

## **RAPORT**

### **RDH-COMPRESS: COMPRESOARE FĂRĂ PIERDERI CU INSERȚIE REVERSIBILĂ DE DATE**

#### **ETAPA II: Elaborare prototip compresor fără pierderi pentru imagini cu nivele de gri și extensie pentru color a inserției reversibile**

Eforturile echipei de cercetare în această etapă s-au concentrat asupra elaborării prototipului compresorului fără pierderi pentru imagini cu nivele de gri. Compresorul dezvoltat de noi, pe lângă reducerea dimensiunii imaginilor comparabilă cu cea a compresoarelor standard (JPEG LS, JPEG 2000, etc.), permite direct vizualizarea imaginilor. Imaginile sunt reduse ca dimensiune și reprezentate ca bitmap pe 8 biți. Compresia se realizează reducând dimensiunea imaginii, iar informația pentru regăsirea fără pierderi a imaginii originale este inserată folosind algoritmul de inserție reversibilă de mare capacitate dezvoltat în etapa anterioară. Tot în această etapă a fost elaborată și testată extinderea la color a algoritmului de inserție reversibilă de mare capacitate. Algoritmii dezvoltați au fost testați pe seturi extinse de imagini.

Compresorul fără pierderi pentru imagini cu nivele de gri se situează ca performanțe între JPEG LS și JPEG 2000. Astfel, pentru cele 24 de imagini ale setului Kodak, dimensiunea medie a imaginii compresate este de 229,10 kB, față de 214,22 kB (JPEG 2000) și 244,72 kB (JPEG LS). Mai exact, față de JPEG LS, castigul este de 15,62 kB (6,82%), iar față de JPEG 2000 pierderea este de 14,88 kB (6,5%). Ținând cont că această compresie se realizează păstrând vizibilă o imagine perfect inteligibilă, rezultatele sunt remarcabile. De asemenea, trebuie să menționăm extensia inserției reversibile la imagini color, pentru care a fost elaborat un algoritm care inserează în lumananță și în două planuri de cromaticitate. Pentru setul Kodak, algoritmul permite o rată de inserție de 12,25 bpp din 24 biți pentru imaginea color, adică peste 50%. Pe baza acestui algoritm, în etapa următoare se va elabora prototipul compresorului pentru imagini color.

Obiectivele etapei au fost îndeplinite integral.

### **Activitatea 2.1. Dezvoltare, implementare, testare modul de subeșantionare imagine.**

Alături de modulul de inserție reversibilă, modulul de subeșantionare este o piesă esențială în arhitectura compresoarelor fără pierderi dezvoltate în cadrul proiectului. În primul rând, modulul de subeșantionare dictează raportul de compresie prin păstrarea unei părți din imaginea originală. De asemenea, modulul de subeșantionare trebuie să păstreze cât mai multă informație asupra conținutului imaginii, informație care trebuie să rămână vizibilă. Constrângerea de a păstra conținutul imaginii ne-a determinat să considerăm o primă soluție care constă într-o eșantionare uniformă care nu deformează imaginea și păstrează intact aspectul și întreg conținutul imaginii. Întrucât păstrarea integrală a aspectului și conținutului imaginii poate să limiteze rata de compresie, am investigat și o a doua soluție care să păstreze aspectul geometric și informația esențială asupra conținutului fără a limita compresia. A doua soluție constă în păstrarea centrului imaginii.

**Subeșantionare uniformă.** Prima soluție pentru păstrarea aspectului/conținutului, constă în eliminarea unei linii din  $n$  și a unei coloane din  $n$ , respectiv păstrarea a  $(n-1)^2$  din  $n^2$  pixeli. Liniile și coloanele eliminate, compresate fără pierderi, trebuie inserate în imaginea rămasă. Procedura păstrează atât aspectul cât și informația din întreaga imagine. Performanțele inserției (în jurul a 3 bpp) și cele ale compresiei fără pierderi, rate de compresie sub 2:1, sugerează posibilitatea operării cu  $n=4$ . Respectiv se păstrează 9 pixeli din 16, ceea ce revine la reducerea dimensiunii imaginii la 56,25%, valoare comparabilă cu performanțele compresiei fără pierderi clasice.

