

# Data Transmission Using EZW Algorithm

REALIZATOR: STRATULAT ȘTEFANEL-CONSTANTIN

MENTOR : VLAD PUF

TEAM-LEADER : LAURA-ADNANA MUNTEANU

# Cuprinsul Prezentării

- ▶ Scopul algoritmului
- ▶ Prezentare generală a algoritmului
  - ▶ Elementele cheie ale algoritmului
- ▶ Conceptul de wavelet și descompunerea discretă folosind Wavelets
- ▶ Realizarea compresiei folosind Zero Tree Encoding
- ▶ Rezultate relevante
- ▶ Platforma și comunicația
- ▶ Codul sursă și bibliografia

# Scopul algoritmului

- ▶ Datele multimedia necesită o capacitate de stocare din ce în ce mai considerabilă, având în vedere evoluția tehnologică. (ex. videoclipurile sau imaginile de rezoluție 4K).
- ▶ De aceea, avem nevoie de algoritmi de compresie performanți pentru a stoca și transmite aceste date cât mai eficient.
- ▶ Algoritmii de compresie trebuie să aibă în vedere reducerea redundanței datelor, stocând sau transmitând doar datele care compun o bună aproximare a imaginii originale, din punct de vedere al percepției umane.

## MULTIMEDIA ELEMENTS

### DYNAMIC ELEMENTS



VIDEO



ANIMATION



AUDIO

### STATIC ELEMENTS



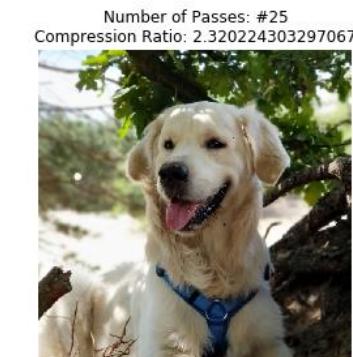
TEXT



GRAPHICS

# Scopul algoritmului

- ▶ Algoritmul EZW încearcă să realizeze o compresie eficientă a datelor, într-un mod cât mai simplu, având proprietatea de generare a fluxului de biți în ordinea importanței pixelilor în alcătuirea imaginii finale.
- ▶ Algoritmul este eficient atunci când există o limitare din punct de vedere a canalului de comunicație, și dispunem de suficientă putere de calcul la cele două noduri ale comunicației.



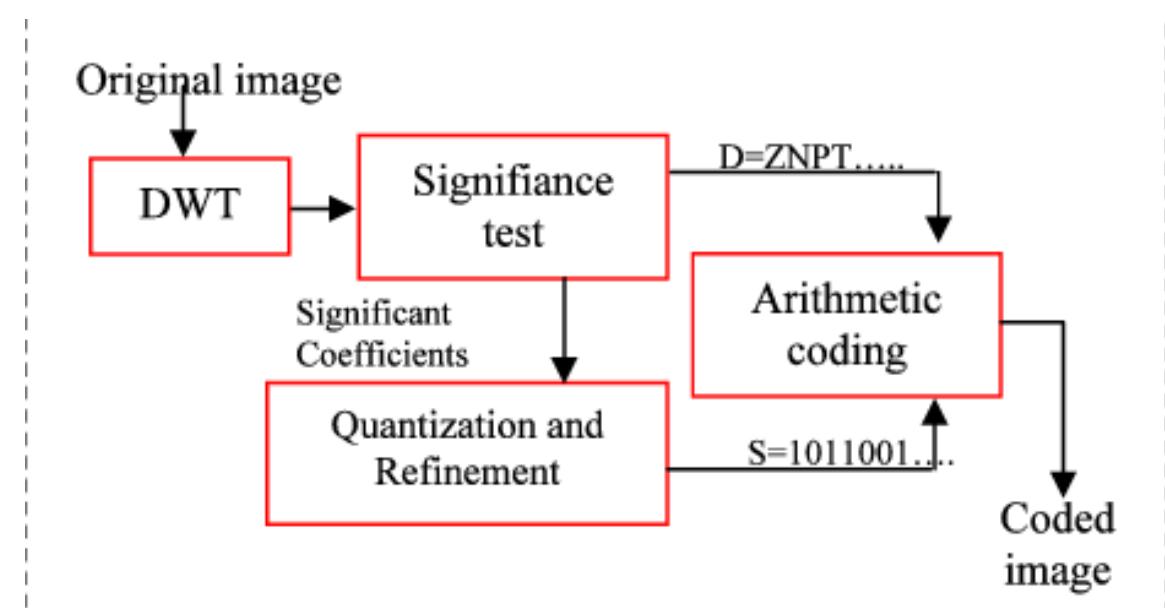
# Scopul algoritmului

- ▶ O altă caracteristică importantă a algoritmului, rezultată din proprietatea de generare a fluxului de biți în ordinea importanței, este faptul că transmisia poate fi oprită în orice moment.
- ▶ Algoritmul poate obține imaginea originală foarte fidel prin mai multe iterații însă, după fiecare iterare, obținem o reprezentare inteligibilă a imaginii originale.



