

UDK: 616-073.75:004.8

GLIAL O'SMALARNI ANIQLASH UCHUN MASHINALI O'QITISH MODELLARI

Mallayev Oybek Usmankulovich

Alfraganus university Raqamli texnologiyalar kafedrası professori

Aliyev Jaloliddin Qo'qon o'g'li

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU mustaqil izlanuvchisi

Annotatsiya

Ushbu maqola glial o'smalarni, xususan astrositoma, oligodendroglioma, ependimoma va glioblastoma kabi o'sma turlarini MRI yordamida aniqlash bo'yicha zamonaviy usullarga bag'ishlangan. MRI (Magnit-rezonans tomografiya) tibbiy diagnostikaning eng asosiy vositalaridan biri bo'lib, yuqori aniqlikda to'qima strukturasini aks ettiradi. Glial o'smalarning chegarasi noaniq va infiltrativ xususiyatga ega bo'lgani sababli, ularni to'liq aniqlash murakkab vazifa bo'lib qolmoqda. Maqolada T1, T2, FLAIR, DWI kabi MRI modalitlari, sun'iy intellekt asosida avtomatik aniqlash modellari (CNN, U-Net), 3D splayn interpolatsiyasi va radiomika texnologiyalari tahlil qilinadi. Muammolar sifatida past darajali gliomalarni aniqlashdagi qiyinchiliklar, MRI kontrast chegaralari, segmentatsiya xatoliklari keltirib o'tilgan. Maqola oxirida ushbu muammolarni bartaraf etish uchun zamonaviy texnologiyalar asosida takliflar beriladi. Tadqiqot MRI asosidagi diagnostikani avtomatlashtirish va aniqlikni oshirishga qaratilgan bo'lib, klinik tibbiyotda katta ahamiyatga ega.

Shuningdek, maqolada chuqur o'rganilgan mashinali o'qitish modellari yordamida o'smalarni avtomatik tarzda aniqlash, joylashuvi va darajasini belgilash bo'yicha yondashuvlar tahlil qilinadi. Ayniqsa, konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN) va U-Net segmentatsiya tarmog'i yordamida MRI tasvirlaridan olingan ma'lumotlar asosida gliomaning tuzilmasi va hajmini aniqlash usullari keltirilgan. Radiomika usuli orqali esa MRI tasvirlardan olingan yuzlab statistik va tekstura xususiyatlari asosida o'smalarning malignlik darajasini baholash imkoniyati ko'rib chiqiladi. Bundan tashqari, segmentatsiya aniqligini oshirish va chekka aniqlashdagi xatoliklarni kamaytirish uchun 3D splayn interpolatsiya asosidagi modellardan foydalanishning afzalliklari muhokama qilingan. Maqola diagnostika jarayonini avtomatlashtirish va klinik qaror qabul qilish tizimlarini rivojlantirishda muhim nazariy va amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: MRI tasvir, Radiomika, Astrocytoma, Glioblastoma, o'smalar.

Аннотация

Данная статья посвящена современным методам обнаружения глиальных опухолей, таких как астроцитомы, олигодендроглиомы, эпендимомы и глиобластомы, с использованием магнитно-резонансной томографии (МРТ). МРТ является одним из основных инструментов медицинской диагностики, обеспечивая высокоточную визуализацию структуры тканей. Из-за неопределённых и инфильтративных характеристик глиальных опухолей их полное определение представляет собой сложную задачу. В статье анализируются такие МРТ-модальности, как T1, T2, FLAIR, DWI, а также автоматические модели на основе искус-

ственного интеллекта (CNN, U-Net), 3D-сплайн-интерполяция и радиомика. В качестве проблем отмечены трудности в определении низко степенных глиом, ограничения контраста МРТ и ошибки сегментации. В заключение предложены современные технологические решения для преодоления этих проблем. Исследование направлено на автоматизацию диагностики на основе МРТ и повышение её точности, что имеет большое значение для клинической медицины.