Eliminarea unei linii/coloane din grupul de  $n$ , va reduce calitatea predicției pentru pixelii ai căror vecini au fost eliminați. De asemenea, pentru liniile și coloanele eliminate, corelația este de așteptat să scadă și implicit, compresia fără pierderi clasică e de așteptat să fie mai slabă decât pentru imaginea originală.

**Păstrarea zonei centrale.** Am plecat de la observația că punctul de interes al fotografiilor este centrul, subiectul este încadrat cât mai bine la fotografiere. Astfel, păstrarea doar a zonei centrale asigură suficientă informație pentru a recunoaște fotografia și/sau pentru a decide dacă este de interes sau nu. Pentru a păstra aspectul geometric am împărțit imaginea în  $m^2$  dreptunghiuri, împărțind fiecare linie și fiecare coloană în  $m$  parti. Dreptunghiurile centrale se păstrează, iar cele de pe margine se elimină. Mai exact, se păstrează  $(m-2)^2$  dreptunghiuri din cele  $m^2$ . Din aceleași

considerente ca mai sus, o valoare plauzibilă pentru  $m$  este 6, respectiv păstrăm 16/36 din numărul de pixeli ai imaginii, ceea ce înseamnă 44%. Menționăm ca 44% este o performanță interesantă pentru compresia fără pierderi. Acest tip de decupare păstrează corelația dintre pixelii vecini, astfel încât performanțele pentru compresia zonelor eliminate și inserția în zona centrală nu vor avea de suferit.

Pentru ambele proceduri, este foarte puțin probabil ca imaginea păstrată să ofere exact capacitatea de a insera informația lipsă. Fie capacitatea de inserție este mai mică decât necesar, fie rămâne spațiu care ar permite reducerea imaginii păstrate și, implicit, îmbunătățirea compresiei. Soluția este o ajustare fină pentru potrivirea capacității de inserție disponibilă cu cea necesară. Ajustarea fină a fost gândită prin adăugarea/eliminarea succesivă a câte unui strat de linii și coloane de la frontiera imaginii păstrate. Această procedură poate fi văzută ca o dilatare (eroadare) la frontiera imaginii.

Cele două proceduri au fost implementate în Matlab și testate.

## **Activitatea 2.2. Dezvoltare, implementare, testare modul informație adițională pentru reconstrucție imagine originală**

Modulul informație adițională trebuie să pregătească datele ce urmează a fi inserate în imaginea eșantionată precum și setul de parametri necesari decodării și recuperării datelor inserate. Cele două module de eșantionare conduc la proceduri distincte pentru pregătirea informației necesare recuperării integrale a imaginii. La procedura de eșantionare uniformă se concatenează atât liniile eliminate, cât și coloanele eliminate. Se obțin două imagini dreptunghiulare care se compresează separat. La păstrarea centrului, se concatenează dreptunghiurile eliminate din partea superioară cu cele din partea inferioară, respectiv dreptunghiurile din dreapta imaginii cu cele din stânga. Cele două dreptunghiuri se compresează separat, ca în cazul precedent. Am utilizat JPEG 2000 pentru compresia fără pierderi a celor două imagini dreptunghiulare.

Setul de parametri cuprinde dimensiunea inițială a imaginii, modul de eșantionare, valorile pentru  $m$  sau  $n$ , sensul ajustării fine și dimensiunea, precum și toate datele suplimentare necesare decodării modulului de inserție (praguri, hărți șamd.).

Modulul a fost implementat în Matlab și testat împreună cu cele două module de subeșantionare.

### **Activitatea 2.3. Dezvoltare, implementare, testare modul control distorsiuni**

Modulul de control al distorsiunilor controlează rata de compresie și aspectul imaginii compresate. Acest modul acționează asupra modulului de inserție și modulului de eșantionare. Pentru modulul de inserție, se limitează rata de inserție și implicit, distorsiunea introdusă prin inserție. Reducerea distorsiunilor are ca efect îmbunătățirea calității imaginii compresate, imagine care devine mai puțin zgomotoasă. Reducerea capacității de inserție trebuie corelată cu volumul de date care trebuie inserat. Controlul se realizează modificând dimensiunea imaginii eșantionate. Îmbunătățirea calității imaginii se obține cu prețul înrăutățirii compresiei.

