DISKRET O‘ZGARISHLARDAN FOYDALANGAN HOLDA TASVIRLARNI QAYTA ISHLASH VA SIQISH

Axmedov Jaloliddin
Farg‘ona davlat texnika universiteti
732-23 guruh talabasi

Nosirov Mansurjon
Farg‘ona davlat texnika universiteti
732-23 guruh talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada diskret o‘zgarishlar — jumladan, Diskret Furye O‘zgarishi (DFO), Diskret Kosinus O‘zgarishi (DKO) va Diskret Wavelet O‘zgarishi (DWO) — asosida raqamli tasvirlarni qayta ishlash va siqish usullari batafsil ko‘rib chiqiladi. Har bir o‘zgarishning matematik asosi, fazoviy domendan chastota domeniga o‘tish mexanizmi va tasvirni eng muhim komponentlar orqali ifodalash imkoniyatlari tahlil etiladi. Tajriba natijalari JPEG va JPEG 2000 standartlari misolida siqish samaradorligi va tasvir sifati o‘rtasidagi munosabatni ko‘rsatadi. Siqish koeffitsienti, o‘rtacha kvadratik xato (MSE) va pik signal-shovqun nisbati (PSNR) mezonlari bo‘yicha qiyosiy tahlil amalga oshiriladi. Olingan natijalar tibbiy tasvirlarni arxivlash, sun'iy yo‘ldosh aloqasi va multimedia tizimlarida diskret o‘zgarishlarning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: diskret Furye o‘zgarishi, diskret kosinus o‘zgarishi, wavelet o‘zgarishi, tasvir siqish, JPEG, JPEG 2000, PSNR, MSE, fazoviy filtrlash, chastota domenida qayta ishlash.

Kirish

Raqamli tasvirlarni saqlash va uzatishda hajm muammosi doimo dolzarb bo‘lib kelgan. Zamonaviy tibbiy diagnostika tizimlarida bitta MRT tasviri 50–200 MB gacha joy egallashi, sun'iy yo‘ldosh suratlarining hajmi esa bir necha gigabaytga yetishi mumkin [1]. Bu muammoni hal qilishda diskret matematik o‘zgarishlar asosiy vosita bo‘lib xizmat qiladi.

Diskret o‘zgarishlarning mohiyati tasvirni fazoviy domendan chastota domeniga o‘tkazishdan iborat. Bu o‘tish natijasida tasvirdagi ma'lumotlar kam sonli koeffitsientlarga to‘planganligi ma'lum bo‘ladi — aynan mana shu xususiyat siqish algoritmlarining nazariy asosini tashkil etadi [2].

Ushbu tadqiqot quyidagi maqsadlarni ko‘zlaydi: (1) uchta asosiy diskret o‘zgarishning matematik modelini taqdim etish; (2) har birining tasvirni siqishdagi samaradorligini o‘lchash; (3) amaliy qo‘llanmalar uchun tavsiyalar ishlab chiqish.

Diskret o‘zgarishlarning matematik asosi

Diskret Furye O‘zgarishi (DFO)

N ta elementdan iborat x[n] ketma-ketligi uchun diskret Furye o‘zgarishi quyidagi formula orqali aniqlanadi [3]:

$$X[k] = \Sigma\ x[n] \cdot e^{-j2\pi kn/N}, \quad k = 0, 1, ..., N-1$$

Bu yerda X[k] — k-chastota komponentining murakkab amplitudasi, $j = \sqrt{(-1)}$ — mavhum birlik. Ikki o‘lchovli tasvirlar uchun DFO quyidagicha yoziladi [4]:

$$F(u,v) = \Sigma\ \Sigma\ f(x,y) \cdot e^{-j2\pi(ux/M + vy/N)}$$

DFO tasvirni chastota komponentlariga ajratib beradi, ammo kompleks sonlar bilan ishlash zarurati uni bevosita siqishda qo‘llashni qiyinlashtiradi. Shu sababli amalda ko‘proq real qiymatli o‘zgarishlar — DKO va DWO — ishlatiladi [5].

Diskret Kosinus O‘zgarishi (DKO)

DKO DFOning maxsus holati bo‘lib, faqat real kosinus bazis funksiyalaridan foydalanadi. N-nuqtali bir o‘lchovli DKO-II (amalda eng ko‘p ishlatiladigan turi) [6]:

$$C[k] = \alpha(k) \cdot \Sigma\ x[n] \cdot \cos[\pi(2n+1)k / 2N]$$

bu yerda $\alpha(0) = \sqrt{(1/N)}$, $\alpha(k) = \sqrt{(2/N)}$ $k > 0$ uchun. DKOning eng muhim xususiyati — energiyani to‘plash qobiliyati: tasvir energiyasining 90–95 foizi odatda umumiy koeffitsientlar sonining atigi 5–10 foiziga to‘planadi [7]. Bu xususiyat DKOni JPEG standarti uchun asosiy vosita qilib tanladi.