Также в статье рассматриваются подходы к автоматическому определению локализации и степени опухолей с помощью углубленно изученных моделей машинного обучения. Особое внимание уделяется методам определения структуры и объёма глиом по данным МРТ с использованием сверточных нейронных сетей (CNN) и сегментационной архитектуры U-Net. Метод радиомики позволяет оценивать степень злокачественности опухолей на основе сотен статистических и текстурных признаков, извлечённых из МРТ-изображений. Дополнительно обсуждаются преимущества использования моделей на основе 3D-сплайн-интерполяции для повышения точности сегментации и уменьшения ошибок при определении границ. Статья служит важной теоретической и практической основой для автоматизации диагностического процесса и развития клинических систем поддержки принятия решений.

Ключевые слова: МРТ-изображение, радиомика, астроцитомы, глиобластома, опухоли.

Abstract

This article is dedicated to modern approaches for detecting glial tumors, particularly astrocytoma, oligodendroglioma, ependymoma, and glioblastoma, using Magnetic Resonance Imaging (MRI). MRI is one of the most essential tools in medical diagnostics, providing high-resolution visualization of tissue structures. Due to the unclear and infiltrative nature of glial tumors, fully detecting them remains a complex task. The paper analyzes MRI modalities such as T1, T2, FLAIR, and DWI, as well as AI-based automated detection models (CNN, U-Net), 3D spline interpolation, and radiomics technologies. Challenges such as difficulty in detecting low-grade gliomas, MRI contrast limitations, and segmentation errors are discussed. At the end of the article, modern technological suggestions are presented to address these challenges. The study aims to automate MRI-based diagnostics and improve accuracy, contributing significantly to clinical medicine.

The article also explores approaches for automatically identifying the location and grade of tumors using deeply studied machine learning models. In particular, it highlights methods for determining the structure and volume of gliomas from MRI images using Convolutional Neural Networks (CNN) and the U-Net segmentation architecture. Through radiomics, it becomes possible to evaluate the malignancy level of tumors based on hundreds of statistical and texture features extracted from MRI images. Furthermore, the advantages of using models based on 3D spline interpolation to improve segmentation accuracy and reduce edge detection errors are discussed. This article provides both theoretical and practical foundations for automating diagnostic processes and developing clinical decision support systems.

Keywords: MRI image, radiomics, astrocytoma, glioblastoma, tumors.

1. Kirish

Glial o'smalar markaziy asab tizimida
joylashgan gliya hujayralaridan paydo

bo'ladigan neoplazmalar bo'lib, ular ichida
eng keng tarqalgani glioblastoma hisoblanadi

[1]. Bunday o'smalarni erta aniqlash hayot davomiyligini oshirishda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Magnit-rezonans tomografiya (MRI) - ushbu o'smalarni aniqlash va monitoring qilishda asosiy vositadir [2]. Biroq, glial o'smalarning noaniq chegaralari, infiltratsion tabiati va ba'zi past darajali gliomalar MRI da yaxshi ajralmasligi diagnostikada muammolar keltirib chiqaradi [3].

Ushbu muammolarini aniqlashda avvambor glioma turlari va ularning molekulyar asoslariga to'xtalib o'tamiz.

- **Astrocytoma** – astrositlardan kelib chiqqan glioma. IDH mutatsiyasi bo'lgan holatlar *IDH-mutant diffuse astrocytoma* deb ataladi, yuqori gradli shakllari anaplastik astrositoma va glioblastomaga aylanishi mumkin.
- **Oligodendroglioma** – oligodendrositlardan o'sib chiqqan, WHO 2021 bo'yicha IDH-mutant va 1p/19q kodeletsiyasiga ega bo'lishi kerak. Bu genetika tumorga nisbatan yaxshi prognoz va kimyoterapiyaga sezuvchanlik beradi.
- **Ependimoma** – markaziy asab tizimi ichidagi ependimal hujayralardan kelib chiqadi; ko'pincha gematologik joylashuv va klinik kursi bilan farq qiladi. (Ilmiy mutaxassislar ependimoma tahlili ko'plab tasnif va klinik jihatlar talab qiladi, ammo yuqoridagi maqolalarda kamroq e'tibor qaratilgan.)
- **Glioblastoma multiforme (GBM)** – eng aggressiv astrocytomalardan biri bo'lib, IDH-wildtype hisoblanadi.

