

RAPORT

ETAPA III: Noi aplicații ale predicției locale: specificarea reversibilă de histogramă

În ultima etapă a proiectului „Marcare reversibilă cu predicție locală - generația a doua,” activitatea de cercetare s-a concentrat pe adaptarea algoritmilor dezvoltați în etapele anterioare pentru folosirea lor în alte domenii de prelucrare a imaginilor. Obiectivul final este de a realiza noi aplicații în aceste domenii (inserția de date în imagini binare și îmbunătățirea imaginilor prin specificarea de histogramă). Rezultatele obținute urmează să fie publicate într-un articol de conferință indexată ISI, precum și într-un articol într-o revistă clasificată în Q1 (reviste roșii) aflat în stadiul inițial de redactare. Menționăm că articolul de conferință a fost acceptat pentru publicare, iar conferința (ASPAI 2020) a fost amânată din cauza pandemiei COVID-19, data inițială fiind de 1-3 aprilie 2020. Două articole se află în revizie pentru publicare în *IEEE Transactions on Information Forensics & Security* (articolul fiind la revizie numărul doi) și *IEEE Signal Processing Letters*, ambele reviste clasificate în Q1.

Activitatea 3.1. Management și diseminare.

Directorul de proiect a aplicat în continuare strategia de diseminare a rezultatelor bazată pe participarea la conferințe internaționale selective. În ultima etapă a proiectului a fost acceptat pentru publicare un articol de conferință :

- 1) I.C. Dragoi și D. Coltuc, " Improved Pixel Selection Strategy for Reversible Data Hiding in Binary Images," *the 2nd International Conference on Advances in Signal Processing and Artificial Intelligence (ASPAI 2020)*, Berlin, Germania, 2020

Două articole din etapa precedentă se află în stadiul de evaluare pentru publicare la reviste clasificate în Q1 (reviste roșii):

- 2) I.C. Dragoi și D. Coltuc, "On the Security of Reversible Data Hiding in Encrypted Images by MSB Prediction," în revizuire la *IEEE Transactions on Information Forensics & Security* (factor de impact 6.211).
- 3) I.C. Dragoi, H.G. Coandă și D. Coltuc, "Prediction Based Sorting for Reversible Data Hiding with Pixel-Value-Ordering," în revizuire la *IEEE Signal Processing Letters* (factor de impact 3.268).

Articolul care urmează să fie susținut la conferința internațională ASPAI 2020 investighează adaptarea principiilor de inserție reversibilă dezvoltate în acest proiect (exploatarea corelației dintre pixelii conectați orizontal, eficiența contextului de predicție centrat pe o pereche de pixeli, o suprapunerea contextului de predicție care menține reversibilitatea) pentru a îmbunătăți inserția reversibilă de date (RDH) în imagini binare. Această abordare a dus la o creștere semnificativă a capacității de inserție în acest tip de imagini. Algoritmul introdus în acest articol este discutat în secțiunea 3.2.

Articolul de revizuire în stare inițială de redactare are ca obiectiv crearea unei metode de specificare reversibilă de histogramă. Abordarea precedentă de specificare reversibilă de histogramă a fost discutată în raportul anterior (Raport 2, secțiunea 2.4). Varianta îmbunătățită a metodei propuse este discutată în secțiunea 3.3.

Activitatea 3.2. Dezvoltarea unui algoritm nou de RDH în imagini binare.

O imagine binară conține pixeli cu două valori posibile: alb („1” logic) sau negru („0” logic). Inserția de date ascunse într-o astfel de imagine poate fi realizată doar prin înlocuirea directă a valorii pixelilor gazdă cu informația ascunsă. Cele mai performante metode reversibile din acest domeniu, [1]-[3], au la bază aceeași abordare: împărțirea imaginii gazdă în secvențe disjuncte de pixeli, clasificarea secvențelor și selecția unei perechi de secvențe gazdă. Selecția se face astfel încât una dintre secvențele alese să fie puternic reprezentată în imagine, iar a doua să fie slab reprezentată (sau, când este posibil, aceasta să nu fie prezentă în imaginea originală). Distribuția inițială a secvențelor alese în imaginea gazdă este stocată sub forma informației auxiliare (hartă de poziții compresată fără pierderi). Această informație permite restaurarea exactă a imaginii gazdă prin extragerea mesajului ascuns. Informația auxiliară este inserată

