

4. Metoda de partitionare quadro în compresie fractala optimizata rata-distorsiune

În cele ce urmeaza descriem o metoda de partitionare quadro bazata pe optimizarea criteriului rata-distorsiune în compresia fractala a imaginilor. Metoda începe cu o faza de completa de divizare quadro determinând si memorând cel mai bun domeniu pentru fiecare codomeniu. Arborelui rezultat îi sunt taiate ramurile în concordanta cu un criteriu rata-distorsiune. Rezultatele experimentale dovedesc ca aceasta metoda prezinta o caracteristica rata-distorsiune mai buna decât metoda clasica de partitionare bazata pe arbori quadro. Nu mai este necesar parametrul clasic “limita erorii”, ales empiric, iar conditia de oprire este înlocuita cu un criteriu bazat pe rata de bit dorita (mult mai util).

O problema majora a cercetarii din cadrul domeniului compresiei fractale a imaginilor este, pe lângă reducerea timpului de compresie, partitionarea imaginii. Datorita spatiului de cautare imens problema partitionarii optime pentru o rata de bit dorita nu poate fi practic rezolvata (fiind o problema NP-completa). În cele ce urmeaza vom porni de la metoda de partitionare a lui Fisher bazata pe arbori quadro.

În metoda de partitionare bazata pe arbori quadro a lui Fisher imaginea este împartita în cele 4 cadrane în functie de un criteriu de eroare: daca eroarea de colaj a celei mai bune mapari domeniu-codomeniu depaseste un anumit prag blocul este divizat în cele 4 sferturi ale sale si procesul continua. În mod evident, se impun limite pentru valoarea minima si maxima a nivelului de recursivitate acceptat.

În scopul de a accelera codarea, blocurile sunt clasificate în clase predefinite astfel: un bloc patrat (domeniu sau codomeniu) este divizat în cele 4 “sferturi” ale sale (specific pentru metoda de partitionare quadro). Pentru fiecare sfert se calculeaza valorile medii A_i ($i=1...4$) si dispersiile corespunzatoare V_i . Prin aplicarea rotatiilor si oglindirilor blocul poate fi ordonat într-unul din modurile urmatoare:

Clasa principala 1: $A_1 \geq A_2 \geq A_3 \geq A_4$

Clasa principala 2: $A_1 \geq A_2 \geq A_4 \geq A_3$

Clasa principala 3: $A_1 \geq A_4 \geq A_2 \geq A_3$

Odata stabilita clasa principala, exista 24 de moduri posibile de ordonare a dispersiilor ceea ce duce la definirea a 24 subclase pentru fiecare clasa principala. În implementarea originala a lui Fisher, fanionul “fullclass_search” controleaza daca se cauta doar o clase principala (din cele 3), în timp ce

fanionul "subclass_search" controleaza daca se cauta doar o subclasa (din cele 24) pentru fiecare clasa. Evident, extinzând cautarea la toate clasele si toate subclasele îmbunătătește calitatea imaginii dar crește timpul de codare.

Principalul dezavantaj al metodei consta în aceea ca se bazeaza pe un criteriu de eroare ales empiric: o valoare mica a acestui parametru determina o calitate buna a imaginii si un timp de compresie mare în timp ce o valoare mare a criteriului are efectul opus. Din pacate, nu se cunoaste cum trebuie aleasa aceasta valoare pentru a obtine o rata de compresie anume (impusa) sau o anumita calitate a imaginii.