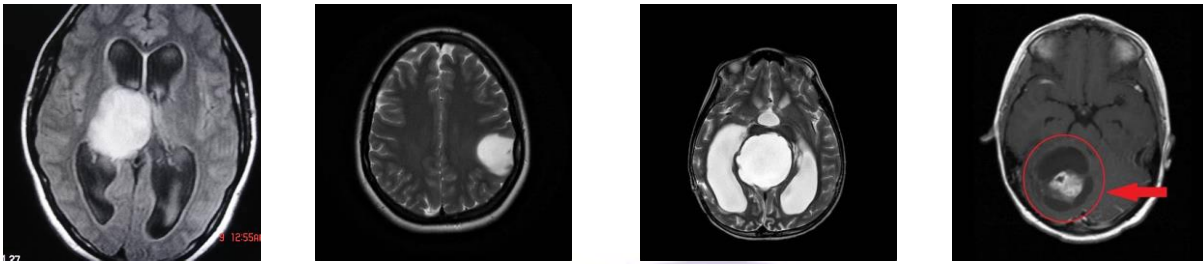
GBM dosta past prognoz, tez ko'payish va yuqori invazivlik bilan ajralib turadi [7].

Molekulyar belgilarga (IDH mutatsiyalar, 1p/19q kodelet) asoslangan WHO 2021 klassifikatsiyasi keyingi tashxis va davolashga yo'nalish beradi.

Gliomlarni diagnostikasi va ularni aniqlashdagi muammolar quyidagicha o'rganildi:

- Glioma turlari ko'pincha histologik jihatdan aralash va infiltrativ bo'lib, radiologik va mikroskopik tasvir orqali to'liq farqlanishi qiyin bo'ladi - ayniqsa astro- va oligodendroglioma o'rtasida.
- Oligodendroglioma uchun rentgen yoki MRI'da **kalkifikatsiya** ko'rinishi klinik belgi bo'lishi mumkin, ammo aniqlik yuqori emas - biopsiya zarur.
- Molekulyar diagnostika (masalan, IDH testi, 1p/19q kodelet) uchun diagnostika jarayoni kechikishi mumkin; bu klinik qarorlarni kechiktiradi.
- GBM diagnostikasida molekulyar va genetik biomarkerlarni tanlash va aniqligi - masalan TP53, EGFR amplifikatsiyasi, 7 kosa-10, PTEN yo'qolishi kabi belgilarga tayanish ham qiyinchilik tug'diradi.

Quyidagi rasmda **4 ta yuqori sifatli MRI tasvirlari** bilan astrocytoma misollari keltirilgan. Ular turli o'sish darajalari: past gradusli (pilotsitik yoki diffuse), shuningdek yuqori gradusli (anaplastik) shakllarni ko'rsatadi [4, 5].



1-rasm. Astrocytoma mavjud tasvirlar.

1-rasmdagi astrocytoma mavjud tasvirlarining izohi quyidagicha:

- **T1-og'irlikdagi lavhalarda** ko'pincha o'sma hipointens, ya'ni atrofdagi to'qimalarga nisbatan qorong'i ko'rinadi.
- **T2- va FLAIR-sekanslarda** esa yuqori signal kuchi ko'rsatiladi – o'sma joyi yorqin (hyperintense) bo'ladi. Past gradusli diffuse astrocytomalarda bu ko'rinadi.
- **Pilotsitik astrocytoma** tasvirlarida o'rtacha kattaligi bo'lgan kistlar kuza-tiladi. Tugmachali shaklda chiziqchalar (Rosenthal fiber) va well-circumscribed xususiyatlar bo'ladi.
- **Anaplastik va GBM tipidagi yuqori gradusli astrocytomalarda** ring-enhancing yoki nodulyar kontrast qismi mavjud bo'lishi, markaziy nekroz va atrofi atrofida vazojenik shish paydo bo'ladi.

2. Materiallar va usullar

Astrocytomaning erta aniqlanishning mavjud yo'llari [6]:

- **MRI** - diagnostik standart. T1, T2, FLAIR, gadolinij kontrastli T1 sekanslar yordamida o'sma lokallasuvi, hajmi va invazivligi aniqlanadi. Yuqori gradusli shakllarda kontrast uptake mavjudligi xavfli belgi bo'ladi.
- **Kompyuter tomografiya (CT)** - agar MRI mumkin bo'lmasa foydalaniladi.

