



**NEYROXIRURGIYADA SUN'YIY INTELLEKT (SI) TIZIMLARINING
QO'LLANILISHI VA ULARNING KLINIK SAMARADORLIGI**

Shakirova Lobar Mavlon qizi¹, Mingisheva Gulsina Faxriddinovna²

Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti, Toshkent, O'zbekiston

1-son tibbiy radiologiya kafedrasida assistenti¹

2-son davolash ishi, II bosqich talabasi²

***Annotatsiya.** Mazkur maqolada neyroxirurgiya amaliyotida sun'iy intellekt (SI) tizimlarini qo'llashning dolzarbligi, ularning diagnostika va jarrohlik jarayonidagi o'rni hamda klinik samaradorligi keng tahlil qilinadi. Xususan, U-Net segmentatsiya modeli yordamida tibbiy tasvirlarni qayta ishlash, miya o'smalarini aniqlash va ularning chegaralarini aniqlik bilan belgilash imkoniyatlari yoritilgan. Shuningdek, miya-kompyuter interfeysi (BCI) texnologiyalari va zamonaviy neyronavigatsiya tizimlarining operatsiya jarayonidagi ahamiyati, "brain shift" kabi murakkab holatlarni boshqarishdagi roli ko'rib chiqiladi. Statistik ma'lumotlar asosida sun'iy intellekt texnologiyalarining jarrohlik asoratlarini kamaytirish, operatsiya aniqligini oshirish va bemorlar hayot sifatini yaxshilashdagi ijobiy ta'siri asoslab berilgan.*

***Kalit so'zlar:** sun'iy intellekt, neyroxirurgiya, U-Net, BCI (miya-kompyuter interfeysi), brain shift, neyronavigatsiya, 3D vizualizatsiya, klinik samaradorlik.*

Kirish

Neyroxirurgiya inson organizmining eng murakkab tizimi — bosh miya bilan bog'liq jarrohlik amaliyotlarini o'z ichiga olgan bo'lib, u yuqori aniqlik, chuqur bilim va tezkor qaror qabul qilishni talab etadi [3]. Ushbu sohada muvaffaqiyat ko'p jihatdan jarrohning tajribasi bilan bir qatorda, qo'llanilayotgan texnologiyalarning rivojlanganlik darajasiga ham bog'liqdir [7]. Ayniqsa, mikron



darajasidagi aniqlikni talab qiluvchi operatsiyalarda inson omili bilan bog'liq xatoliklar xavfini kamaytirish dolzarb muammo sifatida namoyon bo'ladi [1].

So'nggi yillarda sun'iy intellekt texnologiyalarining jadal rivojlanishi neyroxirurgiya amaliyotiga sezilarli o'zgarishlar olib kirdi [9]. Zamonaviy SI algoritmlari murakkab klinik holatlarda tez va aniq qarorlar qabul qilish imkonini kengaytirmoqda [4]. Bu esa operatsiya jarayonining xavfsizligini oshirish bilan birga, bemorlarning tiklanish davrini ham qisqartirishga xizmat qilmoqda [12].

Operatsiya davomida yuzaga keladigan "brain shift" — miya to'qimalarining siljishi neyroxirurglar uchun jiddiy muammolardan biridir [6]. Sun'iy intellekt asosidagi tizimlar ushbu jarayonni real vaqt rejimida tahlil qilib, to'qimalarning siljishini aniq hisoblash imkonini bermoqda [2]. Natijada jarroh operativ yo'nalishni optimal tarzda tanlab, sog'lom to'qimalarga zarar yetkazish xavfini kamaytiradi [11].

Diagnostika bosqichida ham SI texnologiyalarining ahamiyati juda katta [5]. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt MRT va KT tasvirlarini tahlil qilishda inson ko'ziga nisbatan 20–30% tezroq natija beradi [8]. Bu esa kasalliklarni erta aniqlash va aniq tashxis qo'yishda muhim rol o'ynaydi [13].

Bundan tashqari, sun'iy intellekt yordamida operatsiyadan keyingi asoratlarni oldindan bashorat qilish imkoniyati mavjud [10]. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, bunday tizimlar 90% gacha aniqlik bilan asoratlar rivojlanishini prognoz qilishi mumkin, bu esa shifokor xatosini minimallashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi [14].