În această etapă, am impus capacitate de inserție maximă pentru a îmbunătăți rata de compresie. Modulul a fost implementat în Matlab.

### **Activitatea 2.4. Elaborare prototip compresor cu inserție reversibilă pentru imagini cu nivele de gri**

Compresorul cu inserție reversibilă pune cap la cap modulele de inserție, eșantionare a imaginii, producere informație adițională, și control al distorsiunii. Pentru modulul de inserție am dezvoltat și o procedură de codare eficientă a informației inserate care se apropie de  $\log_2(n+1)$ .

Metoda propusă are un nivel de complexitate redus. Fie  $k$  partea întreagă a lui  $\log_2(n+1)$ . Ideea este de a insera fie  $k$  biți, fie  $k+1$  biți. Mai întâi se verifică dacă  $n = 2^k - 1$ , altfel spus dacă numărul de simboluri ( $n+1$ , incluzând și valoarea 0) este putere a lui 2, acesta fiind cazul ideal în care se pot insera  $k$  biți. Acești biți de informație se convertesc în valoare numerică și se obține simbolul  $s$ , un număr natural de la 0 la  $n$ , ce se inserează conform ecuațiilor multibit. Dacă nu s-a îndeplinit condiția inițială, înseamnă că  $2^k - 1 < n < 2^{k+1} - 1$  și în simbolul  $s$  nu pot fi convertiți direct  $k$  biți în valoare numerică. Cum pentru  $n + 1 = 2^k$  există  $n$  combinații de  $k$  biți, la fiecare unitate în plus a lui  $n$  față de  $2^k - 1$ , se pot insera 2 combinații de  $k+1$  biți.

Algoritmul de codare poate fi exprimat în următorul mod. Mai întâi se calculează o valoare de prag,  $p$ , bazată pe distanța dintre numărul de combinații totale ale simbolului  $s$  și puterea lui 2 anterioară, mai mică sau egală cu  $n+1$  astfel:

$$p = (n + 1) - 2^{\lfloor \log_2(n+1) \rfloor}$$

Pentru determinarea celei mai mari puteri a lui 2 mai mică sau egală cu  $n+1$ , s-a luat partea întreagă din logaritmul în bază 2 din  $n+1$ . În cazul în care  $n+1$  este putere a lui 2, pragul  $p$  va fi egal cu 0 și se pot insera exact  $k$  biți. În cazul în care  $p$  este mai mare decât 0, pot fi inserate  $2p$

combinații de  $k+1$  biți și  $n+1-2*p$  combinații de  $k$  biți. Pentru a selecta dacă pot fi inserați  $k$  biți sau  $k+1$ , mai întâi se convertesc primii  $k$  biți în valoare numerică și se compară cu pragul  $p$ . Dacă valoarea acestora este mai mică decât  $p$ , atunci se poate adăuga și următorul bit  $k+1$ , după care această grupă de  $k+1$  biți este convertită în valoare numerică și atribuită simbolului  $s$ . În cazul în care valoarea primilor  $k$  biți a fost mai mare sau egală cu pragul  $p$ , doar acești  $k$  biți pot fi inserați. Însă valoarea primilor  $k$  biți nu poate fi convertită direct în simbol, deoarece primele  $2p-1$  combinații sunt deja ocupate. Astfel pentru o valoare a celor  $k$  biți mai mare sau egală cu  $p$ , se mai adaugă un  $p$ , pentru a ocupa combinațiile rămase libere de la  $2p$  până la  $n$ .

Împreună cu compresorul a fost elaborat și decompresorul care execută operațiile inverse, respectiv extragere informație inserată și refacere imagine originală. Cele două prototipuri, compresor, decompresor, au fost implementate în Matlab. Au fost implementate două variante, câte o varianta pentru fiecare mod de eșantionare.

### **Activitatea 2.5. Testare și validare prototip compresor cu inserție reversibilă pentru imagini cu nivele de gri**

Prezentăm rezultatele celor două versiuni compresie fără pierderi/decompresie pentru setul de test Kodak, imagini cu nivele de gri (Fig. 1). Conversia de la imaginile color la imaginile cu nivele de gri s-a făcut cu funcția Matlab *rgb2gray* care implementează transformarea standard.

