BIPOLYAR NORAVSHAN TO‘PLAMLAR ASOSIDA MRT MIYA TASVIRIGA DASTLABKI ISHLOV BERISH ALGORITMI

UDK: 004.93'1:616.831-073.756.8

Iskandarova F.N.

Tashkent International University of Financial Management and Technologies

feruza621988@gmail.com

Kutlimuratova G.

Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

Nuritdinov Jahongir To‘lqin o‘g‘li

Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

nuriddinovjahongir250@gmail.com

Madina Shaymanova

Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi

Annotatsiya. *Maqolada bipolyar noravshan to‘plamlar (bipolar fuzzy sets) nazariyasiga asoslangan MRT miya tasvirlariga dastlabki ishlov berishning yangi algoritmi — BiFMRI taklif etiladi. Algoritmda pikselning «foydali signalga tegishlilik» (μ^+) va «shovqinga tegishlilik» (μ^-) darajalari bir vaqtda modellashtiriladi va mahalliy gradient hamda dispersiya statistikalariga bog‘liq adaptiv parametrlash mexanizmi qo‘llaniladi. IXI, BraTS-2023 va BrainWeb to‘plamlarida olingan natijalar BiFMRI ning klassik usullardan PSNR bo‘yicha 4.2–5.4 dB, klassik noravshan filtrlardan 2.1–2.4 dB ustunligini ko‘rsatdi (PSNR =*

33.86 dB, SSIM = 0.923). U-Net asosidagi segmentatsiya Dice koeffitsienti 8.2–11.8% ga oshdi, Hausdorff masofasi 25.8% ga kamaydi.

Kalit so‘zlar: *bipolyar noravshan to‘plam, MRT tasviri, Rician shovqin, dastlabki ishlov berish, defuzzifikatsiya, segmentatsiya, tibbiy informatika.*

Tibbiy diagnostikada zamonaviy magnit-rezonans tomografiya (MRT) usuli markaziy nerv tizimi kasalliklarini erta aniqlashning eng samarali vositalaridan biri hisoblanadi. Jahon sog‘liqni saqlash tashkilotining 2024-yil ma’lumotlariga ko‘ra, neyrologik kasalliklar dunyo bo‘yicha o‘limning uchinchi sababi bo‘lib, har yili 9 millionga yaqin odam hayotini yo‘qotmoqda. Biroq MRT tasvirlari Rician shovqin [1], intensivlik notekisliklari (bias field) va boshqa artefaktlarga moyil bo‘lib, bu tashxis aniqligi va avtomatlashtirilgan segmentatsiya modullari ishonchliligini sezilarli kamaytiradi.

Mavjud usullar — chiziqli filtrlar (Gauss, median), Non-Local Means (NLM), BM3D, klassik noravshan filtrlar va chuqur o‘qitish modellari (DnCNN, U-Net) — turli ustunliklarga ega bo‘lsa-da, kamchiliklardan xoli emas: chiziqli filtrlar chegaralarni saqlamaydi; NLM/BM3D yuqori sifat beradi, lekin sekin; chuqur o‘qitish katta o‘qitish to‘plami va GPU resurslarini talab qiladi, izohlanuvchanligi past. Klassik noravshan to‘plamlar (Zadeh, 1965) noaniqlikni qisman hisobga oladi, lekin salbiy ma’lumotni alohida modellamaydi.

Taklif etilayotgan yondashuv. Mazkur ishda Zhang [2] va Lee tomonidan asoslangan bipolyar noravshan to‘plamlar nazariyasi MRT tasvirlariga ishlov berishga moslashtirilgan tarzda kengaytirildi. Bipolyar noravshan to‘plam $A = \{\langle x, \mu^+_A(x), \mu^-_A(x)\rangle : x \in X\}$ an’anaviy [0,1] oralig‘idagi ijobiy a’zolik bilan birgalikda [−1,0] oralig‘idagi salbiy a’zolikni ham hisobga oladi. Bu MRT tasvirlaridagi noaniqlikning ham «sifatdorlik», ham «sifatsizlik» tomonlarini bir vaqtda modellash imkonini beradi.

Taklif etilayotgan BiFMRI (Bipolar Fuzzy MRI Preprocessing) algoritmi yetti bosqichdan iborat: tasvirni normallashtirish va histogramma tahlili; bipolyar fuzzifikatsiya; bilim bazasini yuklash; adaptiv bipolyar inferensiya; defuzzifikatsiya; chetlarni saqlash; yaxshilangan tasvirni keyingi bosqichga uzatish. Algoritmning yangiliklari: (i) mahalliy gradient $|\nabla I|$ va dispersiya σ^2_local statistikalariga bog‘liq adaptiv salbiy a’zolik funksiyalari $\mu^- = -\exp(-|\nabla I|^2/2\tau^2)\cdot w_var$; (ii) MRT uchun maxsus shakllantirilgan T-norma operatori T_BP^new(a,b) = $(a^+\cdot b^+ + \max(0, a^+ + b^+ - 1)\cdot 0.5, -\min(|a^-|, |b^-|))$; (iii) signal sodiqligi, silliqlash va chegaralarni saqlashning optimal balansini ta’minlovchi adaptiv aralashtirish formulasi $I_final = \alpha\cdot I + \beta\cdot I_smooth + \gamma\cdot I_centroid$ ($\alpha + \beta + \gamma = 1$); (iv) 12 ta bipolyar mantiqiy qoidadan iborat ekspert bilim bazasi.