Prezentam în cele ce urmeaza o metoda de partitionare bazata pe arbori quadro care îmbunătătește caracteristica rata-distorsiune si elimina necesitatea unui parametru (ales empiric). Pe de alta parte, metoda este strâns legata de algoritmul BFOS, prezentat anterior. Metoda descrisa se încadreaza în categoria metodelor cu divizare si alipire si de aceea are doua etape:

4.1. ETAPA DE DIVIZARE (faza de initializare)

Imaginea este partitionata quadro recursiv pâna la atingerea dimensiunii minime acceptabile a blocului. La fiecare nivel de partitionare, se cauta cea mai buna pereche domeniu-codomeniu conform schemei lui Fisher. Se construiește un arbore care contine în noduri blocuri codomeniu, fiecare nod având 4 sub-arbori fii, corespunzând celor patru cadrane. Pentru fiecare codomeniu nodul sau mentine cea mai buna corespondenta domeniu-codomeniu. Pe baza acestora, urmatoarele valori se calculeaza pentru fiecare nod al arborelui (nod care nu este frunza, care poate fi alipit), dinspre nodurile frunza spre radacina:

$$\Delta E = E_B - \sum_{i=1}^4 E_{S_i} \quad (20)$$

$$\Delta B = \sum_{i=1}^4 N_{S_i} - N_B \quad (21)$$

reprezentând creșterea erorii de colaj si câștigul ratei de bit obtinut prin înlocuirea corespondentei bazata pe cei 4 sub-arbori fii (S_i) cu corespondenta bazata pe un singur bloc. Au fost folosite urmatoarele notatii:

E_B - eroarea de colaj pentru cea mai buna corespondenta domeniu-codomeniu a blocului codomeniu B.

E_{S_i} - eroarea de colaj pentru cele mai bune corespondente pentru sub-arborii fii S_i .

N_B - numarul de biti necesar pentru reprezentarea corespondentei codomeniu-domeniu pentru blocul B.

N_{S_i} - numarul de biti necesar pentru reprezentarea sub-arborilor fii S_i .

În toate aceste cazuri, eroarea de colaj este definită ca și eroarea patratică a corespondentei codomeniu-domeniu (spre deosebire de schema originală a lui Fisher unde era definită ca rădăcina patratică a erorii patratică a corespondentei).

4.2. ETAPA DE ALIPIRE

În această fază arborelui construit anterior îi sunt tăiate ramurile corespunzător unui criteriu rată-distorsiune. Această fază poate fi descrisă după cum urmează:

- Repeta până când rata de bit dorită este atinsă
 - Alege nodul (care poate fi alipit) care prezintă cea mai mică valoare a criteriului $\frac{\Delta E}{\Delta B}$
 - Taie sub-arborii nodului selectat
 - Actualizează valorile E_{S_i} și N_{S_i} pentru toate blocurile codomeniu de pe calea spre rădăcina.

Remarcăm că condiția de test pentru rată de bit dorită este ușor de testat deoarece nodul rădăcină stochează valoarea $\sum_{i=1}^4 N_{S_i}$ care reprezintă numărul de biți necesar pentru stocarea întregului arbore.

În scopul testării metodei descrise am folosit o versiune modificată a programului de codare al lui Fisher. Toate testele prezentate în continuare sunt realizate în condițiile următoare:

- Imaginea de test standard Lena, 512×512 pixeli, în tonuri de gri cu 8 biți pe pixel.
- Nivelul recursivității quadro este ales încât să permită dimensiunea blocului codomeniu de 32×32, 16×16 și 8×8.
- Parametrii de scalare s și offset o sunt cuantizați uniform cu 5 și respectiv 7 biți.
- Sunt acceptate atât scalarile pozitive cât și cele negative.
- Cele 8 transformări izometrice binecunoscute sunt luate în considerare.
- Poziția blocului domeniu și izometria nu sunt stocate pentru blocurile codomeniu uniforme (având $s=0$)
- Blocurile domeniu au dimensiune dublă față de cele codomeniu, iar pasul domeniilor este egal cu dimensiunea acestora (cazul implicit în programul lui Fisher).

Pentru început considerăm căutare în toate clasele și în toate subclasele (corespunzând fanioanelor “fullclass_search”=1 și “subclass_search” = 1). Rezultatele obținute folosind metoda lui Fisher sunt prezentate în Tabelul 1 (aici, criteriul de eroare referă rădăcina patratică a erorii patratică a erorii de colaj, ca în programul original al lui Fisher).