împreună cu mesajul ascuns în secvențele de pixeli din imagine cu valorile selectate, primul tip de secvență reprezintă valoarea „0” a bitului ascuns, iar a doua secvență corespunde bitului de „1.” Bineînțeles, înlocuirea unei secvențe cu alta introduce o distorsiune în imaginea gazdă. Pentru a îndeplini criteriul de imperceptibilitate a inserției, această distorsiune trebuie să fie insesizabilă ochiului uman. Astfel secvențele alese trebuie să aibă o distribuție similară. Algoritmii RDH pentru imagini binare au ca obiectiv obținerea unui raport cât mai bun între capacitatea oferită (dată de distribuția secvențelor alese) și distorsiunea introdusă (dată de diferența dintre cele două secvențe). Figura 1 prezintă efectul inserției de date asupra imaginii gazdă.

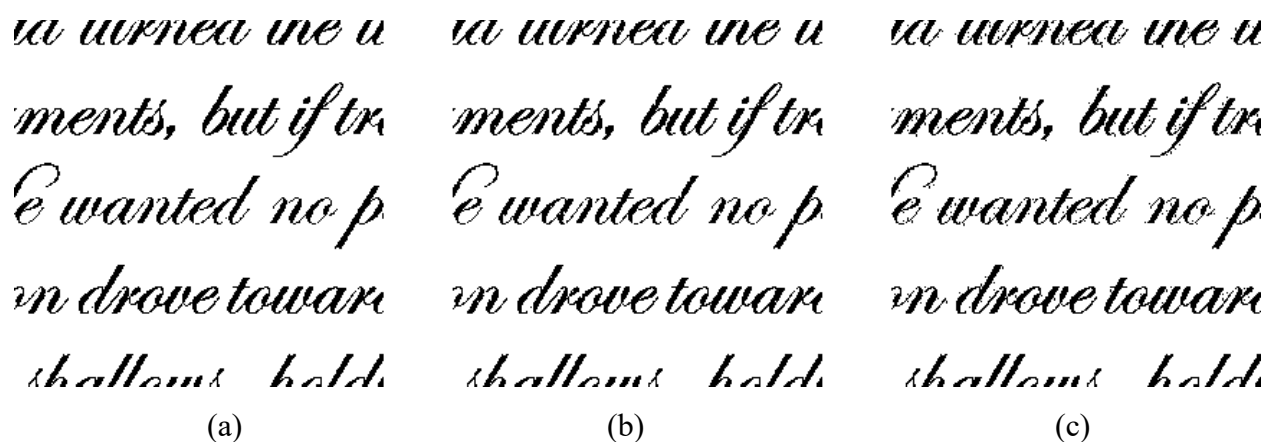


Figura 1. Inserției de date: imaginea *Document* înainte de inserție cu date ascunse (a) și după inserția cu 128 de biți (b) și 512 biți (c).

Clasificarea secvențelor de pixeli se face direct în [1], iar în [2] valorile binare sunt convertite în numere în baza zece. Metoda recent propusă în [3] împarte imaginea gazdă în blocuri de 3×3 pixeli. Blocurile sunt clasificate în perechi. Modificarea pixelului din centrul oricărui bloc (din „0” în „1” sau invers) face ca valoare blocului să devină cea a perechi sale. Inserția reversibilă de date se face prin înlocuirea acestei valori centrale. Selecția perechi de blocuri gazdă se face în funcție de capacitatea de inserție oferită (dată de diferența dintre numărul de blocuri cu valorile pereche și numărul de biți necesari stocării distribuției lor în imaginea originală) și distorsiunea introdusă de mesajul ascuns (evaluată cu metrica introdusă în [4]). Pentru majoritatea imaginilor binare, perechile disponibile ce oferă o distorsiune mică a gazdei nu pot asigura capacitatea dorită din cauza dimensiunii datelor auxiliare. Pentru a corecta

această problemă, în [3] s-a propus folosirea unui al treilea tip de bloc (subreprezentat/nereprezentat în imaginea originală) care va indica pozițiile blocurilor slab reprezentate din pereche. Astfel capacitatea oferită de algoritm este îmbunătățită (indicarea pozițiilor blocurilor subreprezentat/nereprezentat și a celor slab reprezentate necesitând mai puțini biți auxiliari decât la stocarea pozițiilor blocurilor pereche).

