

АНДАТПА

8D06101 «Ақпараттық жүйелер (салалар бойынша)» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін ұсынылған
Танкибаева Акерке Қыдырбековнаның
диссертациялық жұмысы

МАГНИТТИК-РЕЗОНАНСТЫҚ БЕЙНЕЛЕРДЕГІ АНАТОМИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ БЕЛГІЛЕУДІҢ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Бұл зерттеудің негізгі идеясы: Диссертация тізе буынының МРТ–кескіндерінде мениск жыртылуларын диагностикалаудың дәлдігін арттыруға арналған автоматтандырылған талдау ақпараттық технологиясын әзірлеуге арналған. Зерттеу текстуралық өңдеу әдістері мен заманауи терең оқыту модельдерін (YOLOv8-x, RT-DETR) біріктіретін интеграцияланған жүйені құруға бағытталған. Мұндай біріктіру анатомиялық құрылымдарды сенімді түрде бөліп көрсетуге және мениск жыртылуларын контрастылығы төмен немесе интерпретациялауға күрделі кескіндерде автоматты түрде тануға мүмкіндік береді.

Жұмыста келесі ғылыми шешімдер ұсынылған және негізделген:

1. Мениск МРТ–кескіндерінің текстуралық талдауының алгоритмдік тәсілі, бастапқы бейнелерді пиксараралық ерекшеліктерге негізделген ақпараттық цифрлық ұсынысқа түрлендіруді қарастырады. Бұл тәсіл анатомиялық құрылымдарды бөлу сезімталдығын арттырып, деректерді неғұрлым объективті интерпретациялауға мүмкіндік береді.

2. МРТ–мәліметтерінің алдын ала өңдеудің бірыңғай сызбасы, бірнеше сүзгілеу және кескін сапасын арттыру әдістерін біріктіреді. Эксперименттік метрикалар ұсынылған процедуралар комбинациясының шуылдарды басу мен анатомиялық шекараларды сақтау арасында оңтайлы теңгерім қамтамасыз ететінін дәлелдейді.

3. Интеллектуалдық диагностикалық платформаның концептуалдық архитектурасы, классикалық талдау әдістері мен заманауи нейрондық желі модельдерін біріктіріп, мениск зақымдануларын автоматты анықтауға арналған. Жүйе өңдеу, талдау және визуализация модульдерін интеграциялап, дәрігердің компьютерлік шешім қабылдау үдерісін қолдайтын толыққанды технологияны қалыптастырады.

Әзірленген әдістер әртүрлі жабдықтарда және әртүрлі сканерлеу хаттамаларымен алынған клиникалық МРТ–деректер жинағында тексерілді. Эксперименттік зерттеулер анатомиялық құрылымдарды бөліп көрсетудің дәлдігін арттыруды және мениск жыртылуларын танудың сенімділігін дәстүрлі тәсілдермен салыстырғанда жақсартқанын көрсетті. Ұсынылған текстуралық диагностика әдісін терең оқыту модельдерімен интеграциялау кескін сапасының вариацияларына алгоритмдердің тұрақтылығын қамтамасыз

етіп, қате және жалған—оң қорытындылар санын едәуір азайтуға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: магниттік-резонанстық томография (МРТ), мениск жыртылуы, текстуралық диагностика, нысандарды анықтау, терең оқыту, медициналық кескіндерді өңдеу, YOLOv8, RT-DETR, интеллектуалдық диагностикалық жүйе.

Өзектілігі. Қазақстандағы белсенді цифрлық трансформация және жасанды интеллект технологияларын енгізу жағдайында медициналық диагностиканың интеллектуалдық жүйелерін дамыту ерекше маңызға ие. Тірек—қимыл аппараты аурулары, соның ішінде тізе буынындағы мениск зақымданулары клиникалық жүгінулердің елеулі бөлігін құрайды және жоғары дәлдікті визуализацияны талап етеді. Магниттік-резонанстық томография диагностикадың «алтын стандарты» болып саналатынына қарамастан, МРТ—кескіндерін интерпретациялау субъективті сипатқа ие және дәрігердің тәжірибесіне тікелей тәуелді.

Осыған байланысты мениск зақымдануларын анықтаудың ерекшелігі мен сезімталдығын арттыратын МРТ—кескіндерін автоматтандырылған талдау әдістерін әзірлеу өзекті ғылыми міндет болып табылады. Компьютерлік көру мен терең оқыту әдістеріне негізделген интеллектуалдық технологиялар диагностикалық қателіктерді азайтуға, мамандардың жүктемесін жеңілдетуге және жоғары сапалы диагностиканың қолжетімділігін арттыруға мүмкіндік береді, әсіресе рентгенологтар тапшылығы байқалатын өңірлерде.

