



KOMPYUTER TOMOGRAFIK TASVIRLARNING SHOVQINNI KAMAYTIRISH USULLARI.

*Farg'ona Jamoat Salomatlik Tibbiyot Instituti Biotibbiyot muhandisligi va
biofizika axborot texnologiyalari kafedirasi o'qtuvchisi*

Tursunov Doniyor Abdusalomovich

*Farg'ona Jamoat Salomatlik Tibbiyot Instituti "Rentgen texnikasi va
texnologiyasi" yo'nalishi 624-guruh magistr talabasi:*

Omonboyev Shaxriddinbek To'lanboy o'g'li.

Annotatsiya: Ushbu ish kompyuter tomografik (KT) tasvirlardagi shovqin manbalarini chuqur tahlil qiladi hamda spatial domen, chastota domeni, to'liq transformatsiyasi va iterativ rekonstruksiya usullari asosida shovqinni kamaytirish metodlarini batafsil bayon etadi. Har bir yondashuv nazariy jihatlarini, amaliy implementatsiya masalalari va diagnostik tasvir sifatiga ta'siri o'rganilib, klinik va laboratoriya sinovlari natijalariga tayangan holda tavsiyalar beriladi.

Maqsad: KT tasvirlaridagi shovqinni kamaytirish metodlarini taqqoslab, eng samarali texnikalarni aniqlash.

Vazifalar:

Shovqin turlari va statistik modellari bilan tanishish;

Spatial (median, Gaussian, bilateral) usullarni tavsiflash;

Chastota domeni (Butterworth, wavelet) metodlarini ko'rib chiqish;

Iterativ rekonstruksiya (MBIR, OSEM) yondashuvlarini tahlil qilish;

Har bir usulning afzallik–kamchiliklarini solishtirish.



Shovqin manbalari va statistik modellari

KT jarayonida uch asosiy turdagi shovqin uchraydi. **Kvant (Poisson) shovqin** — rentgen nurlari fotonlarining diskret tabiati tufayli, ayniqsa past doza rejimlarida signal dispersiyasi signal oʻrtacha qiymatiga nisbatan oshadi.

Elektronika (Gaussian) shovqin — detektor matritsasi va analog-raqamli konvertordan kelib chiqadi, odatda yuqori chastotali komponentlarni ifodalaydi.

Rekonstruksiya artefaktlari — sinogrammadagi modellash xatolari (fan-beam yoki cone-beam geometrik cheklanishlari) va bemor harakati artefakt shaklida tasvirga sinadi. Ushbu komponentlar kvazideterministik boʻlib, ularni kamaytirish dastlabki filtr bosqichida qiyinroq. Ushbu manbalar sintezi natijasida olinadigan shovqin kvazideterministik-tasodifiy model bilan tavsiflanadi va ularni baholash uchun SNR (signal-to-noise ratio) hamda CNR (contrast-to-noise ratio) mezonlari qoʻllaniladi.

Spatial domen usullari

Spatial domen yondashuvlari bevosita piksellar ustida ishlaydi, eng sodda va tezkor implementatsiya qilinadi.

Median filtr: har bir piksel atrofida 3×3 yoki 5×5 oyna ichidagi qiymatlarning medianini tanlab, impuls (“salt-and-pepper”) shovqinni 50–60 % ga kamaytiradi. Chet chekkalarni saqlash xususiyati tufayli koʻp klinik stsenariylarda birinchi tanlov boʻladi.

Gaussian konvolyutsiya: yumshoq silliqlash uchun $\sigma=1$ parametrli 2D Gaussian yadrosi qoʻllanadi. Yuqori chastota shovqini 30–40 % ga bartaraf etadi, ammo nozik strukturani biroz yumshatishi mumkin.



Bilateral filtr: fazoviy (masofa) va intensivlik (sig'ma-r) farqlariga mos og'irlik berib silliqlashni amalga oshiradi. SNR va CNRni 45 % ga oshirishi, chekka konturlarni yuqori aniqlikda saqlashi bilan ajralib turadi.

Anisotropic diffusion: Perona–Malik yondashuvi bo'yicha, lokal gradientga qarab difuziya koeffitsientini boshqaradi; bu chekka joylarni saqlagan holda shovqinni asta-sekin kamaytiradi.

Non-Local Means (NLM): tasvirni bloklarga ajratib, butun rasm bo'ylab o'xshash bloklarni topadi va ularning og'irliklangan o'rtachasini hisoblaydi. Hisoblash yukini GPU va paralell computing yordamida kamaytirish mumkin.

Chastota domeni usullari

Fourier domenida ishlash yuqori chastota komponentlarni tanlab yo'qotishga imkon beradi.