# Prezentarea algoritmului

- ▶ Algoritmul are la bază o transformare discretă folosind Wavelets. Rezultatul acestei transformări este o reprezentare compactă a imaginii originale pe mai multe rezoluții.
- ▶ Bazându-ne pe proprietățile acestei transformări, vom realiza codificarea datelor folosind conceptul de Zero Trees.



# Prezentarea algoritmului

## Elemente cheie

- ▶ Transformarea discretă folosind Wavelets
  - ▶ Modalitate eficientă de a identifica zonele din imagine de o anumită frecvență ( putem identifica zonele din imagine care au frecvențe înalte, adică detalii sau muchii).
  - ▶ Generarea unei reprezentări pe mai multe rezoluții a imaginii originale, astfel încât să se cuprindă tot spectrul de frecvențe. Acest lucru ajută la o reconstrucție fidelă a imaginii originale, după anumite criterii.

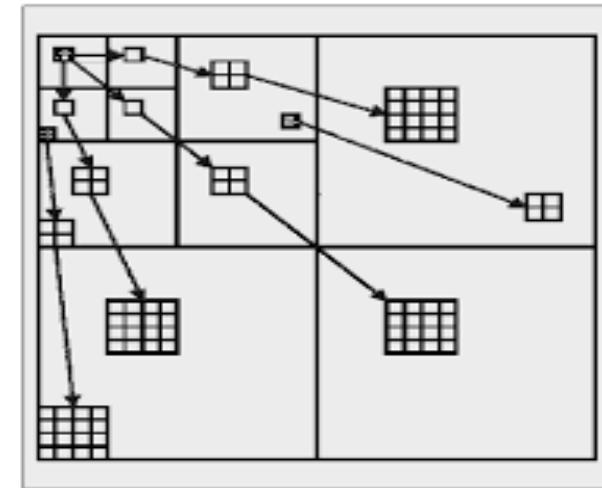


# Prezentarea algoritmului Elemente cheie

## ► Zero Tree Encoding

În imagini există o multitudine de pixeli redundanti, aparținând unor zone de frecvențe joase. Aceștia nu reprezintă informații importante pentru reconstruirea imaginii finale. În funcție de rezoluția dorită, acești pixeli pot fi în număr foarte mare. Se determină, astfel, o modalitate de codificare eficientă a acestor valori nesemnificative.

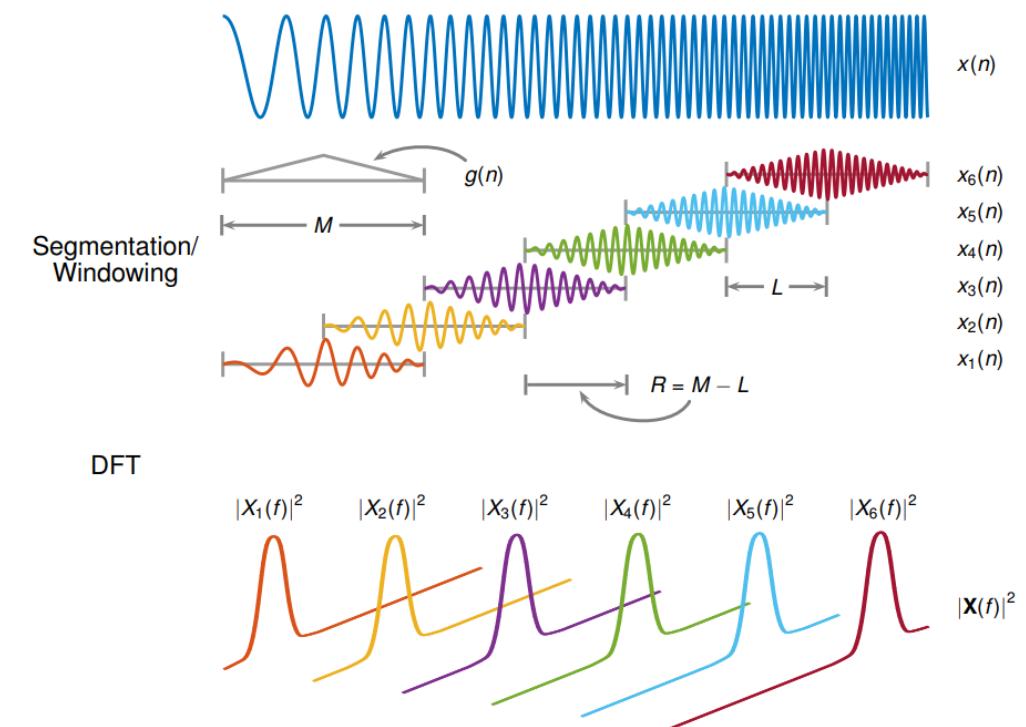
- Are ca fundament legătura dintre subbenzile descompunerii realizate prin DWT.
- Se bazează pe importanța pixelilor în reconstruirea imaginii finale.



