptul ca intensitatile pixelilor sunt distribuite pe toata plaja de valori ($H_{MAX} = \log_2 L$ – FDP uniforma).

$$H = - \sum_{g=0}^L p(g) \cdot \log_2 p(g)$$





Trasaturi statistice de ordin 2

Matricea de coocurenta a nivelurilor de gri (GLCM)

⇒ construirea unei matrici care sa contorizeze numarul de perechi de pixeli, avand doua valori distincte ale intensitatii, situati la o anumita distanta \mathbf{d} unul fata de celalalt.

Fie $\mathbf{D} = \{(\mathbf{dx}, \mathbf{dy})\}$ - un set de vectori de deplasament ($\mathbf{dx}=\mathbf{dy} \approx 1 \dots 2$)

Un element al matricii de coocurenta a nivelelor de gri calculeaza cardinalul (#) setului \mathbf{S} al pixelilor care iau doua valori distincte, $\mathbf{g1}$ si $\mathbf{g2}$, ale intensitatii si sunt situati la distanta $(\mathbf{dx}, \mathbf{dy})$ unul fata de celalalt:

$$C_D(\mathbf{g1}, \mathbf{g2}) = \#\{(x,y), (x',y')\}: f(x,y)=\mathbf{g1}, f(x',y')=\mathbf{g2}, x=x'+\mathbf{dx}, y=y'+\mathbf{dy}\}$$

Pentru a se putea face comparatia intre texturi din imagini de dimensiuni / rezolutii diferite, in practica se utilizeaza matricea **GLCM normalizata**:

$$p(\mathbf{g}_1, \mathbf{g}_2) = \frac{C_D(\mathbf{g}_1, \mathbf{g}_2)}{\sum_{\mathbf{g}_1=0}^{G-1} \sum_{\mathbf{g}_2=0}^{G-1} C_D(\mathbf{g}_1, \mathbf{g}_2)}$$



Trasaturi statistice de ordin 2

Trastauri GLCM

Contrastul (inertia) - descrie modul de variatie al nivelurilor de intensitate ale texturii :

$$\text{Contrast} = \sum_i \sum_j (i-j)^2 p(i, j)$$

Analizand structura matricii de coocurenta a nivelurilor de gri, putem obtine informatii cu privire la contrast:

- valori mari apropiate de diagonala principala si valori mici spre margini inseamna **contrast scazut**
- valori mici apropiate de diagonala principala si valori mari spre margini inseamna **contrast ridicat**

Omogenitatea locala - caracterizeaza textura din punctul de vedere al omogenitatii (uniformitatii) valorilor de intensitate, fiind cu atat mai mare cu cat diferenta intre doua valori de intensitate i, j , ale unor pixeli situati la distanta (dx, dy) unul fata de celalalt, este mai mica.

$$\text{Homogeneity} = \sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} \frac{1}{1 + (i - j)^2} p(i, j)$$



Trasaturi statistice de ordin 2

Corelatia exprima gradul de dependenta a valorilor de intensitate i, j din imagine, situate la distanta (dx, dy) unele fata de celelalte, probabilitatea de aparitie a perechii (i, j) fiind $p(i, j)$.

$$\text{Corelation} = \frac{\sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} (i - \mu_x)(j - \mu_y)p(i, j)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Unde: $\mu_x = \sum \sum_{i, j} ip(i, j)$ - media valorilor dupa prima componenta

$\mu_y = \sum \sum_{i, j} jp(i, j)$ - media valorilor dupa cea de-a doua componenta

$\sigma_x^2 = \sum \sum_{i, j} p(i, j) (i - \mu_x)^2$ - dispersia valorilor pentru prima componenta

$\sigma_y^2 = \sum \sum_{i, j} p(i, j) (j - \mu_y)^2$ - dispersia valorilor pentru a doua componenta.



Trasaturi statistice de ordin 2

Momentul unghiular de ordinul 2, sau **energia totala** - se defineste ca fiind suma patratelor probabilitatilor de aparitie a doi pixeli de valori ale intensitatii i, j , situati la distanta d unul fata de celalalt.

$$\text{Total_energy} = \sum_i \sum_j (p(i, j))^2$$

Energia este, in acest context, opusul entropiei. In acest sens, ea reprezinta ordinea, de aceea energia este utilizata in texturi pentru **masurarea gradului de ordonare al texturii**.

