«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ

ӘОЖ 004.925 Қолжазба құқығында

**ШЕКЕРБЕК АЙНҰР ӘЗІМБАЙҚЫЗЫ**

**Фракталды талдау негізінде өкпе патологиясын диагностикалаудың ақпараттық жүйесі**

8D06103 ‒ Ақпараттық жүйелер

Философия докторы (PhD)

дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесшісі

философия докторы (PhD),

қауымдастырылған профессоры

Абдикеримова Г.Б.

Шетелдік ғылыми кеңесшісі

физика-математика ғылымдарының кандидаты,

доцент

Пестунов И.А.

(Новосібір)

Қазақстан Республикасы

Астана, 2024**МАЗМҰНЫ**

|  |  |
| --- | --- |
| **НОРМАТИВТІ СІЛТЕМЕЛЕР**....................................................................... | 3 |
| **АНЫҚТАМАЛАР**.............................................................................................. | 4 |
| **БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР**....................................................... | 7 |
| **КІРІСПЕ**.............................................................................................................. | 8 |
| **1 КЕУДЕ ҚУЫСЫНЫҢ САНДЫҚ КЕСКІНДЕРІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ПАТОЛОГИЯ БОЙЫНША КЛАССИФИКАЦИЯЛАУ**......... | 15 |
| 1.1 Сандық кескіндерді зерттеу.......................................................................... | 15 |
| 1.2 Сандық кескіндерді өңдеу әдістері.............................................................. | 20 |
| 1.3 Сандық кеуде қуысы кескіндерін классификациялаудың дәстүрлі және инновациялық әдістері........................................................................................ | 29 |
| 1.4 Дәстүрлі және инновациялық классификация әдістерін бағалау.............. | 30 |
| Бірінші бөлім бойынша қорытынды.................................................................. | 32 |
| **2 РЕНТГЕН КЕСКІНДЕРДЕГІ НЕГІЗІНДЕГІ ӨКПЕ ПАТОЛОГИЯСЫН ДИАГНОСТИКАЛАУДАҒЫ ФРАКТАЛДЫҚ ТАЛДАУ**........................................................................................................ | 33 |
| 2.1 Медициналық кескіндерден фракталдық сипаттамаларды алу әдістері.. | 33 |
| 2.2 Фракталды талдауды медициналық диагностикада қолдану.................... | 43 |
| 2.3 Фракталдық әдіс бойынша өкпе патологиясын анықтау………………... | 49 |
| Екінші бөлім бойынша қорытынды................................................................... | 55 |
| **3 ТЕРЕҢ ОҚЫТУ АЛГОРИТМІ НЕГІЗІНДЕ КЕУДЕ ҚУЫСЫНЫҢ ПАТОЛОГИЯЛАРЫН ЕРЕКШЕЛЕЙТІН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕНІ ӘЗІРЛЕУ**....................................................................................................... | 57 |
| 3.1 Рентгенографиялық кескіндерде патологияларды анықтау моделін құру…………………………………………………………………………….... | 57 |
| 3.2 Faster R-CNN алгоритмінің қолдану тиімділігі........................................ | 61 |
| 3.3 Кеуде қуысының патологияларын ерекшелейтін ақпараттық жүйені әзірлеу............................................................................................................ | 67 |
| **ҚОРЫТЫНДЫ**.............................................................................................. | 84 |
| **ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**........................................... | 86 |
| **ҚОСЫМША А** – Ендіру актіcі..................................................................... | 94 |
| **ҚОСЫМША Ә** – Авторлық куәлік............................................................... | 95 |

**НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР**

Диссертациялық жұмыста келесі стандарттарға сілтемелер қолданылған:

ҚР СТ 34.002-2004. Aқпaрaттық технология. Есептеу электронды дaрa мaшинaлaр. Құрaмынa және сaпa сипaттaмaлaрын бaғaлaу ережелеріне тaлaптaр.

ҚР СТ 34.005-2002. Ақпараттық технологиялар. Негізгі терминдер және анықтамалар.

ҚР СТ 34.014-2002. Ақпараттық технологиялар.

ҚР СТ 34.019-2002. Ақпараттық технологиялар. Бағдарламалық құралдардың өмірлік циклінің процестері.

ҚР СТ 34.019-2005 (ISO/IEC 12207:1995, MOD). Ақпараттық технологиялар. Бағдарламалық құралдардың өмірлік циклінің үрдістері.

ҚР СТ ISO/IEC TR 24766-2012 (ISO/IEC TR 24766:2009, IDT). Ақпараттық технологиялар. Жүйелерді және программалық қамсыздануды құру. Инженерлік құралдың мүмкіншіліктеріне қойылатын талаптар бойынша нұсқаулық.