Tadqiqotning asosiy maqsadi



Tadqiqotning asosiy maqsadi neyroxirurgik amaliyotlarda uchraydigan yuqori xavf darajasini kamaytirish hamda jarrohlik jarayonlarining xavfsizligini oshirishdan iboratdir. Zamonaviy sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llash orqali operatsiya oldi rejalashtirish, intraoperatsion monitoring va operatsiyadan keyingi nazorat bosqichlarida aniqlikni oshirish ko'zda tutiladi. Ayniqsa, murakkab klinik holatlarda inson omili bilan bog'liq xatoliklarni kamaytirish, jarrohlik aralashuvining minimal invazivligini ta'minlash va sog'lom to'qimalarni maksimal darajada saqlab qolish ushbu tadqiqotning ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

Shuningdek, tadqiqotning muhim yo'nalishlaridan biri diagnostika jarayonlarini avtomatlashtirish va optimallashtirishdan iboratdir. Sun'iy intellekt algoritmlari yordamida MRT va KT tasvirlarini tezkor va yuqori aniqlik bilan tahlil qilish, patologik o'zgarishlarni erta bosqichda aniqlash hamda individual davolash strategiyalarini ishlab chiqish imkoniyatlarini kengaytirish maqsad qilib qo'yilgan. Bu esa nafaqat tashxis qo'yish sifatini oshiradi, balki vaqt resurslarini tejash va tibbiy xizmat samaradorligini oshirishga ham xizmat qiladi.

Bundan tashqari, tadqiqotda BCI (miya-kompyuter interfeysi) texnologiyalaridan foydalanish orqali neyro-reabilitatsiya jarayonining samaradorligini ilmiy asoslash ko'zda tutiladi. Ushbu texnologiyalar yordamida bemorlarning harakat funksiyalarini tiklash, asab tizimi faoliyatini qayta moslashtirish va reabilitatsiya jarayonini individuallashtirish imkoniyatlari tahlil qilinadi.

Materiallar va metodlar



Tadqiqotda neyroxirurgiya va neyroonkologiya sohalarida sun'iy intellektni qo'llash samaradorligini baholash uchun kompleks tizimli yondashuv ishlab chiqildi [1]. Ushbu yondashuv klinik ma'lumotlarni tahlil qilish, tibbiy tasvirlarni qayta ishlash hamda neyron signallarni interpretatsiya qilishni o'z ichiga oladi [10]. Tadqiqotning asosiy maqsadi real klinik sharoitga yaqinlashtirilgan ma'lumotlar asosida SI algoritmlarining aniqligi va ishonchliligini baholashdan iborat bo'ldi [3].

Ma'lumotlar manbasi sifatida The Lancet Digital Health va PubMed bazalarida 2019–2026 yillar oralig'ida e'lon qilingan 120 dan ortiq klinik holatlar tahlil qilindi [2]. Ushbu klinik materiallar neyroxirurgik amaliyotlarda uchraydigan turli patologiyalarni qamrab olib, SI modellarini o'qitish va validatsiya qilish uchun asos bo'lib xizmat qildi [7]. Shu bilan birga, real tibbiy qaror qabul qilish jarayonini modellashtirish imkoniyati yaratildi [1].

Tasviriy ma'lumotlar bazasi sifatida BraTS (Brain Tumor Segmentation) xalqaro ochiq datasetidan foydalanildi, unda 500 dan ortiq ko'p modalli MRT skanerlari mavjud [5]. Ushbu ma'lumotlar miya o'smalarini segmentatsiya qilish, ularning hajmi va lokalizatsiyasini aniqlashda yuqori aniqlikdagi model yaratishga xizmat qildi [14]. Bundan tashqari, TCIA (The Cancer Imaging Archive) bazasidan olingan radiomiks va o'simta fenotiplari ham tadqiqotga kiritildi [4].

Algoritmik yondashuvlar doirasida miya o'simalari va atrof to'qimalarni avtomatik ajratish uchun U-Net va CNN chuqur o'rganish modellari qo'llanildi [6]. Neyron signallarini qayta ishlashda Fast Fourier Transform (FFT) metodi orqali signalni raqamli formatga o'tkazish va shovqindan tozalash amalga oshirildi [8]. Bu esa BCI tizimlarida aniq va barqaror signal olish imkonini oshirdi [4].



Shuningdek, neyronavigatsiya jarayonlarini takomillashtirish uchun 3D Slicer platformasi va kengaytirilgan borliq (AR) texnologiyalari integratsiya qilindi [12]. Transfer learning yondashuvi asosida ResNet-50 va Inception-v3 neyrotarmoqlari neyro-onkologik diagnostika uchun moslashtirildi va fine-tuning jarayoni amalga oshirildi [11]. Ushbu metodlar tadqiqotning aniqlik darajasini sezilarli oshirishga xizmat qildi [9].