Entropia - gradul de incertitudine in intalnirea a doua valori, i si j , in cadrul aceleiasi texturi.

$$\text{Entropy} = - \sum_i \sum_j p(i, j) \log_2 p(i, j)$$



Trasaturi statistice de ordin 2

Umbrirea clusterilor:

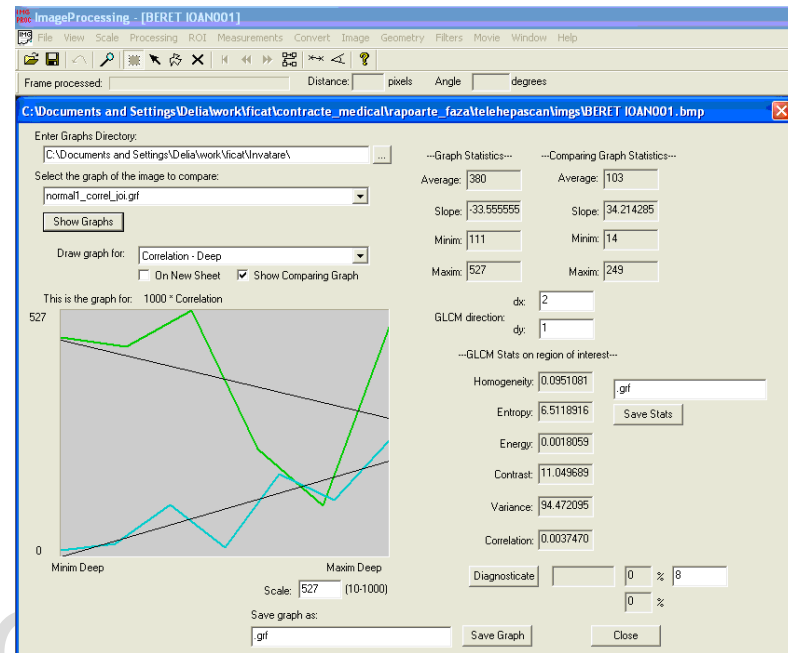
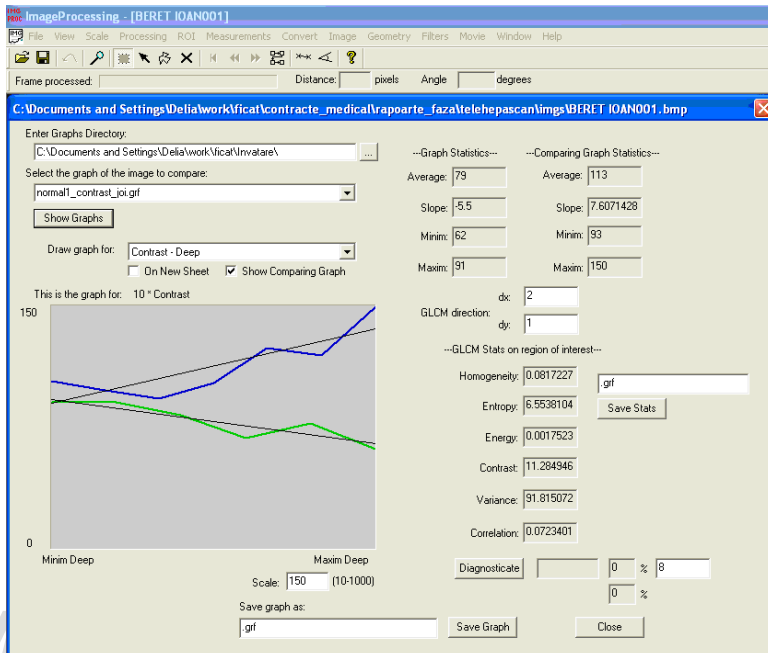
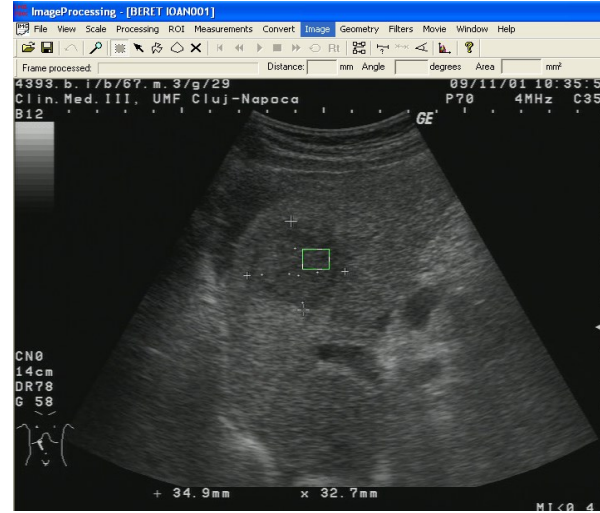
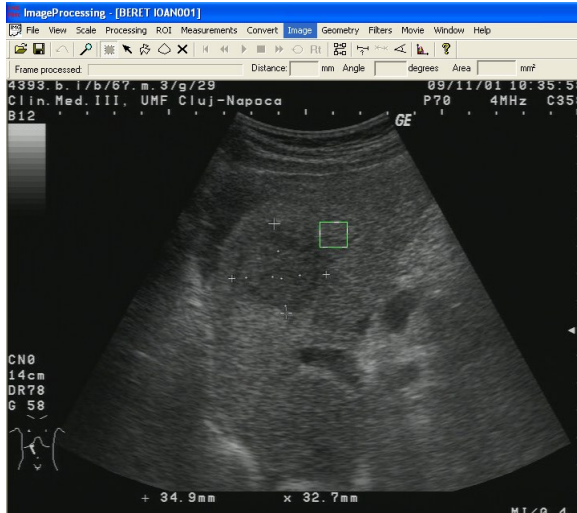
$$\text{Cluster shade} = \sum_i \sum_j (i + j - \mu_x - \mu_y)^3 p(i, j)$$