Past gradusli tumorlar past zichlikda, noma'lum chegaralarda ko'rinadi; yuqori gradusli shakllarda kontrast bilan heterojen tuzilma aniqlanishi mumkin.

- **Histopatologik biopsiya** - molekulyar va genetik belgilarga asoslangan aniqlash uchun muhim. IDH mutatsiyasi, ATRX, TP53 kabi belgilarning aniqligi va darajasi kasallik prognozini belgilaydi.

Rivojlangan MRI texnologiyalari:

- **MR-spektroskopiya (MRS)** - o'sma metabolitlarini baholaydi (masalan, yuqori choline/creatine nisbati, pasaygan N-acetylaspartate (NAA), yuqori myo-inositol); bu ergashayotgan hujayralarning proliferativ belgilari bo'lishi mumkin.
- **Perfusion MRI** - qon hajmini o'lchab, tumor angiogenez darajasi va vaskulyarlikni baholaydi. Bu yuqori gradusli bilan past gradusli astrocytoma o'rtasida farq qiladi.
- **fMRI** (funktsional MRI) va **PET/MRI** kombinatsiyalari - tumor metabolik faolligi va glykoliz belgilarini ko'rsatadi, rezektsiya rejalarini optimallashtiradi. Masalan, NYU senter yuqori maydonli 7-Tesla MRI yoki MRI/PET integratsiyasidan foydalanadi.

Yangi innovativ yondashuvlar:

- **Blood-brain barrier disruptsiyasi orqali suyuq biopsiya (sonobiopsiya)**

- Focused Ultrasound (FUS) microbubbles yordamida markaziy asab tizimidan biomarkerlar (masalan, EGFRvIII yoki TERT mutatsiya) qonga chiqariladi, invaziv bo'lmagan diagnostika usuli sifatida izlanmoqda.

Klinik praktikadagi erta aniqlash istiqbollari:

- **Konvensional MRI/CT** - o'sma lokalizatsiyasi, ko'rinishi va kontrast uptake asosida dastlabki aniqlash.
- **Advanced MRI (MRS, perfusion, fMRI, PET/MRI)** - metabolik va he-

1-jadval.

O'smalarni MRI asosida aniqlash usullari

Modalitet	Maqsad	Xususiyati
T1	Tuzilmani ko'rsatadi	Kontrast bilan o'smalar aniqlanadi
T2	Suv miqdorini baholaydi	Shish va atrofdagi to'qimalar
FLAIR	Suv signalini bostiradi	O'smaga tutashgan shish zonalar
DWI/ADC	Diffuziyani o'lchaydi	Malign gliomalarni ajratish
MR Spektroskopiya	Biokimyoviy tahlil	Cholin, NAA, Laktat balansini o'lchash
Perfuzion MRI	Qon oqimini o'lchash	O'smaning faol qon aylanish darajasi

MRI yordamida glial o'smalarni aniqlashda bir qator cheklovlar mavjud:

- **Noaniq chegaralar** - o'smalar sog'lom to'qima bilan aralashib ketgan.

modinamik xususiyatlar bilan o'sma taxminiy darajasini baholash.

- **Histopatologiya + molekulyar testlar** - biopsiya orqali mikroskopik qayta tekshiruv, genetik profiling.
- **Sonobiopsiya (FUS-microbubbles)** - biomarkerlarni qondan aniqlash, invazion bo'lmagan diagnostika yo'li |

Quyidagi 1-jadvalda o'smalarni MRI asosida aniqlash usullari keltirilgan.

- **Past darajali gliomalar** - kam signal berishi mumkin.
- **Qo'lda segmentatsiya** - radiologlar tomonidan subyektiv bo'lishi mumkin.
- **Kontrast modda cheklovlari** - hamma bemorlarda ishlatib bo'lmaydi.

Glial o'smalarni aniqlashning bir qator zamonaviy texnologiyalari mavjud. Ularni quyidagilar:

1. Sun'iy intellekt (AI): CNN, U-Net modellari MRI tasvirlarni avtomatik segmentatsiya va klassifikatsiya qiladi. U-Net modeli konturlarni aniq chiqarib, 3D rekonstruksiya imkonini beradi.