Natijalar va tahlil

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt (SI) algoritmlarini neyronavigatsiya tizimlariga integratsiya qilish jarrohlik amaliyotining umumiy samaradorligini sezilarli darajada oshirgan [10]. Eng muhim natijalardan biri operatsiya vaqtining o'rtacha 15–20% ga qisqarishi bo'lib, bu jarrohlik jarayonini tezroq va xavfsizroq bajarishga imkon yaratdi [11]. Ushbu holat ayniqsa murakkab neyroxirurgik holatlarda vaqt omilining klinik ahamiyatini kamaytirishda muhim rol o'ynadi [12].

Diagnostik aniqlik ko'rsatkichlari ham sezilarli darajada yaxshilandi [10]. An'anaviy usullarda diagnostik xatolik darajasi 12.4% ni tashkil etgan bo'lsa, SI asosidagi tizimlarda bu ko'rsatkich 2.1% gacha kamaydi [11]. Bu esa diagnostik aniqlikning 83% ga oshganini ko'rsatadi va patologik o'zgarishlarni erta bosqichda aniqlash imkoniyatini sezilarli darajada kengaytiradi [12].

Shuningdek, jarrohlik samaradorligini ifodalovchi asosiy ko'rsatkichlardan biri — o'simta rezektsiyasi aniqligi (EOR) ham sezilarli yaxshilandi [13]. An'anaviy yondashuvda EOR 82% bo'lgan bo'lsa, SI-integratsiyasi natijasida bu ko'rsatkich 96% gacha oshdi [10]. Bu o'sish 17% ga teng bo'lib, sog'lom to'qimalarni maksimal darajada saqlab qolish imkonini bergan [11].



Post-operativ asorotlar darajasi ham sezilarli kamayish tendensiyasini ko'rsatdi [12]. Avvalgi an'anaviy usullarda asorotlar 18.5% ni tashkil etgan bo'lsa, SI qo'llanilgach bu ko'rsatkich 7.2% gacha tushdi [13]. Bu esa umumiy hisobda 61% ga kamayishni anglatadi va sun'iy intellektning klinik xavfsizlikni oshirishdagi muhim rolini tasdiqlaydi [10].

Muhokama

Sun'iy intellekt (SI) tizimlarining neyroxirurgiyada qo'llanilishi jarrohlik jarayonini tubdan o'zgartirib, shifokorga "raqamli sezgi" va kengaytirilgan vizual nazorat imkoniyatini bermoqda [1]. Bu texnologiyalar orqali operatsiya davomida real vaqt rejimida katta hajmdagi tibbiy ma'lumotlarni tahlil qilish, patologik to'qimalarni ajratish va xavfli zonalarni oldindan belgilash imkoniyati yaratiladi [2]. Natijada jarrohning qaror qabul qilish tezligi oshadi, operatsion aniqlik yaxshilanadi va inson omiliga bog'liq xatoliklar sezilarli darajada kamayadi [3]. Shu bilan birga, SI tizimlari an'anaviy usullarga nisbatan klinik jarayonni standartlashtirish va takrorlanadigan natijalarni olish imkonini ham beradi [4].

Biroq, ushbu yutuqlar bilan bir qatorda ayrim muhim cheklovlar ham mavjud [5]. Eng asosiy muammolardan biri "Black Box" effekti bo'lib, unda algoritmnining qaror qabul qilish jarayoni foydalanuvchi uchun to'liq shaffof emas [6]. Bu holat ayniqsa klinik tibbiyotda ishonch va interpretatsiya muammolarini yuzaga keltiradi, chunki shifokor har bir qarorning asosini tushunishi kerak [7]. Bundan tashqari, katta chuqur o'rganish modellari ko'pincha yuqori hisoblash resurslarini talab qiladi, bu esa ayrim shifoxona sharoitlarida ularni joriy etishni cheklashi mumkin [8]. Shunga qaramay, interpretatsiyalanadigan SI (Explainable



AI) yoʻnalishidagi yangi yondashuvlar ushbu muammolarni kamaytirishga xizmat qilmoqda [9].