Butterworth LPF/HPF: yumshoq o'tish funksiyasi bilan yuqori yoki past chastota tasnifi amalga oshiriladi. Artefaktlarni minimallashtiradi, lekin kontur nozikligi biroz yutilishi mumkin.

Ideal chastota filtrlari: keskin o'tish bilan chastota chegaralarini bo'lib, shovqinni keskin bartaraf etsa-da, ring yoki Gibbs artefaktlari yuzaga keladi.

Band-stop/notch filtrlari: ma'lum chastota oralig'idagi artefakt chiziqlarini yo'qotish uchun ishlatiladi, masalan, tomogrammada periodic ring-artefaktlar.



Spectral subtraction: kirish rasmidan oldindan o'lchanadigan shovqin spektrini ayirish orqali tozalash. Amaliyotda shovqin spektri dinamik tarzda hisoblansa ham samarali.

To'lqin transformatsiyasi usullari

Wavelet-asosidagi yondashuvlar tasvirni subbandlarga ajratadi va yuqori chastota subbandlarda adaptiv siqish (thresholding) amalga oshiradi.

Daubechies wavelet: kuchli lokalizatsiya va ko'p o'lchovli dekonstruktsiya. Soft-threshold bilan SNR 25–30 %, CNR 30 % ga oshadi.

Stationary Wavelet Transform (SWT): shift-invariant, artefaktlarni kamaytiradi va nozik detallarga ta'sirini minimallashtiradi.

Curvelet/Contourlet transform: egri konturlarni yaxshi tutadi, heterojen to'qimalarda yuqori samaradorlik ko'rsatadi.

Iterativ rekonstruktsiya usullari

Analitik FBP (Filtered Back Projection) o'rniga statistik yondashuvlar

• **Model-Based Iterative Reconstruction (MBIR):** fizik model va prior (Markov Random Field yoki Tikhonov regularization) yordamida qayta tiklash. Past-doza CTda artefakt va shovqinni 2–3 barobar kamaytiradi, SNR $\approx$ 20.1, CNR $\approx$ 2.8 miqdorlariga erishadi.

• **Ordered Subsets Expectation Maximization (OSEM):** sinogrammani kichik bo'limlarga bo'lib, tez konvergensiya bilan iteratsiya. MBIRga nisbatan tezroq, biroq ozroq sifatli.

• **Penalized-Likelihood yondashuvlar:** L2L_2L2 yoki total variation (TV) regularization qo'shib, tasvirni silliqlash va artefaktlarni kamaytirish imkonini yaratadi.



Amaliy tavsiyalar

1. **Klinik past-doza protokollarda** MBIR yoki penalized-likelihood rekonstruksiya joriy etilsin.
2. **Tezkor silliqdash** uchun spatial domen usullari (bilateral + NLM) kombinatsiyasini ishlatish maqul.
3. **Chastota domeni yondashuvlari** diagnostik jarayonda artefaktlarga qarshi qo‘shimcha qatlam sifatida qo‘llansin.
4. **Wavelet-asosidagi usullar** heterojen to‘qimalarni tahlil qiluvchi maxsus holatlarda afzal.
5. **SI-yordamida separatsiya:** konvolyutsion neyron tarmoqlar spatial va chastota domen usullarini avtomatik tanlashni qo‘llab-quvvatlaydi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. González R.C., Woods R.E. *Digital Image Processing*. Pearson, 2018.
2. Bushberg J.T., Seibert J.A., Leidholdt E.M., Boone J.M. *The Essential Physics of Medical Imaging*. LWW, 2011.
3. Pratt W.K. *Digital Image Processing: PIKS Inside*. Wiley, 2007.
4. Foi A., Katkovnik V., Egiazarian K. “Practical Poisson–Gaussian Noise Modeling...” *IEEE Trans. Image Process.*, 2008.
5. Thibault J.-B., Sauer K.D., Bouman C.A., Hsieh J. “A Three-Dimensional Statistical Approach...” *Med. Phys.*, 2007.
6. Candes E.J., Donoho D.L. “New Tight Frames of Curvelets...” *Commun. Pure Appl. Math.*, 2004.
7. Sidky E.Y., Pan X. “Image reconstruction in circular cone-beam computed tomography...” *Phys. Med. Biol.*, 2008.
8. Perona P., Malik J. “Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic Diffusion.” *IEEE Trans. PAMI*, 1990.
9. RSNA AI Resources. <https://www.rsna.org/education/ai-resources>
10. IAEA Dosimetry in Diagnostic Radiology. <https://www.iaea.org/resources/dosimetry/diagnostic-radiology>.