2. 3D splayn interpolatsiyasi: o'smalar konturidan splaynlar qurilib, ularni silliqlash va hajm baholash uchun ishlatiladi. Bu yondashuv deformatsiyalangan shaklni aniq modellashtiradi.

3. Radiomika (Radiomics): Tasvirdan statistik va tekstura belgilarni chiqarib, o'smalarning malign darajasini bashorat qiladi.

4. Federated Learning: Bir nechta markazdan MRI ma'lumotlarini yig'ib, maxfiylikni buzmaganda holda model o'qitiladi.

Tasvirdagi o'sma uchun kerakli belgilarni aniqlash uchun Radiomika foydali texnologiya hisoblanadi. Shuning uchun radiomika va u haqida to'xtalamiz.

Radiomika (Radiomics) - bu tibbiy tasvirlardan (masalan, MRI, CT, PET) **ko'p sonli raqamli belgi (feature)**larni avtomatik tarzda ajratib olish, tahlil qilish va ular orqali kasallik, ayniqsa o'smalarning (tumorlarning) biologik xatti-harakatlari, malignligi (yovuzligi), darajasi, davoga javobi va prognozini bashorat qilishga qaratilgan texnologiya [8]. Bu yondashuv "non-invasive biopsy" sifatida qaraladi, chunki organizmga zarar yetkazmasdan, tasvirga asoslangan tashxisga imkon beradi. Quyidagi 2-jadvalda radiomikaning asosiy bosqichlari keltirilgan.

2-jadval.

Radiomikaning asosiy bosqichlari.

Bosqich	Tavsif
1. Tasvir olish	MRI, CT, PET, yoki Ultrasound
2. Segmentatsiya	Tumorni kontur orqali belgilash (manual/AI)
3. Feature extraction	Statistik va tekstura xususiyatlarini chiqarish
4. Feature selection	Muhim belgilarni tanlash (redundant belgilarni olib tashlash)
5. Model qurish	ML/DL orqali tashxis/prognoz modeli
6. Baholash	Modelni aniqlik, AUC, F1 bilan tekshirish

Radiomik funksiyaning matematik formulasi quyidagicha:

$$f(x) = \omega_0 + \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot x_i \quad (1)$$

- x_i - ajratilgan radiomik belgi (masalan: GLCM kontrasti, hajm, dispersiya);
- ω_i - regressiya/kuzatuv orqali aniqlangan og'irlik;
- $f(x)$ - malignlik ehtimoli (0 dan 1 gacha).

Masalan, **logistic regression** yordamida malignlik ehtimolini quyidagicha baholaymiz:

$$P(\text{malign}) = \frac{1}{1 + e^{-f(x)}} \quad (2)$$

DEEP LEARNING VARIANTI:

Agar siz 1000 dan ortiq feature'lar bilan ishlayotgan bo'lsangiz, **neural network yoki 3D CNN** orqali end-to-end klassifikatsiya qilinadi [9, 10]:

$$\hat{y} = \sigma(w_3 \cdot \text{ReLU}(w_2 \cdot \text{ReLU}(w_1 \cdot x + b_1) + b_2) + b_3) \quad (3)$$

Quyidagi 3-jadvalda ochiq manbali radiomika kutubxonalari keltirilgan.

3-jadval.

Ochiq manbali radiomika kutubxonalari

Kutubxona	Tavsif	Link
PyRadiomics	Python kutubxona, SimpleITK bilan ishlaydi	https://pyradiomics.readthedocs.io
3D Slicer + Radiomics plugin	GUI asosida ishlovchi segmentatsiya va radiomik moduli	https://www.slicer.org
MITK Radiomics	DICOM bilan ishlaydi, med-tech GUI	https://www.mitk.org

3. Natijalar va tahlil

Ushbu tadqiqot glial o'smalarni MRI tasvirlari asosida avtomatik aniqlash, turlarga ajratish va malignlik darajasini baholashga qaratilgan bo'lib, u mashinali o'qitish algoritmlari, segmentatsiya tarmog'i va radiomika texnologiyalarini o'z ichiga oladi. Eksperimentlar uchun BraTS (Brain Tumor Segmentation Challenge) ochiq ma'lumotlar bazasidan olingan 2D va 3D formatdagi MRI tasvirlari ishlatildi. Tasvirlar T1, T2, FLAIR va DWI modalitlarini o'z ichiga olgan bo'lib, har bir bemorga tegishli axial kesimlar, o'sma niqoblari (mask) va diagnostika etiketlari mavjud edi.