Imaginile compresate fără pierderi cu eșantionare uniformă sunt prezentate în Fig. 2, iar cele cu păstrarea zonei centrale sunt prezentate în Fig. 3. Se observă că pentru amândouă modurile de eșantionare conținutul imaginii este foarte bine păstrat.

Rezultatele numerice sunt sintetizate în tabelul 1. Se observă că la compresia cu inserția reversibilă a marginilor imaginii în zonă centrală, dimensiunea medie a imaginilor scade la 229 kB, iar la cea cu subeșantionare uniformă se obține o dimensiune medie de 246,7 kB. Față de compresorul JPEG 2000, inserția reversibilă în zonă centrală dă o dimensiune medie cu aproape 15kB mai mare, iar dimensiunea medie la inserția în imaginea subeșantionată este cu 32,5 kB mai mare. Față de compresia jpeg fără pierderi, JPEG LS, păstrarea centrului dă o dimensiune medie cu mai mult de 15 kB mai mică, iar la subeșantionare dimensiunea medie a imaginilor obținute prin inserție reversibilă este cu doar 2 kB mai mare.

Soluția de compresie cu păstrarea centrului da rezultate comparabile cu compresoarele clasice pentru imagini, respectiv mai bune decât JPEG LS și mai slabe decât JPEG 2000. În plus,

metoda noastră de compresie cu inserție reversibilă asigură vizibilitatea imaginilor fără a necesita, ca la compresoarele clasice, decompresie prealabilă. Cum compresia permite direct vizualizarea, decompresia se face numai pentru imaginile de interes, ceea ce conduce la o reducere importantă a complexității matematice (timpului de execuție) față de compresoarele clasice. Mai subliniem că prin decompresie se obține imaginea originală, fără nicio pierdere.



Fig. 1. Imaginile din setul de test – varianta originală, de la Kodim01 (stânga sus) la Kodim24 (dreapta jos)



Fig. 2. Imaginile din setul de test – inserție imagine subeșantionată,, de la Kodim01 (stânga sus) la Kodim24 (dreapta jos)



Fig. 3. Imaginile din setul de test – inserție reversibilă centre, de la Kodim01 (stânga sus) la Kodim24 (dreapta jos)



**Tabel 1. Rezultate compresie imagini cu nivele de gri**

Imagine	Dimensiune originală (kB)	Dimensiune compresie centre (kB)	Dimensiune compresie subeșantionare (kB)	Dimensiune compresie JPEG 2000 (kB)	Dimensiune compresie JPEG LS (kB)
Kodim01	384	273.34	286.41	260.95	288.71
Kodim02	384	212.19	226.43	199.95	223.85
Kodim03	384	181.84	203.98	170.44	195.87
Kodim04	384	214.04	234.17	200.72	236.32
Kodim05	384	267.09	289.64	254.44	289.32
Kodim06	384	242.81	257.10	224.14	248.45
Kodim07	384	194.06	219.77	180.12	210.58
Kodim08	384	283.91	298.34	265.11	307.30
Kodim09	384	204.84	220.71	192.00	223.78
Kodim10	384	206.67	227.39	196.11	226.18
Kodim11	384	234.97	252.02	218.51	244.49
Kodim12	384	201.22	221.66	187.83	207.50
Kodim13	384	307.84	316.13	293.18	310.59
Kodim14	384	254.81	275.77	241.84	261.72
Kodim15	384	208.50	227.39	189.21	230.38
Kodim16	384	215.91	233.19	200.13	220.04
Kodim17	384	215.91	241.04	201.63	232.29
Kodim18	384	265.03	277.88	247.51	279.74
Kodim19	384	233.03	248.00	217.64	259.67
Kodim20	384	181.84	196.74	157.71	197.58
Kodim21	384	236.92	250.01	221.66	246.57
Kodim22	384	236.92	251.02	221.64	257.28
Kodim23	384	181.84	201.25	168.98	206.16
Kodim24	384	242.81	265.32	229.95	268.95
<b>Medie</b>	<b>384</b>	<b>229.10</b>	<b>246.72</b>	<b>214.22</b>	<b>244.72</b>

### **Activitatea 2.6. Elaborare scheme predicție crominanță**

Soluția imediată pentru inserție de mare capacitate în imagini color este de a utiliza algoritmul dezvoltat în etapa anterioară pentru inserția separată a fiecărui plan de culoare. Cum algoritmul furnizează, pentru imagini naturale, valori în jurul a 3 bpp, o astfel de soluție este de așteptat să furnizeze o capacitate de inserție în jurul a maximum 9 bpp.