▲ 7.5. Example trees that can be defined on the wavelet transform. The roots of the three trees, indicated by shading, originate in the  $LL_2$ ,  $LH_2$ , and  $HL_2$  subbands.

# Conceptul de Wavelet

Solutie la neajunsul Transformatei Fourier, prin faptul că este o soluție mult mai eficientă și corectă de a obține o reprezentare timp-frecvență (spațiu-frecvență, în cadrul imaginilor) a unui semnal, astfel încât să putem afirma unde se găsesc anumite frecvențe în imagine.



# Conceptul de Wavelet

$$X_{a,b} = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\psi_{a,b}(t)dt$$

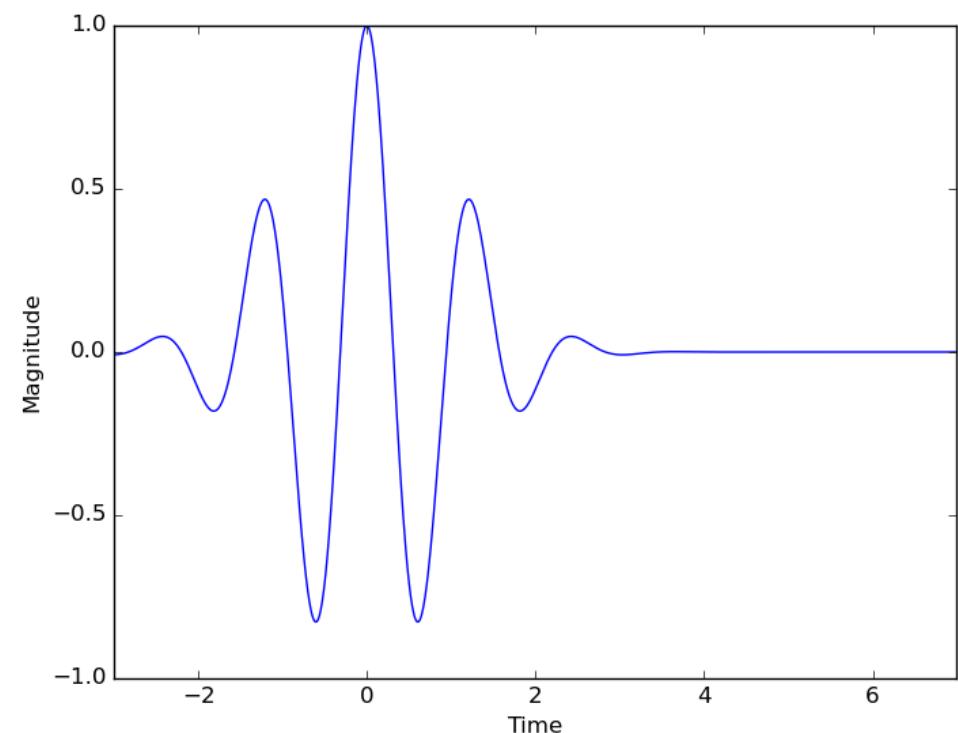
$x(t)$  - semnalul real

$\psi_{a,b}(t)$  - wavelet

$a$  - marimea de scalare

$b$  - marimea de translare

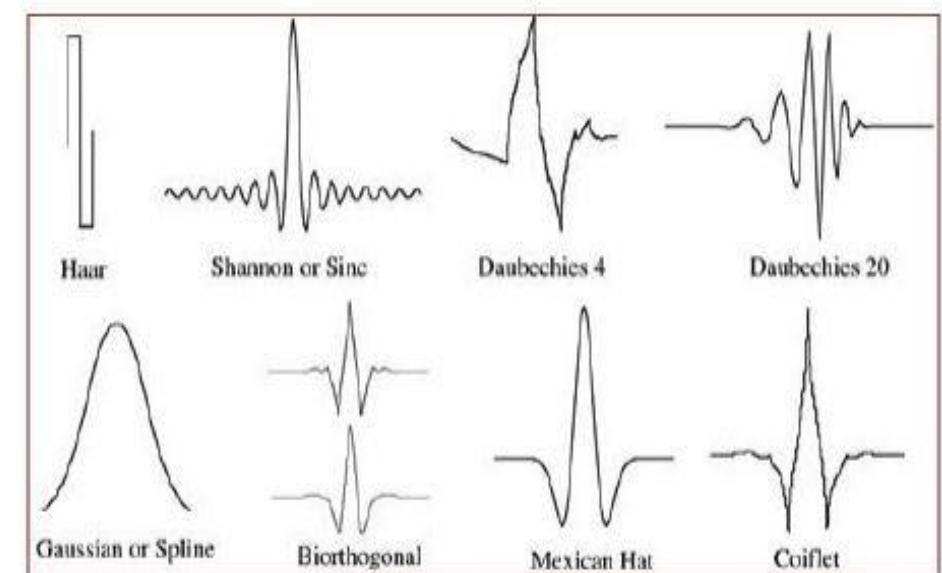
Din punct de vedere computațional, este  
asemănătoare cu calcului Transformatei Fourier.