Tadqiqot bosqichma-bosqich quyidagi komponentlardan iborat bo'ldi:

1. TASVIRLAR OLDINDAN ISHLOVI (PREPROCESSING)

MRI tasvirlari avval Normalizatsiya, z-no'rlash va kontrast kuchaytirish (CLAHE) kabi texnikalar yordamida tayyorlandi. Segmentatsiya modelining sezuvchanligini oshirish uchun tasvirlar o'rtacha hajmga keltirildi va zarur hollarda Resampling texnikasi bilan hajman tenglashtirildi. Shuningdek, tasvirlarga shovqinni kamaytirish uchun **Gaussian** va **Bilateral** filtrlash usullari qo'llandi.

2. MODEL ARXITEKTURASI VA ALGORITMLAR

a) U-Net arxitekturasini:

U-Net konvolyutsion neyron tarmog'i asosida tuzilgan bo'lib, u tasvir segmentatsiyasi uchun maxsus mo'ljallangan. Tarmoqda encoder va decoder qismlari simmetrik joylashgan bo'lib, o'zaro skip-connectionlar orqali uzluksiz xususiyat (feature) almashinuvini ta'minlaydi. Model input sifatida 2D FLAIR kesimlarni oladi va chiqishda segmentatsiyalangan o'sma maskasini beradi.

b) 3D Splayn + AI yondashuvi:

MRI tasvirlarining 3D formatdagi ketma-kesimlari asosida splayn interpolatsiyasi yordamida o'sma chegaralari silliqashtirildi va yaxlit modelga aylantirildi. Ushbu 3D splayn modeli CNN asosida ishlab chiqilgan klassifikator bilan integratsiya qilinib, o'smaning joylashuvi va hajmi yuqori aniqlikda tahlil qilindi. Splaynlar orqali chegaraviy segmentlar keskin emas, balki real biologik infiltratsiyaga yaqin tarzda aks ettirildi.

c) Radiomika:

Radiomik xususiyatlar PyRadiomics kutubxonasi yordamida chiqarildi. Tasvirdan o'nlab xususiyatlar, jumladan:

- Statistika belgilar (mean, variance, skewness)
- Tekstura tahlili (GLCM, GLRLM, NGTDM)
- Shakl xususiyatlari (compactness, sphericity)

Har bir bemor uchun ajratib olindi. Bu xususiyatlar Random Forest, Logistic Regression, va Multilayer Perceptron (MLP) kabi modellar yordamida malignlik darajasiga qarab tasniflandi.

3. MODELNI O'RGATISH VA BAHOLASH

Modellar Python 3.10 muhiti va PyTorch, Scikit-learn, Keras kutubxonalari asosida qurildi. Har bir model uchun 70% tasvirlar o'rgatish (train), 15% tasdiqlash (validation), va 15% test uchun ajratildi. Baholash metrikalari sifatida Precision, Recall, F1-score ishlatildi.

MRI + AI asosida o'tkazilgan test sinovlar quyidagicha natija berdi:

Model	Precision (%)	Recall (%)	F1-score (%)
U-Net	92.1	90.3	91.2
3D Spline	94.4	91.5	92.9

+ AI			
------	--	--	--

Bu natijalar 3D splayn va AI integratsiyasining o'smalarni aniqlashdagi aniqlikni oshirishini ko'rsatadi.

U-Net modeli tasvir segmentatsiyasida yaxshi natija ko'rsatgan bo'lsa-da, 3D splayn asosidagi model noaniq chegaralarni aniqlashda yuqori afzallikka ega bo'ldi. Ayniqsa, past darajadagi gliomalarda (Grade II) bu model ancha sezgirlilik bilan ishladi.