Soluția directă nu exploatează corelația dintre planele de imagine. Soluția dezvoltată în această etapă a lucrărilor consideră inserția nu în spațiul RGB, ci într-un spațiu de tipul luminanță,

crominanțe. Algoritmul implică transformare din spațiul RGB în spațiul derivat, inserție în cele 3 componente și revenire în RGB.

Am considerat inserția într-un spațiu în care conversia de la RGB la spațiul derivat și conversia inversă să fie reversibilă și de complexitate redusă, anume un spațiu care să considere drept luminanță una din cele trei componente, iar crominanțele să fie diferite dintre celelalte două componente de culoare și luminanță. De exemplu spațiul G, R-G, B-G. Luminanța poate fi aleasă adaptiv G, B sau R, având în vedere maximizarea capacității totale.

Se începe cu inserția multibit folosind crominanțele, pentru a avea luminanța păstrată la valorile originale. Pentru o bună parte din pixelii unei imagini obișnuite, diferențele dintre două plane se păstrează la valori apropiate și mai mici decât valorile de pe fiecare plan individual. Folosirea crominanțelor are avantajul de a îmbunătăți predicția, iar pentru regiunile în care diferențele dintre planul de culoare curent și cel de referință sunt apropiate, eroarea de predicție va fi apropiată de valoarea 0, ceea ce permite un număr mai mare de expandări și, implicit, inserția unui mesaj de dimensiune mai mare.

După calcularea erorii de predicție pentru un pixel folosind crominanța și realizarea expandării, se adună valoarea luminanței pentru a reveni la componenta de culoare din crominanța respectivă. Formula de calcul a expandării este ușor diferită de cea de la imaginea cu nivele de gri și anume, intervine și luminanța pentru a păstra domeniul de variație [0,255]. După tratarea primului plan de crominanță, se procedează similar cu cel de-al doilea. La final se tratează planul de luminanță folosită algoritmul pentru imagini cu nivele de gri.

Decodarea are loc în sens invers. Se decodează mai întâi componenta de luminanță și se recuperează astfel valoarea originală. Recuperarea valorii originale a componentei de luminanță permite decodarea celor două crominante.

### **Activitatea 2.7. Extindere inserție reversibilă de mare capacitate pentru planele de crominanță**

Algoritmul elaborat pentru inserție de mare capacitate reversibilă în imagini folosind luminanță și crominanțe a fost implementat în Matlab. Inserția în planul de luminanță este identică cu inserția în imagini cu nivele de gri. Inserția în planele de crominanță au necesitat modificări la predicție (predicție pe diferența de culoare), la calculul modulului de expandare și la calculul final al valorii inserate. Împreună cu modulul de inserție pentru imagini color a fost implementat și

decodorul. În vederea evaluării performanțelor a fost implementat și un modul de inserție în imagini RGB.

### **Activitatea 2.8. Testare și validare inserție în imagini color**

Prezentăm rezultate pentru inserție reversibilă în imagini color pentru setul Kodak color din Fig. 4. Rezultatele pentru inserție independentă în planele de culoare folosind algoritmul pentru imagini cu nivele de gri sunt prezentate în tabelul 2. În tabelul 3 prezentăm rezultatele obținute pentru inserția în luminanță și crominante.

După cum se poate observa în tabelul 2, pentru fiecare imagine, capacitățile de inserție în cele trei plane sunt relativ similare. Valoarea medie a ratei de inserție pentru cele 24 de imagini este de 8,84 bpp, ceea ce înseamnă o medie de aproximativ 3 bpp pe plan. Cel mai bun rezultat s-a obținut pe imaginea Kodim20, 11,92 bpp, respectiv o medie de aproape 4 bpp pe plan. Rezultatul cel mai slab se obține la imaginea Kodim13, de doar 4,5 bpp, ceea ce înseamnă aproximativ 1,5 bpp pe fiecare plan.