Proeminenta clusterilor:

$$\text{Cluster proeminence} = \sum_i \sum_j (i + j - \mu_x - \mu_y)^4 p(i, j)$$



Trasaturi statistice de ordin 2





Trasaturi statistice de ordin 2

Funcția / matricea de autocorelație a nivelelor de gri

Prin intermediul funcției de autocorelație se poate determina gradul de regularitate al texturii, precum și granularitatea acesteia. Funcția de autocorelație se definește prin următoarea expresie:

$$\rho(x, y) = \frac{\sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} I(u, v) I(u+x, v+y)}{\sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} I^2(u, v)}$$

Funcția de autocorelație dată mai sus este extinsă pentru a forma o **matrice de autocorelație** cu x, y în domeniul 0 to $N-1$ unde $N \times N$ este dimensiunea imaginii sau regiunii de interes sau a clusterului de imagine analizat.



Trasaturi statistice de ordin 2

Trasaturi bazate pe matricea de autocorelatie a nivelelor de gri

Asperitatea – este in legatura cu dimensiunile primitivelor din imagine. Pentru texturi fine, primitivele sunt mici, astfel incat se vor repeta mai des.

$$Coarseness = \frac{2}{\frac{\sum_i \sum_j Max(i, j)}{n} + \frac{\sum_i \sum_j Max(i, j)}{m}}$$

unde $Max(i,j)=1$ daca elementul (i,j) din matricea de autocorelatie este fie un maxim pe linii sau pe coloane si $n \times m$ este dimensiunea matricii de autocorelatie

Busyness – indica o masura a vitezei de variatie a intensitatilor in imagine. Parametrul α este ales astfel incat valoarea asperitatatii sa fie semnificativa fata de 1.

$$Busyness = 1 - Coarseness^{\frac{1}{\alpha}}$$

Contrast – indica a masura a gradului de claritate a conturilor / muchiilor din imagine