Metoda dezvoltată în această etapă a proiectului (ce urmează să fie prezentată la ASPAI 2020) îmbunătățește semnificativ abordarea propusă în [3]. Blocurile clasificate în perechi nu mai sunt complet disjuncte (figura 2), această proprietate fiind păstrată doar pentru pixelii ce pot fi modificați prin inserția datelor. Pixelii care nu sunt afectați de inserție pot aparține la mai multe blocuri fără a afecta reversibilitatea metodei. Zona centrală a blocurilor a fost extinsă la doi pixeli (care pot conține doi biți ascunși) pentru a crește capacitatea maximă teoretică de la 1/9 (fără extindere) la 1/3 din dimensiunea imaginii. Comparativ cu [3], cea mai performantă metodă RDH din literatură pentru imagini binare, algoritmul propus introduce o distorsiune mai mică la aceeași capacitate de inserție, oferind în același timp și o capacitate maximă mult mai mare.

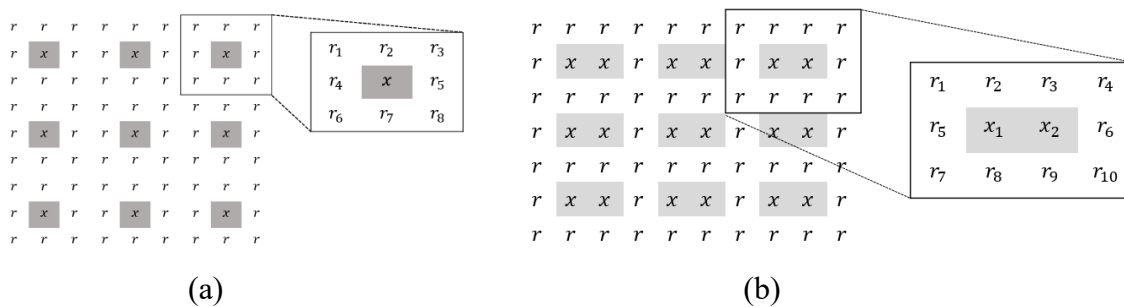


Figura 2. Blocurile disjuncte din [3] (a) și cele propuse cu zone de suprapunere (b).

Activitatea 3.3. Folosirea metodelor RDH pentru specificarea reversibilă de histogramă

Specificarea de histograma este folosită pentru îmbunătățirea aspectului unei imagini, modificând contrastul acesteia. Algoritmul dezvoltat în etapa anterioară pentru varianta reversibilă a specificării de histograma a fost îmbunătățit: metoda de predicția a fost rafinată (selecție din mai mulți sub-predictori bazați pe gradientii pe direcțiile ortogonale și doi predictorii liniari locali care folosesc contextul romb de 4 pixeli și pe cel complet de 8 pixeli), precum și metoda de stocare a valorilor originale (aducând o scădere a dimensiunii datelor auxiliare de

aproximativ 0.02-0.05 bpp). Aceste îmbunătățiri au dus la obținerea unei histograme finale mai apropiate de cea dorită (figura 3). Reducerea dimensiunii datelor auxiliare necesare reversibilității permit stabilitatea rezultatelor pe o gamă mai largă de histograme posibile, un aspect important care este în continuare cercetat (diferența între histograma dorită și cea originală influențează direct dimensiunea datelor adiționale, iar capacitatea oferită de imagine după specificare este limitată). Articolul ce introduce varianta reversibilă a specificării de histogramă bazată pe RDH este încă în starea inițială de redactare, urmărindu-se publicarea sa într-o revistă clasificată în Q1.