ГОСТ Р 53622-2009. Ақпараттық технологиялар. Ақпараттық-есептеу жүйелері. Өмірлік циклдің кезеңдері мен кезеңдері, құжаттардың түрлері мен толықтығы. – Тарм.01.01.2002.

Қазақстан Республикасы Заңы. Ақпараттандыру туралы: 2015 жылдың 24 қарашасы, №418-V қабылданған.

**АНЫҚТАМАЛАР**

Диссертaциялық жұмыста тиісті анықтамалары бар келесі терминдер қолдaнылады:

**Ақпараттық жүйе (АЖ)** – бұл ақпараттық ресурстарға қолжеткізуді қамтамасыз ететін құралдар және ресурстарға қолжеткізуді басқаратын пайдаланушы интерфейстердің жиынтығы ретінде түсіндіріледі.

**Ақпараттық ресурс** – ақпараттық жүйенің кез-келген мәнін қамтитын ең жалпы ұғым.

**Бейнелерді өңдеу** – кіріс деректері кескіндер, мысалы, фотокескіндер немесе бейне кадрлар болып табылатын ақпаратты өңдеудің кез келген түрі. Бейнені өңдеу кескінді алумен бірге (мысалы, полиграфиялық репликацияға, эфирге беру үшін және т.б.) одан керекті ақпараттарды (мысалы, мәтінді тану, мәтінді санау және микроскоптың өрісіндегі ұяшықтарды) алу түрлерінде іске асырылуы мүмкін.

**Бейнелерді өңдеу әдістері** – ғарыш аппараттарынан алынған кескіндерді сандық түрде тасымалдау, электронды микроскоп арқылы алынған кескіндерді анықтау, ғарыштан түсірілген сурет бұрмалануын түзету, жер бетінің табиғатын автоматты түрде талдау, жер серіктерінен алынған фотокескіндер арқылы табиғи ресурстарды зерттеу, биологиялық және медициналық бейнелерді қалыптастыру және жақсарту, аэрокескіндер бойынша картаны автоматты құрастыру.

**Вейвлеттер** (ағылш. «wavelet» ‒ кішкентай толқын) ‒ сигналдарды әртүрлі масштабтағы компоненттерге ыдырату үшін қолданылатын математикалық функция. Вейвлеттер-бұл бір «аналық» толқындық функцияға негізделген, оны жылжыту және масштабтау арқылы құрылған функциялар тобы. Бұл толқындарды сигналдар мен кескіндерді өңдеу, деректерді қысу және компьютерлік көру саласындағы әртүрлі тапсырмаларды шешу үшін әсіресе пайдалы ететін әртүрлі егжей-тегжейлі немесе масштабтағы сигналдарды талдауға мүмкіндік береді.

**Гистограмма** – цифрлық кескіндегі тондардың (жарықтық) таралуының графикалық көрінісі. Ол кескінде бар әрбір жарықтық деңгейі үшін пикселдер санын көрсетеді. Гистограммалар сандық фотография мен кескінді өңдеудің маңызды құралы болып табылады, өйткені олар кескіннің контрасты, жарықтығы және экспозициясы туралы маңызды ақпаратты береді.

**Гомогенизациялау** ‒ концентрациялық біртекті еместілікті жою және құрамды теңестіру процесі

**Инверсиялау** – бұл кескіндегі әр пиксельдің түстері қарама-қарсы болып өзгеретін кескінді өңдеу процесі. Ақ-қара кескінінде инверсия барлық ашық жерлерді қараңғыға және керісінше түрлендіреді. Түрлі-түсті кескіндер үшін инверсия процесі әр арнаның мәні сол арнадағы ағымдағы пиксель мәнін алып тастағандағы максималды мүмкін мәнге тең болатындай етіп әр түрлі түсті арналарды (әдетте RGB моделіндегі қызыл, жасыл және көк) өзгертуден тұрады.

**Кескінді өңдеу** – олардың сапасын жақсарту, пайдалы ақпаратты алу, мазмұнды талдау және кескіндерді ыңғайлырақ пішімге түрлендіру үшін кескіндерді өңдеу әдісі немесе процесі. Бұл процесс шуды жою үшін сүзу, жақсы көрнекі қабылдау үшін контрастты жақсарту, қызықтыратын нысандарды бөлектеу үшін сегменттеу, сақтау немесе жіберу үшін деректер көлемін азайту үшін қысу және басқа да көптеген түрлендірулер сияқты әртүрлі операцияларды қамтуы мүмкін.