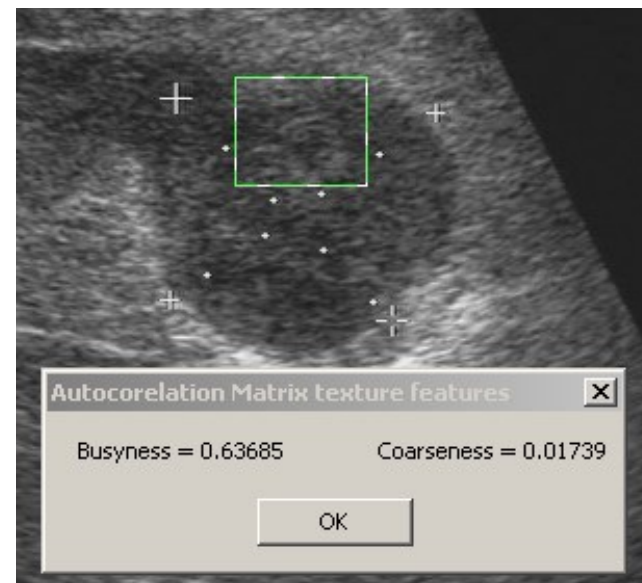
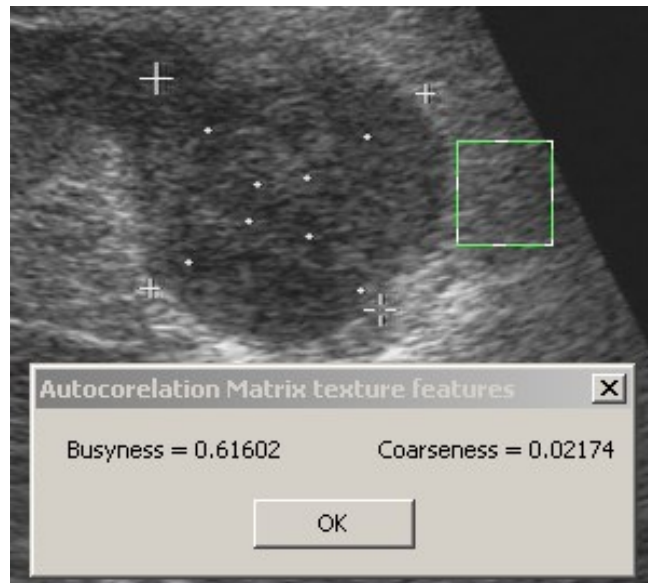
$$Contrast = \frac{M_a \times N_t \times Coarseness^{\frac{1}{\alpha}}}{n \times m}$$

unde:

- M_a este modulul mediu al gradientului functiei de autocorelatie
- N_t este numarul de puncte cu modulul mai mare decat un prag t . Pragul t este setat la mijlocul intervalului de definitie al modulelor matricii



Trasaturi statistice de ordin 2



Calculul parametrilor Busyness si Coarsness pe o zona normala (stanga) si pe tumoare (dreapta)



Trasaturi bazate pe modele – distanta fractala

Metoda **Box-Counting** de estimare a dimensiunii fractale pentru semnale 3D (imagini grayscale)

1. Se selectează o regiune de interes din imagine (dimensiune $M \times M$, $M = 2^n$)
2. Se setează rezoluția de calcul:
 - rezoluția minimă: R_i (2^{R_i} va fi numărul minim de sub-blocuri în care se împarte regiunea de interes, ceea ce corespunde unui sub-bloc de dimensiune maximă 2^{\max} , $0 < \min < \max < n$)
 - rezoluția maximă: R_s (2^{R_s} va fi numărul maxim de sub-blocuri în care se împarte regiunea de interes, ceea ce corespunde unui sub-bloc de dimensiune minimă 2^{\min} , $0 < \min < \max < n$)
3. Pt. fiecare rezoluție de calcul se împarte regiunea de interes considerată în sub-blocuri de dimensiune $2^k < 256$, $0 < \min < k < \max$). De asemenea se împarte spațiul nivelelor de intensitate în sub-blocuri de dimensiune 2^k , rezultând un spațiu cuantificat 3D cu blocuri cuboidale cu latura 2^k
4. Pentru fiecare bloc (i, j) în spațiul de coordonate (x, y) al imaginii se calculează nivelul minim și maxim de intensitate al pixelilor din acest bloc, se identifică numărul/indicele sub-blocurilor corespunzătoare: g_{\min} și g_{\max} și se determină grosimea „cuverturii” de nivele de gri ce acoperă imaginea:

$$n(i, j) = g_{\max} - g_{\min} + 1$$



Metoda Box-Counting

5. Se calculează numărul de blocuri necesare pentru a acoperi întreaga imagine, $N(k)$:

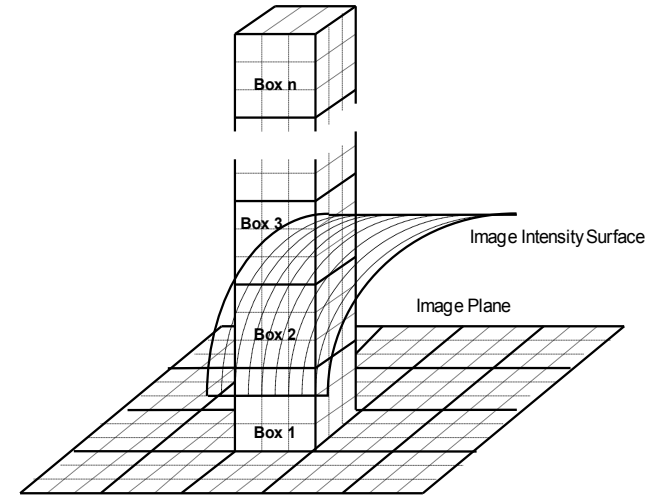
$$N[k] = \sum_{i,j} n(i, j)$$

6. Dacă s-a setat o singură rezoluție de calcul se calculează dimensiunea fractală după formula:

$$DF = - \frac{\log(N[k])}{\log(2^k)}$$

7. Dacă s-au setat mai multe rezoluții de calcul, atunci se interpolează liniar perechile de puncte obținute: $(x_k, y_k) = (\log(2^k), \log(N[k]))$ prin metoda celor mai mici pătrate, obținându-se o dreaptă de interpolare: $y = mx + n$. Dimensiunea fractală va fi chiar panta acestei drepte (luată cu semn schimbat):

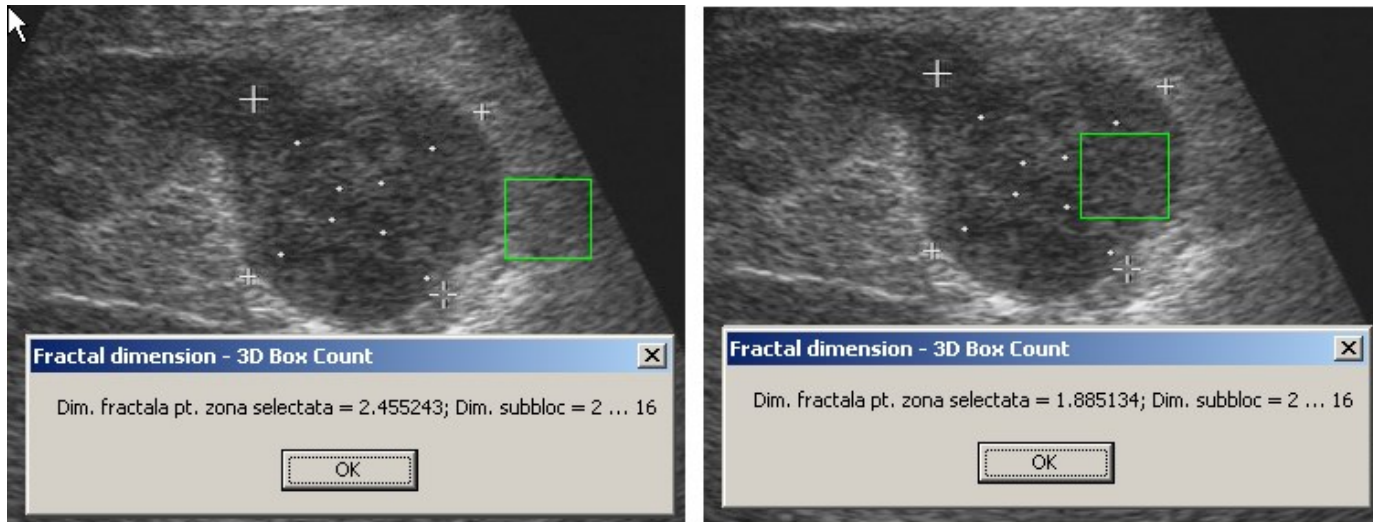
$$DF = -m$$



Divizarea regiunii de interes în sub-blocuri cuboidale pentru calculul dimensiunii fractale prin metoda *Differential-Box-Counting*



Dimensiunea fractala



Calculul dimensiunii fractale prin metod Box-Counting pe o regiune selectata in afara tumorii (stanga), respectiv pe o regiune selectata in interiorul tumorii (dreapta).