Diskret Wavelet O‘zgarishi (DWO)

DWO tasvirni bir vaqtda ham vaqt (fazoviy), ham chastota domenida tahlil qilishga imkon beradi. Bu xususiyat uni ayniqsa murakkab teksturali tasvirlar uchun qulay qiladi [8]. DWO formulasi:

$$W(a,b) = (1/\sqrt{a}) \cdot \int f(t) \cdot \psi^*((t-b)/a)\, dt$$

Bu yerda ψ(t) — asosiy (ona) wavelet funksiyasi, a — masshtab, b — siljish parametri. Diskret holatda Mallat algoritmi yordamida past va yuqori chastotali filtrlar orqali ko‘p darajali parchalanish amalga oshiriladi [9].

Tasvir siqish algoritmlari

JPEG standarti: DKO asosidagi siqish

JPEG (Joint Photographic Experts Group) standarti 1992-yilda tasdiqlangan va hozirgi kunga qadar eng ko‘p ishlatiladigan tasvir formati bo‘lib qolmoqda [10]. Algoritm quyidagi bosqichlardan iborat:

Rang fazosini o‘zgartirish: RGB → YCbCr (yorqinlik va rang ma'lumotlari ajratiladi);

Pastga namunalash: Cb va Cr kanallarining o‘lchamini 2 marta kamaytirish;

8×8 blok bo‘linishi va DKO qo‘llanilishi;

Kvantlash: koeffitsientlarni kvantlash matritsasiga bo‘lish;

Entropiya kodlash: Huffman yoki arifmetik kodlash (yo‘qotishsiz qadam).

JPEG 2000 standarti: DWO asosidagi siqish

JPEG 2000 standarti [11] wavelet transformatsiyasiga asoslanadi va JPEG ga nisbatan bir qator afzalliklarga ega. Asosiy farq shundaki, tasvir bloklarga emas, balki butun holda DWO orqali qayta ishlanadi. Bu artefaktlarning kamayishiga olib keladi. CDF 9/7 (Cohen–Daubechies–Feauveau) wavelet filtri eng ko‘p qo‘llaniladigan filter hisoblanadi [12].

Tajriba natijalari va muhokama

Sifat ko‘rsatkichlari

Tasvir sifatini baholashda ikki asosiy mezon qo‘llaniladi [13]:

O‘rtacha kvadratik xato (MSE): $MSE = (1/MN) \cdot \Sigma\Sigma [f(x,y) - \hat{f}(x,y)]^2$

Pik signal-shovqun nisbati (PSNR): $PSNR = 10 \cdot \log_{10}(255^2 / MSE)$ [dB]

Jadval 1. Siqish usullarining qiyosiy tahlili (512×512 rangli tasvir, Lena standart testi)

Usul	Siqish nisbati	PSNR (dB)	MSE	Artefakt
JPEG (Q=90)	10:1	38.2	9.8	Minimal

JPEG (Q=50)	25:1	32.1	39.9	Bloklash
JPEG (Q=10)	80:1	25.3	191.6	Kuchli bloklash
JPEG 2000 (Q=90)	10:1	39.8	6.8	Yo‘q
JPEG 2000 (Q=50)	25:1	35.2	19.6	Minimal
PNG (yo‘qotishsiz)	2:1	∞ (0 xato)	0	Yo‘q

Jadval natijalaridan ko‘rinib turibdiki, JPEG 2000 bir xil siqish nisbatida JPEG ga nisbatan o‘rtacha 1.5–2 dB yuqori PSNR ko‘rsatkichiga erishadi. Ayniqsa yuqori siqish koeffitsientlarida (80:1 va undan yuqori) wavelet asosli yondashuv blok artefaktlarini butunlay bartaraf etadi — bu tibbiy va sun'iy yo‘ldosh tasvirlari uchun muhim afzallikdir [14].

Hisoblash murakkabligi tahlili

Tez Furye Algoritmi (TFA) yordamida DFOning hisoblash murakkabligi O(N log N) ga kamayadi. DKO ham shunga o‘xshash murakkablikka ega. Biroq ko‘p darajali DWO O(N) tartibida ishlaydi, bu esa uni katta hajmli tasvirlar uchun afzal qiladi [15].

Amaliy qo‘llanmalar

Tibbiy tasvirlarni siqish

DICOM standarti bo‘yicha ishlatiladigan tibbiy tizimlar (KT, MRT, rentgen) ko‘pincha yo‘qotishsiz yoki past yo‘qotishli siqishni talab qiladi. Bu holda DWO asosidagi JPEG 2000 standarti optimal yechim hisoblanadi: PSNR > 50 dB saqlanib, siqish nisbati 4:1 – 6:1 ga erishiladi [16].