**Кескінді өңдеу әдістері** – сандық кескіндерді өзгерту, жақсарту немесе талдау үшін қолданылатын әртүрлі тәсілдер, әдістер және алгоритмдер. Бұл әдістер кескінді өңдеу саласындағы әртүрлі мәселелерді шешу үшін қолданылады, мысалы, кескінді жақсарту, объектіні сегменттеу, үлгіні тану, деректерді қысу, түсті өзгерту және басқалар.

**Мультифракталдық** – күрделілік пен фракталдық әрекетті бірнеше масштабта көрсететін жүйені немесе нысанды сипаттау үшін қолданылатын термин. Бір фракталдық өлшеммен сипатталатын қарапайым фракталдардан айырмашылығы, мультифракталдық жүйелерде фракталдық өлшемдердің тұтас диапазоны бар. Бұл мультифракталдық талдау дәстүрлі фракталдық талдауға қарағанда бай және күрделі құрылымды аша алатынын білдіреді.

**Патология** – бұл тіндерді, жасушаларды, мүшелерді және дене сұйықтықтарын зерттеу арқылы ауруды диагностикалауға қатысты медициналық мамандық. Патология аурудың пайда болу механизмдерін, олардың жіктелуін түсінуде, сонымен қатар емдеу және алдын алу әдістерін жасауда шешуші рөл атқарады.

**Рентген кескіні** – пішіні, өлшемі, оптикалық тығыздығы, құрылымы, контурлары бойынша бір-бірінен ерекшеленетін көптеген көлеңкелердің күрделі тіркесімі.

**Цифрлық кескін** – компьютерлік технологияның көмегімен өңдеуге, сақтауға және беруге болатын екілік мәліметтер (нөлдер және бірліктер) түрінде кодталған көрнекі ақпараттың графикалық көрінісі. Ол пикселдер (ағылшынша «кескін элементтері») деп аталатын көптеген шағын элементтерден тұрады, олардың әрқайсысы кескіннің белгілі бір нүктесіндегі түс пен қарқындылық туралы ақпаратты тасымалдайды.

**Сандық кескіндер гистограммасы** – бұл кескіндегі сұр деңгейдің пайда болу жиілігін (ықтималдығын) график түрінде сипаттайтын дискретті функция.

**Сандық кескінді өңдеу** – олардың сапасын жақсарту, көрнекі сипаттамаларын өзгерту немесе кескіндерден пайдалы ақпаратты алу үшін цифрлық кескіндерді түрлендіру және өзгерту процесі. Бұл процесс сүзгілеу, контрастты жақсарту, айқындау, түсті түзету, сегменттеу, нысанды таңдау, кескінді тану және т.б. сияқты әртүрлі операцияларды қамтиды.

**Сандық рентгенография** – рентген сәулесінің көмегімен алынған анатомиялық құрылымдардың проекциялық бейнесі цифрлық түрде өңделетін сәулелік диагностика әдісі.

**Сегменттеу** – бұл кескіндегі объектілерге немесе объектілердің бөліктеріне сәйкес келетін бірнеше сегменттерге немесе аймақтарға бөлу процесі. Сегменттеудің мақсаты-оны талдау мен түсінуді жеңілдету үшін кескіннің әртүрлі аймақтарын бөлектеу және жіктеу.

**Сұр реңкті** (сұр немесе сұр Intensity, Grayscale интенсивтілік градацияларындағы кескіндер) – бейне - пикселдер диапазондағы кез-келген түстің қарқындылық мәндерінің бірін, ең төменгіден ең жоғары қарқындылыққа дейін, қабылдай алады.

**Фракталдар** – бұл геометриялық объектілер: сызықтар, қатты кесілген пішінге ие беттер, кеңістіктіктегі денелер және өзіне-өзі ұқсастық қасиетке ие.

**Фракталдық өлшем** – фракталдық құрылымы бар геометриялық объектілерді сипаттау үшін қолданылатын метрикалық көрсеткіштер. Ол фракталдың кеңістіктегі толықтық немесе күрделілік дәрежесін сипаттайды және оның көп өлшемді өлшемі болып табылады. Фракталдық Өлшем объектінің ұзындығының, ауданының немесе көлемінің өзгеруінің оның масштабының өзгеруіне қатынасы ретінде анықталады және физика, биология, экономика және кескінді өңдеуді қоса алғанда, әртүрлі пәндердегі өзіне ұқсас және күрделі құрылымдарды талдау үшін пайдаланылуы мүмкін.

**Цифрландыру** – бұл кәсіпорынның немесе бүкіл саланың цифрлық технологиялар мен цифрландырылған, біртұтас ақпаратқа негізделген бизнес-үдерістердің, менеджменттің және өндіріс тәсілдерінің жаңа модельдеріне көшу үдерісі.