În Tabelul 2 prezentăm rezultatele obținute pentru metoda descrisă. Figura 4 prezintă rezultatele pentru ambele metode și dovedesc superioritatea metodei descrise. Remarcăm creșterea ușoară a fracțiunii bitilor de transformare (rămânând în continuare mică), care poate fi explicată printr-o mai

Criteriu de eroare	Timp (sec)	Biti Transformare	Biti partitionare	Procent biti partitionare	Rata Compresie	PSNR (dB)
2	275	100937	1280	1.25 %	20.50	30.87
4	207	75867	1156	1.50 %	27.21	30.78
6	172	62293	1068	1.68 %	33.07	30.51
8	142	51917	1004	1.89 %	39.59	30.10
10	121	43869	928	2.06 %	46.76	29.46
12	106	38297	844	2.15 %	53.52	28.85
14	94	34217	792	2.25 %	59.83	27.28
16	81	29261	708	2.35 %	69.88	27.28
18	71	25607	680	2.58 %	79.65	26.77
20	61	21770	620	2.76 %	93.48	25.88
22	52	18762	572	2.95 %	108.23	25.27

Tabelul 1 Rezultate pentru schema clasica a lui Fisher de partitionare quadro

buna eliminare a unor corespondente domeniu-codomeniu puțin folosite. În Figura 5 prezentăm partitionarea imaginii obținută prin cele două metode și imaginile decodificate (corespunzător valorii criteriului de toleranță = 18 și respectiv a numărului de alipiri = 1009). Metoda descrisă conduce la o partitionare mai graduală a imaginii și la o mai bună calitate a imaginii decodificate (chiar ușor vizibilă).

Testele au fost repetate pentru cazul căutării numai în o clasă și subclasă (corespunzătoare) (adică “subclass_search”=0 și “fullclass_search”=0) iar Figura 4 dovedește că metoda descrisă își păstrează superioritatea.

În mod evident, timpul total de codare pentru metoda descrisă este mai mare decât cel al schemei clasice dar nu considerăm acest lucru un dezavantaj semnificativ (creșterea fiind acceptabilă).

Numar de alipiri	Durata alipire (sec)	Biti transformare	Biti partitionare	Procent biti partitionare	Rata Compresie	PSNR (dB)
0000	0.00	102400	1280	1.23 %	20,21	30.87
0440	2.15	68557	1204	1.72 %	30,04	30.72
0668	2.97	51139	1112	2.12 %	40,10	30.24
0805	3.30	40645	1024	2.45 %	50,27	29.50
0895	3.52	33799	968	2.78 %	60,24	28.64
0960	3.63	28866	920	3.08 %	70,29	28.05
1009	3.68	25153	880	3.37 %	80,43	27.44
1046	3.74	22293	836	3.60 %	90,51	27.02
1076	3.79	20025	808	3.87 %	100,47	26.67
1101	3.85	18160	768	4.04 %	110,56	26.35
1121	3.85	16597	732	4.21 %	120,74	26.00