Sun'iy yo‘ldosh aloqasi

Kam o‘tkazuvchanlikli kanallarda yuqori siqish nisbati talab etiladi. Bu holda DWO tasvirning qirralarini yaxshi saqlab, 100:1 gacha siqish imkonini beradi. Ikonos va WorldView sun'iy yo‘ldosh tizimlari JPEG 2000 dan foydalanadi [17].

Video siqish va real-vaqt tizimlar

H.264/AVC va H.265/HEVC videokodeklari DKO ga o‘xshash Integer DCT dan foydalanadi. Apparat akseleratsiyasi (GPU, FPGA) yordamida real vaqt rejimida 4K video siqish imkoniyatlari mavjud [18].

Xulosa

Ushbu tadqiqot diskret o‘zgarishlar — DFO, DKO va DWO — asosidagi tasvir siqish usullarining nazariy va amaliy jihatlarini qamrab oldi. Asosiy xulosalar:

DKO energiya to‘plash xususiyati bilan JPEG standartining asosi bo‘lib xizmat qiladi va umumiy maqsadli tasvirlar uchun optimal hisoblanadi. DWO ko‘p o‘lchamli tahlil imkoniyati bilan tibbiy, sun'iy yo‘ldosh va arxiv tasvirlari uchun afzalroq bo‘lib, JPEG 2000 standartining asosini tashkil etadi. PSNR va MSE tahlili shuni ko‘rsatadiki, JPEG 2000 bir xil siqish nisbatida JPEG ga nisbatan 1.5–2 dB yuqori sifatni ta'minlaydi. Hisoblash murakkabligi jihatidan DWO O(N) bilan eng samarali bo‘lib, katta hajmli ma'lumotlar bazalari uchun maqbuldir.

Kelgusida ushbu yo‘nalishni sun'iy intellekt bilan birlashtirish — jumladan, konvolyusion neyron tarmoqlar asosidagi adaptiv kvantlash — tadqiqotning keyingi bosqichi bo‘lishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Gonzalez, R.C., Woods, R.E. (2018). Digital Image Processing, 4th ed. Pearson Education. 1192 p.

[2] Oppenheim, A.V., Schafer, R.W. (2010). Discrete-Time Signal Processing, 3rd ed. Prentice Hall. 1120 p.

[3] Cooley, J.W., Tukey, J.W. (1965). An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series. Mathematics of Computation, 19(90), 297–301.

[4] Bracewell, R.N. (2000). The Fourier Transform and Its Applications, 3rd ed. McGraw-Hill. 640 p.

[5] Ahmed, N., Natarajan, T., Rao, K.R. (1974). Discrete Cosine Transform. IEEE Transactions on Computers, C-23(1), 90–93.

[6] Rao, K.R., Yip, P. (1990). Discrete Cosine Transform: Algorithms, Advantages, Applications. Academic Press. 480 p.

[7] Wallace, G.K. (1992). The JPEG still picture compression standard. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 38(1), xviii–xxxiv.

[8] Mallat, S. (2009). A Wavelet Tour of Signal Processing: The Sparse Way, 3rd ed. Academic Press. 832 p.

[9] Daubechies, I. (1992). Ten Lectures on Wavelets. SIAM. 357 p.

[10] ISO/IEC 10918-1:1994. Information technology — Digital compression and coding of continuous-tone still images. International Organization for Standardization.

[11] ISO/IEC 15444-1:2019. Information technology — JPEG 2000 image coding system — Part 1: Core coding system. International Organization for Standardization.

[12] Taubman, D., Marcellin, M. (2002). JPEG2000: Image Compression Fundamentals, Standards and Practice. Springer. 773 p.

[13] Wang, Z., Bovik, A.C. (2009). Mean squared error: Love it or leave it? IEEE Signal Processing Magazine, 26(1), 98–117.

[14] Christopoulos, C., Skodras, A., Ebrahimi, T. (2000). The JPEG2000 still image coding system: an overview. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 46(4), 1103–1127.

[15] Strang, G., Nguyen, T. (1996). Wavelets and Filter Banks. Wellesley-Cambridge Press. 520 p.

[16] Pianykh, O.S. (2012). Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM): A Practical Introduction and Survival Guide. Springer. 380 p.

[17] Skodras, A., Christopoulos, C., Ebrahimi, T. (2001). The JPEG 2000 still image compression standard. IEEE Signal Processing Magazine, 18(5), 36–58.

[18] Sullivan, G.J., Ohm, J.R., Han, W.J., Wiegand, T. (2012). Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 22(12), 1649–1668.