Eksperimental natijalar. Algoritm Python 3.10 da NumPy, SciPy, scikit-image va PyTorch yordamida amalga oshirilib, MRT-BiFuzzy v1.0 dasturiy ta’minoti yaratildi. Sinov uchta xalqaro ma’lumotlar to‘plamida — IXI (sintetik shovqin uchun), BraTS-2023 [3] (1251 bemor, 5004 MRT seriya) va BrainWeb (McGill universiteti) — o‘tkazildi.

IXI to‘plamida $\sigma = 15\%$ Rician shovqin sharoitida 100 ta tasvirda olingan natijalar BiFMRI ning barcha taqqoslanuvchi 9 ta usuldan ustunligini ko‘rsatdi: PSNR 33.86 ± 0.84 dB (median — 28.42, Gauss — 29.18, NLM — 31.74, BM3D — 32.18, intuitionistik fuzzy — 32.31 dB), SSIM 0.923 ± 0.018 (boshqa usullarda 0.812–0.895). Wilcoxon belgili rank testi natijalari (n=100) barcha taqqoslashlarda $p < 0.001$ ko‘rsatdi, bu ustunlikning statistik ahamiyatini tasdiqlaydi. BraTS-2023 da U-Net asosidagi segmentatsiya tarmog‘ida BiFMRI bilan dastlabki ishlov berish butun o‘sma uchun Dice koeffitsientini 0.812 dan 0.879 ga (+8.2%), o‘sma yadrosi uchun 0.745 dan 0.821 ga (+10.2%), kuchaytirilgan o‘sma uchun 0.694 dan 0.776 ga (+11.8%) oshirdi va Hausdorff masofasini 12.4 mm dan 9.2 mm ga (−25.8%) kamaytirdi.

Algoritmning hisoblash murakkabligi O(MN) bo‘lib, klassik noravshan filtrlar bilan taqqoslanadigan tezlikda ishlaydi: 256×256 tasvir uchun 0.83 sek, NLM dan o‘rtacha 17 marta tez. Klinik validatsiyada ikki nafar professional radiolog (15+ yillik tajriba) tomonidan «ko‘r baho» usulida 50 ta tasvir 1–5 shkalada baholanganda BiFMRI eng yuqori (4.39/5) baho oldi (median — 2.79, NLM — 3.59).

Amaliy ahamiyati. Yaratilgan MRT-BiFuzzy v1.0 dasturiy ta’minoti tibbiyot muassasalari, neyroxirurgiya bo‘limlari va radiologiya laboratoriyalarida MRT tasvirlarining sifatini avtomatik oshirish uchun foydalanilishi mumkin. DICOM standartiga to‘liq mosligi tufayli mavjud klinik infratuzilmaga oson integratsiyalashadi. Algoritm chuqur o‘qitish modellaridan farqli ravishda o‘qitish to‘plami va GPU resurslarini talab qilmaydi, izohlanuvchanligi yuqori — bu klinik amaliyot uchun muhim. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-6079-son Farmonida belgilangan «Raqamli O‘zbekiston — 2030» strategiyasi doirasidagi raqamli sog‘liqni saqlash loyihalarini takomillashtirishga hissa qo‘shadi.

Kelajakdagi tadqiqot yo‘nalishlari quyidagilarni qamrab oladi: bipolyar noravshan yondashuvni 3D MRT seriyalariga to‘liq kengaytirish; BiFMRI va chuqur o‘qitish modellarini birlashtirgan gibrid tizimlarni ishlab chiqish; algoritmni real-vaqt rejimida ishlashga moslashtirish (GPU akseleratsiyasi) va boshqa tibbiy modallarga (KT, PET, USG) moslashtirish.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Gudbjartsson H., Patz S. The Rician distribution of noisy MRI data // Magnetic Resonance in Medicine. — 1995. — Vol. 34, № 6. — P. 910–914.

2. Zhang W.-R. Bipolar fuzzy sets and relations: a computational framework for cognitive modeling and multiagent decision analysis // Proc. IEEE Conf. on Fuzzy Information Processing Society. — 1994. — P. 305–309.

3. Menze B.H., Jakab A., Bauer S., et al. The multimodal brain tumor image segmentation benchmark (BRATS) // IEEE Transactions on Medical Imaging. — 2015. — Vol. 34, № 10. — P. 1993–2024.

4. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: convolutional networks for biomedical image segmentation // MICCAI. — 2015. — P. 234–241.

5. Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H.R., Simoncelli E.P. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity // IEEE Transactions on Image Processing. — 2004. — Vol. 13, № 4. — P. 600–612.