# Conceptul de Wavelet

Din punctul de vedere al modului de tratare a mărimilor de scalare și translare, avem 2 tipuri de wavelets :

- Continuous Wavelet : cele două marimi nu au valori restrictionate.
- Discrete Wavelet : cele două mărimi au valori restrictionate ( de exemplu, mărimea de scalare este putere a lui 2, iar translarea este număr întreg)

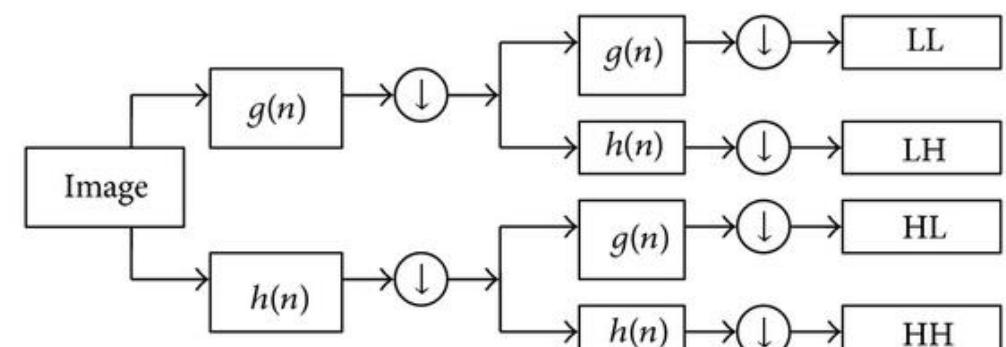


# Conceptul de Wavelet

Principala modalitate de aplicare a Transformarii Discrete folosind Wavelets (DWT) este convoluția.

În cadrul imaginilor (2D), convoluția se realizează mai întâi pe linii, iar mai apoi pe coloane.

Convoluția se realizează folosind filtre trece sus și trece jos, corespunzătoare tipului de wavelet ales.

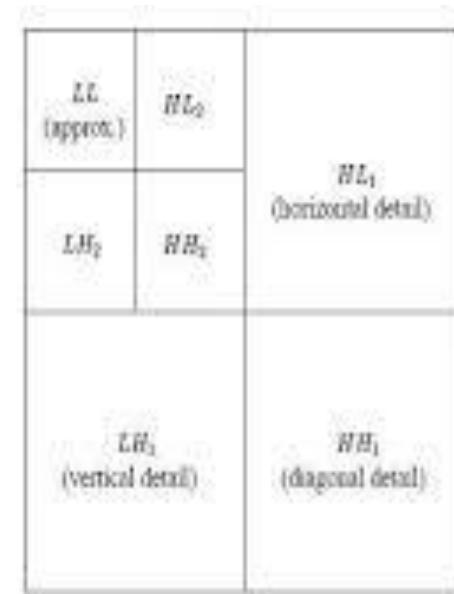


# Conceptul de Wavelet

Rezultatul aplicării Transformării Discrete folosind Wavelets va fi o reprezentare a imaginii pe cele 4 subbenzi : LL, HL, LH, HH.

LL va fi o variantă netezită a imaginii originale.

Celelalte trei subbenzi (HL, LH și HH) vor fi reprezentări ale imaginii originale în care vor fi evidențiate doar muchiile/detaliile.