Tabelul 2 Rezultate pentru noua metoda de partitionare quadro

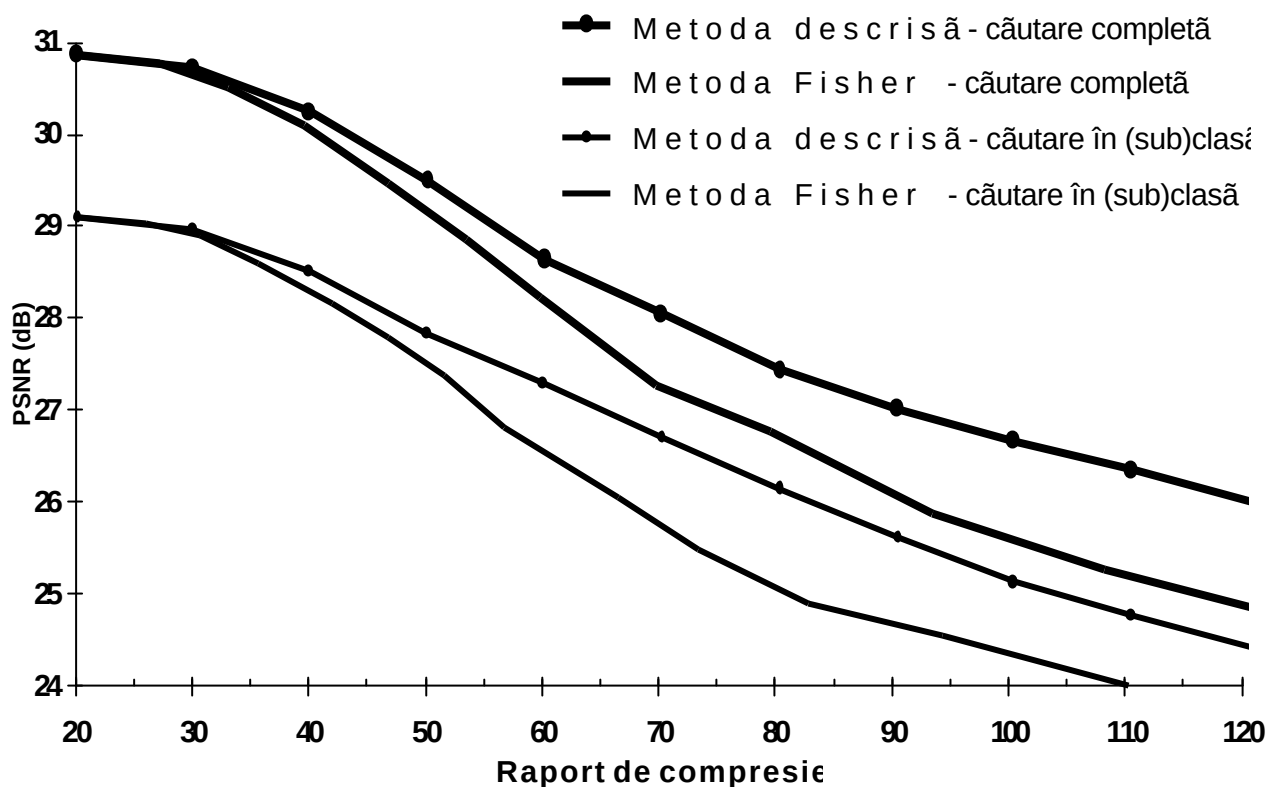
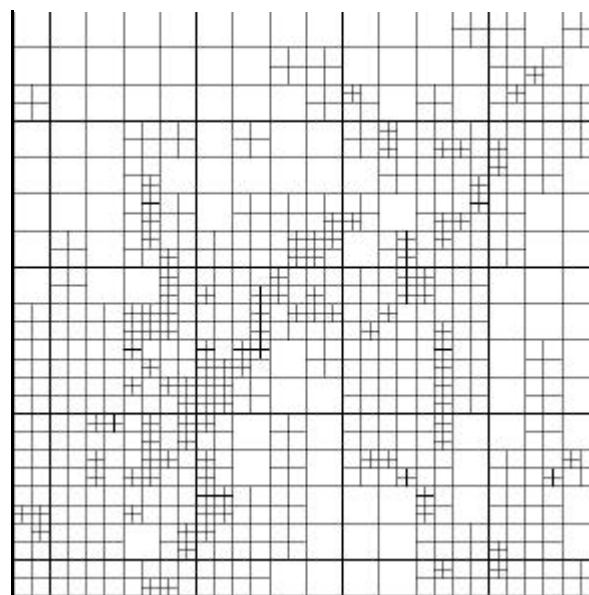
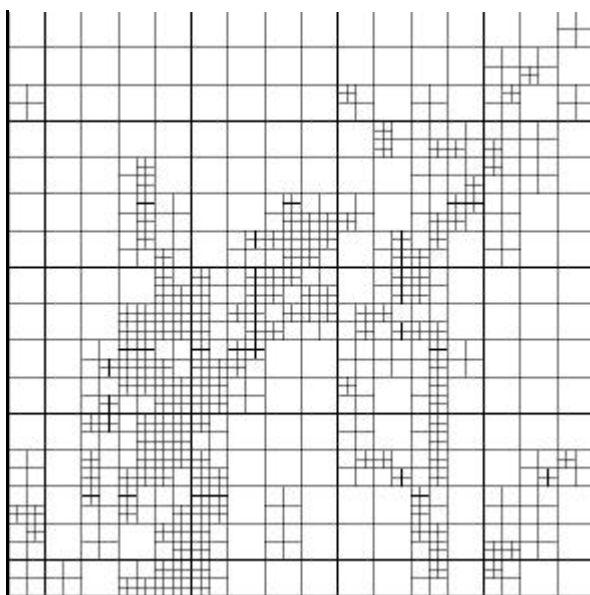