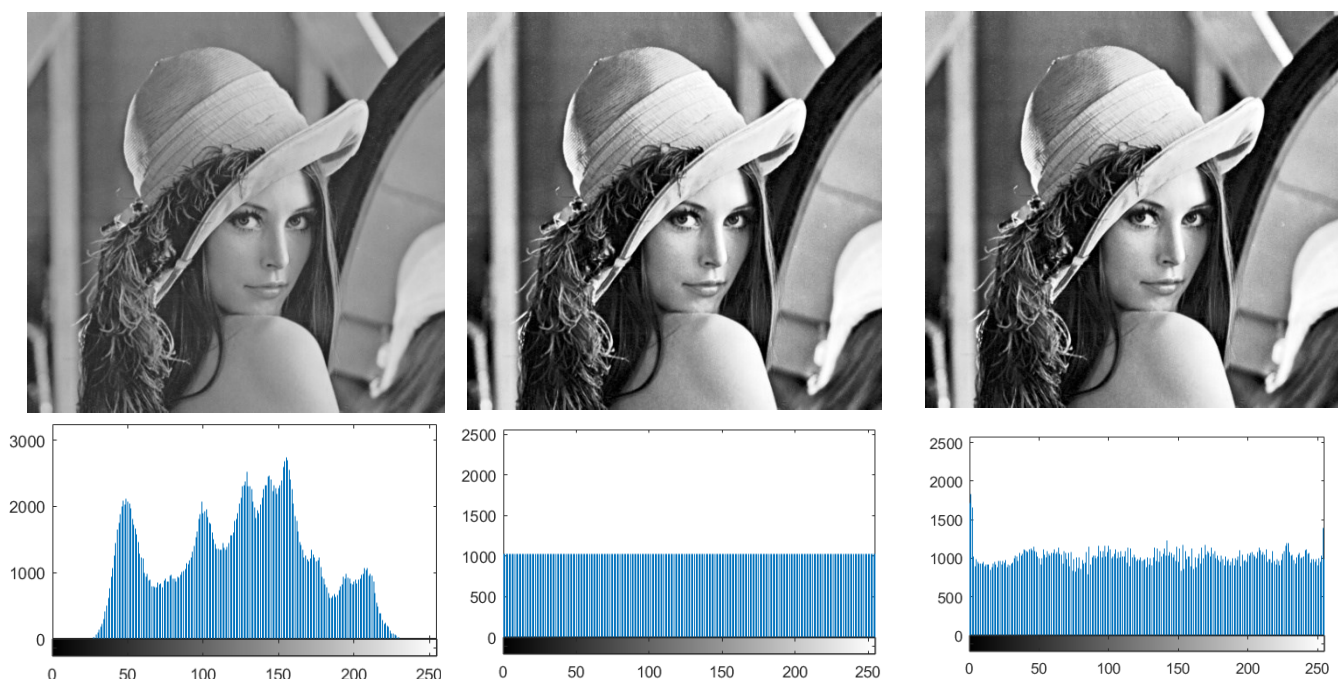


Figura 3. Imaginea *Lena* înainte de specificare, după specificarea exactă și după specificarea reversibilă (ambele cu o histogramă egalizată), precum și histogramele corespunzătoare lor (de la stânga la dreapta).

Bibliografie

- [1] Y.-A. Ho, Y.-K. Chan, H.-C. Wu, Y.-P. Chu, High-capacity reversible data hiding in binary images using pattern substitution, *Computer Standards and Interfaces* 31(4), 2009, pp. 787–794.

- [2] C. Kim, J. Baek, P. S. Fisher, Lossless data hiding for binary document images using n-pairs pattern, International Conference on Information Security and Cryptology (ICISC), 2014, pp. 317–327.
- [3] X. Yin, W. Lu, W. Liu, J. Zhang, Reversible data hiding in binary images by symmetrical flipping degree histogram modification, Security with Intelligent Computing and Big-data Services, Springer, 2020, pp. 891–903.
- [4] H. Lu, A. C. Kot, Y. Shi, Distance-reciprocal distortion measure for binary document images, IEEE Signal Processing Letters 1 (2), 2004, pp. 228–231.
- [5] D. Coltuc, P. Bolon, and J-M. Chassery. "Exact histogram specification." *IEEE Transactions on Image Processing*, 15(5), 2006, pp. 1143-1152.