(a) decomposition structure

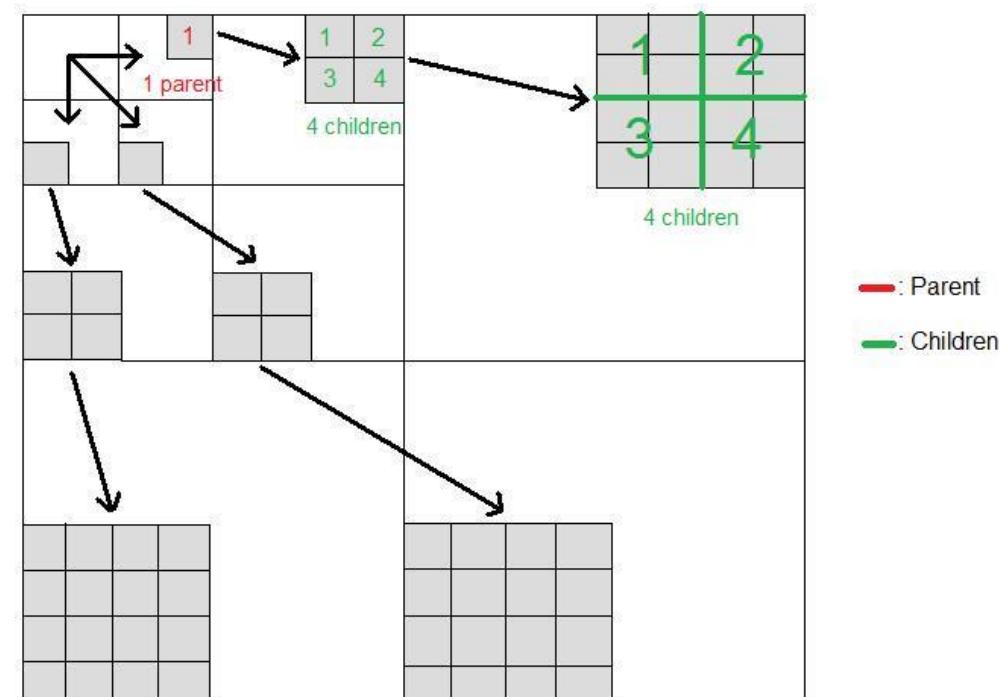


(b) decomposed image

# Conceptul de Wavelet

Fiecare dintre aceste subbenzi are ca dimensiune un sfert din imaginea originală. Astfel, unui pixel din imaginea originală îi corespunde un bloc de 4 pixeli din reprezentarea descompunerii.

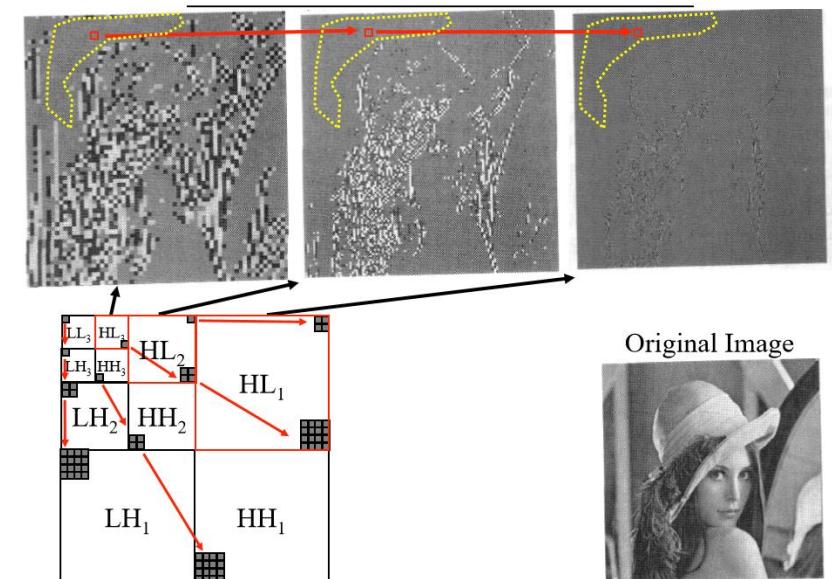
O altă caracteristică este faptul că, atât între nivele de descompunere consecutive, cât și efectiv între subbenzi, există o legătură, având în vedere faptul că sunt construite unele pe baza celorlalte.



# Zero Tree Encoding

Elementul cheie al algoritmului este existența legăturii dintre subbenzile același nivel și dintre subbenzile unor nivele adiacente.

Optimizarea provine din faptul că o mare parte dintre valorile subbenzilor sunt nesemnificative (nu oferă o informație reprezentativă pentru conținutul imaginii originale). Astfel de valori pot fi codificate ca fiind nule.