Figura 4 Curbele rata-distorsiune pentru metoda clasica si pentru cea descrisa

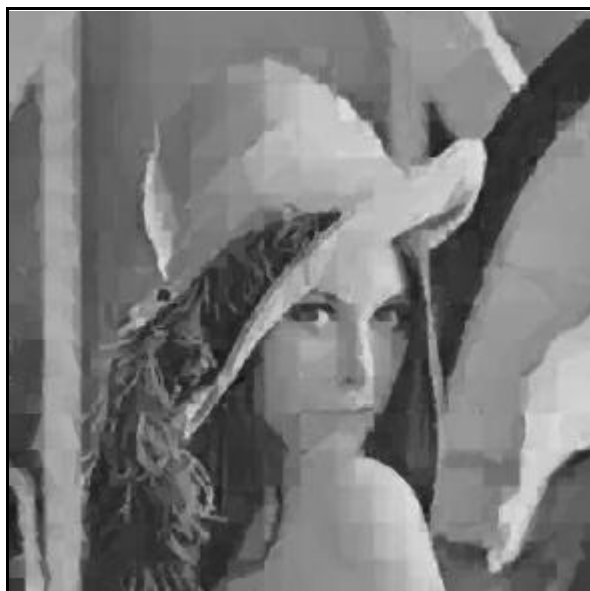
Rezultatele descrise anterior au fost obtinute prin rulara variantei modificate a programului de compresie bazat pe partitionare quadro (posibil optimizabil în continuare) pe o masina bazata pe procesor Intel Pentium 166 MMX. Ratiuni de compatibilitate cu formatul fisierului comprimat folosit de Fisher au determinat o supraîncarcare a fluxului de date comprimate cu 39 biti de configurare (care nu au fost inclusi în Tabelele 1 si 2).

Concluzii si dezvoltari ulterioare: a fost descrisa o metoda de partitionare folosind arbori quadro bazata pe utilizarea unui algoritm de tip BFOS (caracteristic cuantizarii vectoriale). Experimental s-a dovedit ca metoda descrisa prezinta o caracteristica rata-distorsiune superioara metodei clasice de partitionare quadro a lui Fisher. În plus, nu mai este nevoie de nici un parametru ales empiric (criteriul de toleranta) si este disponibil un criteriu simplu si util – raportul de compresie dorit. Evident, cercetari suplimentare ar putea fi facute, în special în ceea ce priveste:

- Combinarea acestei metode cu alte metode de partitionare.
- Efectul codarii entropice a fluxului de date comprimate (codând separat fiecare tip de biti).
- Efectul metodelor de cautare suboptimala pentru obtinerea perechii initiale domeniu-codomeniu (în faza de initializare).



Partitionarea imaginii



CR=79,65 PSNR=26,77dB
Metoda clasica (Fisher)



CR=80,43 PSNR=27,44dB
Metoda descrisa

Figura 5 Partitionarea imaginii si imaginea decodificata