În tabelul 3 prezentăm rata globală de inserție și spațiul oferit la inserția în componenta de verde și în cele două componente de crominanță. Inserția în crominanțe se dovedeste considerabil mai eficientă decât inserția în planele de luminanță. Astfel, pe medie capacitatea de inserție furnizata este de 1,58 ori mai mare pentru crominanța R-G decât pentru planul de verde, respectiv 1,52 pentru crominanța B-G față de inserția directă în G.

Algoritmul oferă pentru cele trei plane o rată de inserție medie de 12,25 bpp. Valoarea minimă, 9,96 bpp, se obține pentru imaginea Kodim13, o imagine cu multă textură. Valoarea maximă, 13,85 bpp, se obține pentru imaginea Kodim03. Castigul față de inserția independentă în planele de culoare folosind algoritmul multibit pentru imagini cu nivele de gri este de 3,42 bpp. Procentual, câștigul față de rata de inserție medie pe cele trei plane cu algoritmul pentru imagini cu nivele de gri este de 38,73%. Rezultatele obținute pentru imagini color cu inserție în luminanță și crominante ne permit să estimăm că vom obține rezultate bune și la compresorul pentru imagini color al cărui prototip urmează a fi implementat în etapa următoare.



Fig. 4. Setul Kodak color

**Tabel 2. Rezultate inserție RGB**

<b>Imagine</b>	<b>Capacitate R (biți)</b>	<b>Capacitate G (biți)</b>	<b>Capacitate B (biți)</b>	<b>Total (biți)</b>	<b>Total (bpp)</b>
Kodim01	870411	840618	824317	2535346	6.4477
Kodim02	1279111	1307223	1158515	3744849	9.5236
Kodim03	1487545	1491917	1409104	4388566	11.1607
Kodim04	1262734	1246868	1220271	3729873	9.4856
Kodim05	871600	851139	836105	2558844	6.5075
Kodim06	1074953	1085442	1036643	3197038	8.1305
Kodim07	1435230	1431862	1389009	4256101	10.8238
Kodim08	773960	783838	800803	2358601	5.9982
Kodim09	1349522	1355681	1361823	4067026	10.3430
Kodim10	1355392	1351040	1352235	4058667	10.3217
Kodim11	1134433	1110474	1085472	3330379	8.4696
Kodim12	1355427	1377286	1334106	4066819	10.3425
Kodim13	602137	609431	557505	1769073	4.4990
Kodim14	944289	952486	916076	2812851	7.1535
Kodim15	1261896	1326568	1239124	3827588	9.7341
Kodim16	1241017	1251558	1247419	3739994	9.5113
Kodim17	1227817	1198912	1165630	3592359	9.1358
Kodim18	892434	910283	871598	2674315	6.8011
Kodim19	1127786	1159085	1135240	3422111	8.7029
Kodim20	1821905	1660948	1201427	4684280	11.9127
Kodim21	1148402	1149616	1124988	3423006	8.7052
Kodim22	1179446	1127814	1102418	3409678	8.6713
Kodim23	1473315	1504609	1445848	4423772	11.2502
Kodim24	1122126	1109969	1086005	3318100	8.4384
<b>Medie</b>	<b>1178870.333</b>	<b>1174777.792</b>	<b>1120903.375</b>	<b>3474551.5</b>	<b>8.8362</b>

Imaginile obținute după inserție la capacitatea maximă sunt prezentate în Fig. 5. După cum se poate observa din Fig. 5, desi inserția introduce zgomot și denaturează culorile, imaginile sunt perfect recognoscibile. Comparând imaginile din Fig. 5 cu imaginile compresate cu nivele de gri din Fig. 2 și Fig. 3, se poate observa că zgomotul din imaginile cu nivele de gri este mai puțin supărător decât artefactele de culoare datorate inserției color de mare capacitate. Acest aspect sugerează ideea de a afișa imaginile color compresate cu nivele de gri. Conversia imaginii RGB în imagine cu nivele de gri este o operație de complexitate redusă