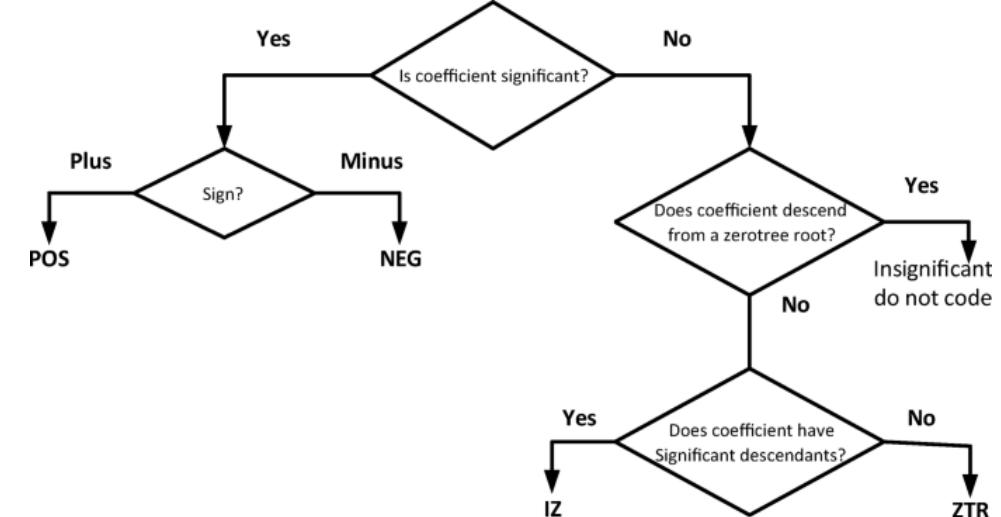
# Zero Tree Encoding

Întâlnim astfel, diferite tipuri de coeficienți

- Semnificativi : mari mari în modul decât threshold-ul; sunt pozitivi sau negativi, în funcție de semnul coeficientului

- Nesemnificativi : mai mici în modul decât threshold-ul;

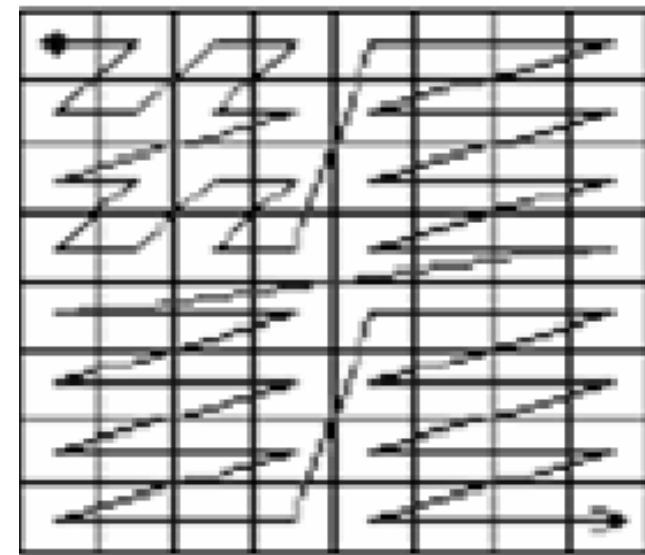
- \* Zero
- \* Izolated Zero
- \* Zero Tree



# Zero Tree Encoding

Matricea de coeficienți se parcurge în modul natural de parcurgere a matricilor (pe coloane), însă se parcurge pe niveluri, iar în cadrul nivelelor, se parcurge pe subbenzi. Această abordare poartă denumirea de Raster Scan.

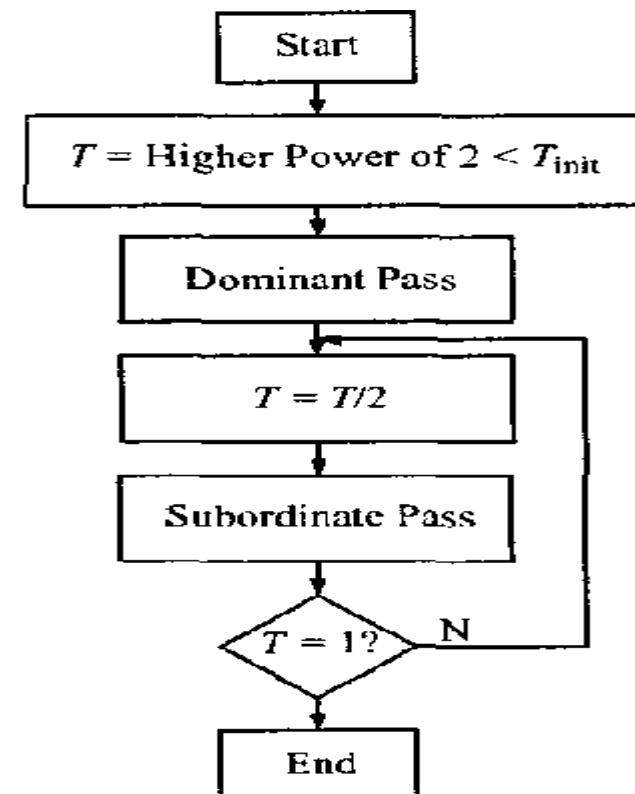
**Raster Scan**



# Zero Tree Encoding

Definim doi pași semnificativi ai procesului de codificare :

- În primul rând, definim un threshold pentru determinarea semnificativității coeficientilor.
- Dominant Pass : identificarea tipurilor coeficientilor
- Subordinate Pass : determinarea valorilor de reconstrucție pentru valorile identificate ca fiind semnificative.



# Rezultate relevante

The figure displays four screenshots of a software interface for image processing, specifically wavelet decomposition and reconstruction. The interface includes various parameters, status messages, and visual representations of the image at different stages.