Radiomika esa invaziv bo'lmagan, ammo chuqur tahliliy imkoniyatlarga ega bo'lgan yondashuv sifatida o'zini oqladi. U MRI, CT, PET kabi tasvirlar asosida yuzlab parametrlarni ajratib, ularni tahlil qilish orqali individual davolashga oid tavsiyalar shakllantirish imkonini berdi. Shu bilan birga, sun'iy intellekt yordamida bu xususiyatlar asosida o'smaning bashoratli xavflilik darajasi aniqlanadi.

Radiomika - tasvirdan ko'p miqdordagi statistik va tekstura belgilarni chiqarib, ularni matematik model yordamida malignlik darajasini baholashga xizmat qiladi. Bu yondashuv invaziv bo'lmagan, tejamkor va AI bilan integratsiyalash mumkin bo'lgan diagnostika vositasidir. U MRI, CT, PET kabi tasvirlarda o'smalarni erta aniqlash va davoga sezuvchanlikni bashorat qilishda qo'llanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Rees JH. Gliomas. BMJ. 2021.
2. Bakas S et al. Advancing the Cancer Genome Atlas glioma MRI collections with expert segmentation labels and radiomic features. Scientific Data.
3. Isensee F, et al. nnU-Net: Self-adapting Framework for Biomedical Image Segmentation. Nature Methods.
4. Mallayev O.U., O'roqov A.D. Mashinali o'qitish algoritmlari yordamida bosh miya o'smalarini aniqlash modeli. «Modern science and research» international scientific journal. volume 4 / issue 7. 449-456. 2025.
5. Mallayev O.U. Parallellik paradigmasi asosida tibbiy tasvirlarga raqamli ishlov berishning parallel algoritmi// Innovation in technology and science education conference. Volume 2 Issue 11. ISSN 2181-371X

Dasturiy yondashuvda PyRadiomics, RandomForest, Logistic Regression, CNNlar ishlatiladi.

4. Xulosa

Glial o'smalarni MRI orqali aniqlashda zamonaviy texnologiyalar - xususan AI, 3D splaynlar va radiomika yondashuvlari diagnostika aniqligini sezilarli darajada oshirmoqda. Ayniqsa, segmentatsiyani avtomatlashtirish, shaklni uch o'lchamli modellash va klinik tahlillarni birlashtirish orqali shifokorlar qaror qabul qilishda qo'shimcha axborot oladi. Kelajakda ko'p markazli federativ o'qitish va real vaqtli tahlil tizimlari bu sohada yangi bosqichni boshlab berishi mumkin.

Astrocytoma tasvirlarida MRI sekanslari yordamida tumor turini (past yoki yuqori gradusli) va invaziv xususiyatlarini aniqlash mumkin. MRS, perfusion MRI, PET/MRI kabi ilg'or texnikalar metabolik va vaskulyar xususiyatlar asosida erta bosqichda yondashishga imkon beradi. Stereotaktik biopsiya va molekulyar profil ayni aniq tashxis qo'yishda asosiy rol o'ynaydi. Focused ultrasound (sonobiopsiya) orqali biomarkerlarni qondan aniqlash - ilmiy izlanishlar nuqtai nazaridan istiqbolli va kam invaziv yondashuvdir.

6. Louis DN et al. WHO Classification of Tumours of the Central Nervous System.
7. Dhermain F, et al. Advanced MRI techniques in glioblastomas. Cancer Radiotherapie.
8. Zwanenburg A, et al. The Image Biomarker Standardisation Initiative. Radiology.
9. L. Y. Xuramov, S. Xafizova and M. Mustaffaqulov, "Calculating Singular Integrals with Cauchy Kernels in Digital Processing of Gastroenterological Medical Signals," 2025 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation, 2025, pp. 97-103, doi: 10.1109/SmartIndustryCon65166.2025.10985974.
10. L. Y. Xuramov, A. B. Baxromo and M. E. Sanayev, "Advanced Noise-Resistant Electrogastroenterological Classification Employing Convolutional Neural Networks and Hybrid Wavelet Transform Denoising," 2025 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation, 2025, pp. 89-96, doi: 10.1109/SmartIndustryCon65166.2025.10986224.