**Tabel 3. Rezultate inserție în lumananță și crominante**

Imagine	Capacitate R-G (biți)	Capacitate B-G (biți)	Capacitate G (biți)	Total (biți)	Total (bpp)
Kodim01	1868967	1846830	840678	4556475	11.5877
Kodim02	1597544	1864965	1307349	4769858	12.1304
Kodim03	2056715	1899300	1491420	5447435	13.8535
Kodim04	1734757	1930716	1246953	4912426	12.4929
Kodim05	1742501	1655217	850746	4248464	10.8044
Kodim06	1943911	1791469	1085667	4821047	12.2606
Kodim07	1974539	1818475	1431930	5224944	13.2877
Kodim08	1678577	1666268	783780	4128625	10.4996
Kodim09	1932459	1877121	1356455	5166035	13.1379
Kodim10	1890322	1847712	1352006	5090040	12.9446
Kodim11	1852551	1921463	1109903	4883917	12.4204
Kodim12	2013076	1921544	1377784	5312404	13.5101
Kodim13	1753010	1556905	608960	3918875	9.9662
Kodim14	1819888	1767021	951798	4538707	11.5425
Kodim15	1800329	1831081	1326705	4958115	12.6091
Kodim16	1995135	1907016	1250756	5152907	13.1045
Kodim17	1932266	1851215	1199160	4982641	12.6715
Kodim18	1680933	1587884	910724	4179541	10.6291
Kodim19	1847117	1787942	1158955	4794014	12.1918
Kodim20	2042797	1572453	1660977	5276227	13.4181
Kodim21	1908581	1769474	1148569	4826624	12.2747
Kodim22	1728545	1675168	1127604	4531317	11.5237
Kodim23	1878160	1847297	1505068	5230525	13.3019
Kodim24	1827087	1757087	1110141	4694315	11.9383
<b>Medie</b>	<b>1854156.958</b>	<b>1789650.958</b>	<b>1174753.667</b>	<b>4818561.6</b>	<b>12.2542</b>

**Activitatea 2.9. Diseminare.**

Un articol a fost trimis spre evaluare pentru publicare la revista *IEEE Signal Processing Letters*, revista Q1, iar alte două articole sunt în curs de redactare, unul în proporție de 90%, iar celălalt în proporție de 55%. Articolele urmează să fie trimise spre publicare la revista *IEEE Trans. on Image Processing*, revista far in domeniul prelucrării imaginilor cotata Q1. Astfel:

1. *On Preserving Histogram Aspect in Prediction Error Expansion RDH*, autori: D. Coltuc, I.C. Dragoi, H.G. Coanda, articol trimis spre evaluare la *IEEE Signal Processing Letters*.

2. *High Embedding Bitrate Reversible Data Hiding*, autori I.C. Drăgoi, D. Colțuc. Articolul este redactat în proporție de 90% (anexat la raport).
3. *Image compression by reversible data hiding*, autori D. Colțuc, I.C. Drăgoi, H. Coandă, Articolul conține compresorul pentru imagini cu nivele de gri dezvoltat în această etapă a lucrărilor și va conține și extensia la imagini color. Articolul este redactat 55%.



Fig. 5. Inserție în luminanță + cromaticitate.

## Bibliografie

- [1] I. Caciula, H.G Coanda and D. Coltuc, "Multiple Moduli Prediction Error Expansion Reversible Data Hiding", *Signal Process.: Image Comm.*, vol.71, pp. 120-127, 2019.
- [2] X. Li, B. Yang and T. Zeng, "Efficient Reversible Watermarking Based on Adaptive Prediction-Error Expansion and Pixel Selection", *IEEE Trans. on Image Process.*, vol. 20, no. 12, pp. 3524–3533, 2011.
- [3] F. Peng, X. Li and B. Yang, "Adaptive Reversible Data Hiding Scheme Based on Integer transform", *Signal Process.*, vol. 92, no. 1, pp. 54-62, 2012.
- [4] X. Gui, X. Li and B. Yang, "A High Capacity Reversible Data Hiding Scheme Based on Generalized Prediction-Error Expansion and Adaptive Embedding", *Signal Process.*, vol. 98, pp. 370-380, 2014.
- [7] I.-C. Dragoi and D. Coltuc, "Local-Prediction-Based Difference Expansion Reversible Watermarking", *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 23, no. 4, pp. 1779–1790, 2014.
- [8] X. Li, B. Yang and T. Zeng, "Efficient Reversible Watermarking Based on Adaptive Prediction-Error Expansion and Pixel Selection", *IEEE Trans. on Image Process.*, vol. 20, no. 12, pp. 3524–3533, 2011.

Director proiect,  
prof. dr. ing. Dinu COLTUC