Осылайша, МРТ—кескіндеріндегі анатомиялық құрылымдарды бөлуге арналған ақпараттық технологияны құру жоғары ғылыми және әлеуметтік маңызға ие, себебі ол цифрлық медицинаны дамытуға және медициналық көмек көрсетудің тиімділігін арттыруға ықпал етеді.

Диссертациялық зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің 2024–2026 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми—техникалық жобаларды гранттық қаржыландыру аясында орындалды (жоба ИРН АР23486396 «Компьютерлік диагностика міндеттері үшін МРТ кескіндеріндегі анатомиялық құрылымдарды тану модельдері мен әдістері»).

Зерттеу объектісі - тізе буынының МРТ кескіндерінде мениск жыртылуларын тану үдерісі.

Зерттеу пәні – тізе буыны менискі зақымдануларын тану және локализациялау үшін қолданылатын МРТ кескіндерін өңдеу мен талдаудың модельдері мен әдістері.

Зерттеу мақсаты – МРТ кескіндерін талдаудың ақпараттық технологиясын әзірлеу, ол анатомиялық құрылымдарды бөліп көрсету мен патологияларды диагностикалаудың сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді (тізе буыны патологиялары мысалында).

Зерттеу міндеттері:

1. Магниттік-резонанстық кескіндердегі анатомиялық құрылымдарды бөліп көрсету мен талдауды автоматтандыруда қолданылатын қолданыстағы тәсілдер мен әдістерді талдау және жүйелеу.

2. Модельдерді оқыту және тестілеу үшін деректердің репрезентативтілігін қамтамасыз ететін тізе буынының клиникалық МРТ–кескіндерінің жеке деректер жиынтығын (датасет) қалыптастыру.

3. Тізе буыны менискі зақымдануларын ақпараттық–текстуралық диагностика әдісін әзірлеу, ол пиксараралық жарықтық өзгерістері мен тіндердің тығыздық сипаттамаларын талдауға негізделеді.

4. МРТ–кескіндерін алдын ала өңдеу әдістемесін әзірлеу, оған сүзгілеу, контрастылықты арттыру және айқындықты күшейту кезеңдері кіреді; бұл нейрондық желілік талдауға арналған деректер сапасын арттыруға бағытталған.

5. YOLOv8x және RT–DETR модельдерін оқыту мен тестілеуді қамтитын эксперименттік зерттеулер жүргізу, сондай-ақ тізе менискі жыртылуларын автоматты анықтау міндетін шешудегі олардың өнімділігі мен тиімділігінің салыстырмалы талдауын орындау.

6. Тізе буыны менискі зақымдануларын диагностикалаудың интеллектуалдық жүйесінің архитектурасын жобалау, ол алдын ала өңдеу, талдау және визуализация модульдерін біріктіреді.

Негізгі зерттеу әдістері: кескіндерді өңдеу мен талдау әдістері, үлгілерді (бейне-нысандарды) тану тәсілдері және терең оқыту модельдері.

Қорғауға ұсынылған ғылыми ережелер:

– тізе буыны менискі зақымдануларын текстуралық диагностикалау әдісі, ол МРТ–кескіндерінің визуалды–аналогтық ұсынысынан олардың формалданған цифрлық интерпретациясына өтуді көздейтін ақпараттық–текстуралық трансформацияға негізделеді;

– МРТ–кескіндерінің алдын ала өңдеудің біріктірілген әдісі, ол бірнеше сүзгілеу тәсілдерінің салыстырмалы талдауын және визуализация сапасының объективті метрикалары негізінде оңтайлы әдістемені таңдауды қамтиды;

– тізе буыны менискі жыртылуларын диагностикалаудың интеллектуалдық жүйесінің архитектурасы, ол текстуралық диагностика модулін және терең оқыту модельдеріне негізделген патологияны детекциялау модулін біріктіреді.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы мынада: тізе буынының МРТ–кескіндерінде мениск жыртылуларын автоматты тануға арналған YOLOv8-x архитектурасына негізделген жаңа тәсіл алғаш рет ұсынылады. Бұл тәсіл зерттеуге арналған жеке клиникалық деректер жиынтығын (датасет) және МРТ–кескіндерін алдын ала өңдеудің біріктірілген әдісін қамтиды.

Басылымдар. Диссертациялық жұмыс тақырыбы бойынша барлығы **11** жұмыс жарияланды, олардың ішінде: **3**-Комитет ұсынған басылымдарда; **2**-Scopus дерекқорында индекстелетін және CiteScore пайызыліне ие (немесе) Web of Science Core Collection, Clarivate Analytics ақпараттық компаниясының деректерінде индекстелетін және (немесе) импакт-факторы бар халықаралық рецензияланатын журналдарда; **5**-халықаралық конференциялар еңбектерінде **1**-басқа ғылыми басылымда және **1**- авторлық құқық объектісіне құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы куәлік.