**Top Left Screenshot:**

- Decomposition Levels:** 1
- Transform type:** PyWavelets
- Wavelet type:** Haar
- Wavelet Decomposition:** Shows a grayscale image of a woman wearing a hat.
- Connection Status:** Trimitem mesajul de finalizare completa...
- Communication Mode:** TCP Sockets
- Thresholding Iterations:** 1
- ZeroTree Encode and Send:** Current Iteration 1
- Wavelet Coeffs. Size:** 288.0 Kb
- Encoding Time:** 4.425888061 s
- Number of Significant Values:** 38258
- Significance Map Size:** 44.02 Kb
- Reconstruction Values Size:** 42.03 Kb
- Wavelet Coeffs. Size after ZT Encoding:** 86.05 Kb
- Saved bits after ZT Encoding:** 201.95 Kb
- Compression (to Initial Wavelet Coeffs.):** 3.39
- Compression (to Original Image.):** 2.97

**Top Right Screenshot:**

- Current Iteration:** 1
- Wavelet Recomposition:** Shows a grayscale image of a woman wearing a hat.
- Image Recomposition:** Shows a grayscale image of a woman wearing a hat.

**Bottom Left Screenshot:**

- Decomposition Levels:** 1
- Transform type:** PyWavelets
- Wavelet type:** Haar
- Wavelet Decomposition:** Shows a grayscale image of a woman wearing a hat.
- Connection Status:** Se efectueaza pasul dominant...
- Communication Mode:** TCP Sockets
- Thresholding Iterations:** 3
- ZeroTree Encode and Send:** Current Iteration 2
- Wavelet Coeffs. Size:** 288.0 Kb
- Encoding Time:** 7.541453174 s
- Number of Significant Values:** 58770
- Significance Map Size:** 59.04 Kb
- Reconstruction Values Size:** 64.57 Kb
- Wavelet Coeffs. Size after ZT Encoding:** 123.61 Kb
- Saved bits after ZT Encoding:** 164.39 Kb
- Compression (to Initial Wavelet Coeffs.):** 2.33
- Compression (to Original Image.):** 2.07

**Bottom Right Screenshot:**

- Decomposition Levels:** 1
- Transform type:** PyWavelets
- Wavelet type:** Haar
- Wavelet Decomposition:** Shows a grayscale image of a woman wearing a hat.
- Connection Status:** Algoritm finalizat cu succes!
- Communication Mode:** TCP Sockets
- Thresholding Iterations:** 3
- ZeroTree Encode and Send:** Current Iteration 3
- Wavelet Coeffs. Size:** 288.0 Kb
- Encoding Time:** 9.737493595 s
- Number of Significant Values:** 65692
- Significance Map Size:** 64.0 Kb
- Reconstruction Values Size:** 72.17 Kb
- Wavelet Coeffs. Size after ZT Encoding:** 136.17 Kb
- Saved bits after ZT Encoding:** 151.83 Kb
- Compression (to Initial Wavelet Coeffs.):** 2.11
- Compression (to Original Image.):** 1.88

# Rezultate relevante

The image displays four screenshots of a software interface for image processing, specifically wavelet decomposition and recombination. The interface is divided into three main sections: Wavelet Decomposition Transform, Encoding and Sending, and Recomposition.

**Top Row:**

- Wavelet Decomposition Transform:** Shows the input image of a baboon's face, the number of decomposition levels (1), transform type (Convolution - MultiThread), and wavelet type (9-tap QMF pyramid).
- Encoding and Sending:** Displays connection status (Se efectueaza pasul dominant...), communication mode (TCP Sockets), thresholding iterations (3), and various performance metrics: Wavelet Coeffs. Size (256.0 Kb), Encoding Time (3.0807436 s), Number of Significant Values (32030), Significance Map Size (40.05 Kb), Reconstruction Values Size (32.06 Kb), Wavelet Coeffs. Size after ZT Encoding (72.11 Kb), Saved bits after ZT Encoding (103.09 Kb), Compression (to Initial Wavelet Coeffs.) (3.55), and Compression (to Original Image.) (3.55).
- Recomposition:** Shows the current iteration of the Wavelet Recomposition process, resulting in a reconstructed image of the baboon's face.

**Bottom Row:**

- Wavelet Decomposition Transform:** Similar to the top row, showing the baboon image, 1 level, Convolution - MultiThread, and 9-tap QMF pyramid.
- Encoding and Sending:** Similar to the top row, showing connection status, communication mode, thresholding iterations (3), and performance metrics: Wavelet Coeffs. Size (256.0 Kb), Encoding Time (5.5501341 s), Number of Significant Values (61590), Significance Map Size (61.07 Kb), Reconstruction Values Size (60.15 Kb), Wavelet Coeffs. Size after ZT Encoding (121.21 Kb), Saved bits after ZT Encoding (134.79 Kb), Compression (to Initial Wavelet Coeffs.) (2.11), and Compression (to Original Image.) (2.11).
- Recomposition:** Shows the current iteration of the Wavelet Recomposition process, resulting in a reconstructed image of the baboon's face.