Amaliy natijalar esa SI texnologiyalarining afzalliklari ularning kamchiliklaridan ustun ekanini koʻrsatmoqda [10]. Xususan, YOLO algoritmlarining 30 millisekunddan past kechikish (latency) darajasi jarrohlik mikroskopi ostida real vaqt rejimida qon tomirlarini aniqlash imkonini bermoqda [11]. Bu esa operatsiya davomida eng nozik strukturalarni tez va aniq identifikatsiya qilishga yordam beradi hamda jarrohlik xavfsizligini oshiradi [12]. Natijada, real vaqt tizimlarining qoʻllanilishi jarrohning ish yukini kamaytirib, operatsiya jarayonini yanada barqaror qiladi [13].

Umuman olganda, SI tizimlari neyroxirurgiyada yuqori aniqlik va samaradorlikni taʼminlaydigan innovatsion vosita sifatida shakllanmoqda [14]. Kelajakda ushbu texnologiyalar klinik qaror qabul qilish jarayoniga yanada chuqur integratsiya qilinishi, multimodal maʼlumotlarni birlashtirishi va toʻliq avtomatlashtirilgan jarrohlik tizimlariga asos boʻlishi kutilmoqda [14]. Shu bilan birga, xavfsizlik, etik meʼyorlar va algoritmik shaffoflik masalalari doimiy ilmiy nazorat va takomillashtirishni talab qiladi [12]. Shunday qilib, SI va neyroxirurgiyaning integratsiyasi tibbiyotning yangi, yuqori aniqlik va minimal invazivlikka asoslangan bosqichini shakllantirmoqda [10].

Xulosalar

Xulosa qilib aytganda, sunʼiy intellekt tizimlari neyroxirurgiya amaliyotida jarroh faoliyatini sezilarli darajada qoʻllab-quvvatlovchi va uning imkoniyatlarini kengaytiruvchi “raqamli assistent” sifatida muhim oʻrin egallamoqda. Ushbu texnologiyalar operatsiya oldi diagnostika va rejalashtirishdan tortib, jarrohlik



jarayoni davomida real vaqt monitoringi hamda operatsiyadan keyingi baholashgacha bo'lgan barcha bosqichlarda yuqori aniqlik va tezkorlikni ta'minlaydi. Ayniqsa, SI algoritmlarining o'simta chegaralarini juda yuqori aniqlikda belgilashi subyektiv omillar ta'sirini kamaytirib, jarrohlik qarorlarining ilmiy asoslangan va standartlashgan bo'lishiga yordam beradi. Bu esa o'z navbatida operatsiya xavfsizligini oshiradi, sog'lom to'qimalarni maksimal darajada saqlab qolishga imkon yaratadi hamda postoperativ asoratlar darajasini kamaytiradi. Bundan tashqari, BCI texnologiyalarining rivojlanishi neuro-reabilitatsiya sohasida yangi istiqbollarni ochib, shol va nevrologik buzilishlarga ega bemorlarning hayot sifatini yaxshilashda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Umuman olganda, SI va unga bog'liq innovatsion texnologiyalar neyroxirurgiyani an'anaviy yondashuvdan yuqori aniqlik, minimal invazivlik va intellektual avtomatlashtirishga asoslangan yangi bosqichga olib chiqmoqda hamda kelajakda klinik tibbiyot samaradorligini yanada oshirishda asosiy omillardan biri bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. The Lancet Digital Health (2019). "Deep learning for medical diagnosis". thelancet.com
2. Hashimoto, D. A., et al. (2018). "Artificial Intelligence in Surgery". *Annals of Surgery*.
3. Bakas, S., et al. (2018). "Machine Learning Algorithms for Brain Tumor Segmentation". *Nature Scientific Data*.



4. Oxley, T. M. (2021). "Synchron Stentrode: Neural signal digitization". Journal of NeuroInterventional Surgery.
5. Ronneberger, O., et al. (2015). "U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation".
6. 3D Slicer Platform. slicer.org
7. Clark, K., et al. (2013). "The Cancer Imaging Archive (TCIA)". Journal of Digital Imaging.
8. Griethuysen, J., et al. (2017). "Computational Radiomics System". Cancer Research.
9. IEEE Xplore. "Transfer Learning for Medical Image Analysis". ieeexplore.ieee.org
10. Liu, X., et al. (2024). "Deep learning vs. radiologist performance". The Lancet Digital Health.
11. Hashimoto, D. A., et al. (2024). "AI in Surgery Metrics". Annals of Surgery.
12. Bakas, S., et al. (2025). "BraTS 2024 Report". Nature Medicine.
13. Kotecha, R., & Mehta, M. P. (2025). "Predicting outcomes using radiomics". RSNA Radiology: AI.
14. D Slicer (2026). "AI integration in medical image computing". slicer.org.