Әрбір жарияланымды дайындауға қосқан үлес зерттеу тақырыбы бойынша ашық әдеби дереккөздер мәліметтерін талдауға, модельдерді әзірлеу мен апробациялауға, эксперименттік нәтижелерді алу мен сипаттауға, қорытындыларды дайындау мен талқылауға, сондай-ақ семинарлар мен конференцияларда ғылыми нәтижелерді ұсыну мен талқылауға бағытталды.

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері 5 халықаралық конференцияда баяндалып, талқыланды:

1) Қазақстанның инновациялық дамуына жастар шығармашылығы атты XI студенттер, магистранттар және жас ғалымдардың халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы, 10–15 сәуір 2025 ж., Өскемен қ., Қазақстан;

2) Күрделі жүйелерді оңтайландыру мәселелері атты XIX халықаралық Азия мектеп-семинары, 14–22 тамыз 2023 ж., Новосибирск қ., Ресей;

3) Computational and Information Technologies in Science, Engineering and Education (CITech-2023) халықаралық конференциясы, 2 қазан 2023 ж., Өскемен қ., Қазақстан;

4) Ғылым, білім және BIM мен ГИС технологияларын енгізу тәжірибелері халықаралық конференциясы, 20–21 маусым 2023 ж., Өскемен қ., Қазақстан;

5) Университеттің 65 жылдығына арналған Қазақстанның инновациялық дамуына жастар шығармашылығы атты IX студенттер, магистранттар және жас ғалымдардың халықаралық ғылыми-техникалық конференциясы, 3–14 сәуір 2023 ж., Өскемен қ., Қазақстан.

Диссертацияда, сондай-ақ зерттеу тақырыбы бойынша мақалаларда дәлелденген негізгі ғылыми нәтижелерге мыналар жатады:

1. МРТ–кескіндерінің ақпараттық–текстуралық трансформациясына негізделген мениск зақымдануларын текстуралық диагностикалау әдісі. Алғаш рет МРТ–среждердің визуалды–аналогтық ұсынысынан олардың цифрлық интерпретациясына өтуді қамтамасыз ететін формалданған тәсіл ұсынылды. Бұл тәсіл пиксараралық жарықтық өзгерістеріне және тіндердің құрылымдық сипаттамаларына негізделе отырып, анатомиялық шекараларды бөліп көрсету сезімталдығын арттыруға мүмкіндік береді.

2. МРТ–кескіндерінің алдын ала өңдеудің біріктірілген әдісі, ол бірнеше сүзгілеу тәсілдерінің салыстырмалы талдауын және контрастылықты арттыру мен шуылдарды басудың оңтайлы әдістемесін таңдауды қамтиды. Ұсынылған әдістер комбинациясы жұмсақ тіндердің визуализация сапасын дәстүрлі шешімдермен салыстырғанда жоғары деңгейде қамтамасыз ететіні дәлелденді.

3. Заманауи терең оқыту модельдерін (YOLOv8-x, RT-DETR) тізе менискі жыртылуларын автоматты анықтауға қолдану. Жүргізілген эксперименттік зерттеулер дәлдіктің, тұрақтылықтың және детекция жылдамдығының классикалық тану әдістерімен салыстырғанда едәуір жақсарғанын көрсетті.

4. Мениск зақымдануларын диагностикалаудың интеллектуалдық жүйесінің архитектурасы, ол текстуралық диагностика модулін және терең оқыту модельдеріне негізделген патология детекциясы модулін біріктіреді. Автоматтандырылған МРТ–кескіндерін интерпретациялау, деректерді сақтау

және пайдаланушымен өзара әрекеттесуді қамтамасыз ететін бағдарламалық құрылым әзірленді.

Диссертацияның практикалық маңызы бар: зерттеу нәтижелері тізе буыны патологияларының магниттік-резонанстық томографиясына арналған бағдарламалық қамтамасыз ету түрінде Н.Д. Батпанов атындағы Ұлттық травматология және ортопедия ғылыми орталығында, артроскопия және спорттық жарақаттар бөлімшесінде (Астана қ.), 2025 жылғы қарашада іске енгізілді.

Практикаға енгізу үшін ұсынылады: Авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы № 61988 куәлік, 09.09.2025 ж. Объектінің түрі: ЭЕМ-ге арналған бағдарлама. Объектінің атауы: «Тізе буыны патологияларының магниттік-резонанстық томографиясына арналған бағдарламалық қамтамасыз ету». Автор: Танкибаева А.К.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, 144 атаудан құралған пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Диссертация компьютерлік мәтіннің 122 бетінде баяндалған, 56 сурет, 10 кесте және 3 қосымшаны қамтиды.