# Rezultate relevante

The figure displays four screenshots of a software interface for image processing, specifically wavelet decomposition and reconstruction. The interface includes various parameters and performance metrics.

**Top Left Screenshot:**

Parameter	Value
Decomposition Levels	1
Transform type	Convolution - MultiThread
Wavelet type	Daubechies
Width	768
Height	768
Size	720.0 Kb
Time	35.6577 s

**Top Right Screenshot:**

Parameter	Value
Connection Status	Se efectueaza pasul dominant...
Communication Mode	TCP Sockets
Thresholding Iterations	4
Current Iteration	2
Wavelet Coeffs. Size	720.0 Kb
Encoding Time	11.847582904 s
Number of Significant Values	72507
Significance Map Size	89.11 Kb
Reconstruction Values Size	88.51 Kb
Wavelet Coeffs. Size after ZT Encoding	177.62 Kb
Saved bits after ZT Encoding	542.38 Kb
Compression (to Initial Wavelet Coeffs.)	4.05
Compression (to Original Image.)	3.24

**Bottom Left Screenshot:**

Parameter	Value
Decomposition Levels	1
Transform type	Convolution - MultiThread
Wavelet type	Daubechies
Width	768
Height	768
Size	720.0 Kb
Time	35.6577 s

**Bottom Right Screenshot:**

Parameter	Value
Connection Status	Algoritm finalizat cu succes!
Communication Mode	TCP Sockets
Thresholding Iterations	4
Current Iteration	4
Wavelet Coeffs. Size	720.0 Kb
Encoding Time	24.756605759 s
Number of Significant Values	145319
Significance Map Size	138.91 Kb
Reconstruction Values Size	177.39 Kb
Wavelet Coeffs. Size after ZT Encoding	316.3 Kb
Saved bits after ZT Encoding	403.7 Kb
Compression (to Initial Wavelet Coeffs.)	2.28
Compression (to Original Image.)	1.82

# Platforma si Comunicatia

Cele două noduri ale rețelei sunt două Raspberry Pi

- Raspberry Pi 4B, model 4GB și un procesor 1.5 GHz quad-core Arm® Cortex®-A72 CPU.
- Rasberry Pi 3B+, model 1GB și un procesor Broadcom BCM2837B0, Cortex®-A53 (Arm®v8) 64-bit SoC @ 1.4 GHz



# Codul sursă

Codul sursă : <https://github.com/StratulatStefan/Data-Transmission-using-EZW-Algorithms>

The screenshot shows the GitHub repository page for 'StratulatStefan / Data-Transmission-using-EZW-Algorithms'. The repository is private. The navigation bar includes links for Code, Issues, Pull requests, Actions, Projects, Security, Insights, and Settings. The main content area displays the 'Code' tab, showing the 'master' branch with 134 commits. A recent commit by StratulatStefan, dated 3 hours ago, is highlighted: 'Delete saga.jpg'. Below this, a list of other commits is shown, categorized by file type (e.g., Communication, Documentation, Extra, FrequencyDomain, Results, UserInterface, Wavelets, Zerotree) and date.

File Type	Commit Message	Date
Communication	network-communication-integration	14 days ago
Documentation	documentation	last month
Extra	importance-and-use-of-significance-map	27 days ago
FrequencyDomain	repaired kernel-apply-freq-domain	last month
Results	Results	3 hours ago
UserInterface	final-version	6 days ago
Wavelets	linear-based-parralelized-6xfaster	last month
Zerotree	Delete saga_4_decomposition_level_5_thresholding_loops.png	20 days ago
LICENSE	Initial commit	2 months ago
README.md	Update README.md	2 months ago
variante-implementare-interfete-si-co...	variante-implementare	2 months ago

# Bibliografie

- Pentru înțelegerea și aprofundarea conceptului de wavelet și Discrete Wavelet Transform :  
<https://towardsdatascience.com/what-is-wavelet-and-how-we-use-it-for-data-science-d19427699cef>
- Embedded Image Coding Using ZeroTrees of Wavelet Coefficients - Jerome M. Shapiro, publicat în IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 41, No. 12, December 1993
- Image Compression Using Subband Wavelet Decomposition and DCT-based Quantization Addouche M. Nacer, WSEAS Transactions on Signal Processing, 2006
- Algorithms and architectures for 2D discrete wavelet transform - Asadollah Shahbahrami, University of Guilan, 2012
- Introduction to 2-Channel Quadrature Mirror Filter (QMF) - K. Marcolini, University of Miami
- An improved method of biorthogonal wavelet families for image compression - Jagdeep Kaur & Sunny Behal, CSE, Shaheed Bhagat Singh State Technical Campus Ferozepur, India

Vă mulțumesc pentru atenție!