Э**квализация** – бұл визуалды қабылдауды жақсарту немесе белгілі бір талдау немесе өңдеу шарттарына сәйкестендіру мақсатында кескіндегі пикселдердің жарықтығын немесе түс мәндерін бөлуді өзгерту процесі. Сандық кескінді өңдеу кезінде, эквализация контрастты жақсарту, бөлшектерді күшейту, шуды жою немесе кескінді белгілі бір қабылдау жағдайларына бейімдеу үшін қолданылады.

**БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР**

|  |  |
| --- | --- |
| АТ | – Ақпараттық технологиялар |
| АЖ | – Ақпараттық жүйелер |
| РК | – рентген кескіні |
| АЖО | – автоматтандырылған жұмыс орны |
| PACS | – мұрағаттау және кескіндерді тасымалдау жүйесі |
| DICOM | – медициналық кескіндерді сақтау және тарату стандарты болып табылатын салалық формат |
| Python | – жоғары дәрежедегі бағдарламалау тілі |
| ISO | – Стандарттау бойынша халықаралық ұйымы |
| ҚР ДСМ | * Қазақстан Республикасының денсаулық сақтау министрлігі |
| ДДСҰ | * Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы |
| БТ | * Бейнелерді тану |
| ҚР | * Қазақстан Республикасы |
| DL | * Deep Learning |
| RF | * Random Forest |
| VOI LUT | * Value of Interest, Look-Up Table |
| CNN | * convolutional neural network |
| Faster R-CNN | * Faster Region-based Convolutional Neural Network |

**КІРІСПЕ**

**Зерттеу тақырыбының өзектілігі**.Өкпе патологиясын диагностикалау – бұл өкпе жүйесінің ауруларымен байланысты жоғары таралу мен өлім-жітімге байланысты қазіргі заманғы медицинаның маңызды саласы. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының мәліметі бойыншапневмония және басқа респираторлық аурулар бүкіл әлемде ауру мен өлім-жітім себептерінің бірі болып табылады. Бұл ауруларды уақтылы анықтау және емдеу пациенттердің болжамы мен өмір сүру сапасын айтарлықтай жақсартады.Қазақстан Республикасының денсаулық сақтау саласын дамытудың 2020-2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасының аясында медициналық қызметтің сапасын арттыру және жұқпалы ауруларды анықтауды цифрландыру өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Рентгендік кескінді классификациялау мәселесінде терең оқыту әдістерін қолдану бойынша зерттеулердің өзектілігі деректерді өңдеуге қабілетті автоматтандырылған және рентген кескіндерді тиімді классификациялаумен медициналық жағдайларды диагностикалаудың жылдамдығы мен дәлдігі өте маңызды.

Цифрландырудың жаһандық тенденциялары мен денсаулық сақтау процестерін оңтайландыруға деген ұмтылысты ескере отырып, фракталдық талдауға негізделген өкпе патологиясын диагностикалау үшін ақпараттық жүйені құру зерттеудің инновациялық шешім болып табылады. Қазақстан Республикасының денсаулық сақтауды дамытудың мемлекеттік бағдарламасы балалар мен жасөспірімдер денсаулығы саласын қоса алғанда, халықтың өмір сүру сапасын жақсартуын ұсынады. Аурулардың, соның ішінде өкпе патологиясының алдын алу және уақытылы анықтаудың маңыздылығы атап өтілген.

Сәулелік диагностиканың маңыздылығының артуына және медициналық практикадағы технологиялардың қарқынды дамуына байланысты өкпе ауруларын диагностикалау және бақылау үшін фракталдық талдауды қолдануға бағытталған докторлық диссертация заманауи қатерлерді шешудің инновациялық тәсілін ұсынады. Стандартты визуалды талдау әдістерімен ерекшеленбейтін өкпе тіндерінің құрылымындағы нәзік өзгерістерге назар аудару медициналық диагностика саласында фракталдық талдауды қолдану перспективасын көрсетеді. Денсаулық сақтаудағы цифрландыруды мемлекеттік қолдау өкпе патологиясын диагностикалауға арналған ақпараттық жүйелер сияқты инновациялық әдістерді енгізу үшін қолайлы жағдайлар жасайтынын атап өткен жөн. Қазақстанның денсаулық сақтауды дамыту бағдарламасы өз алдына тиімділікті арттыру міндетін қойып қана қоймай, балалар мен жастарға медициналық көмектің сапасын жақсартуға да көңіл бөледі.

Заманауи медициналық диагностикада жасанды интеллект (ЖИ) әдістері белсенді түрде дамып келеді, олардың ішінде терең оқыту ерекше орын алады. Бұл әдістер әртүрлі патологияларды диагностикалаудың дәлдігін, жылдамдығын және тиімділігін айтарлықтай жақсартуды қамтамасыз етеді. Осыған байланысты патологияларды анықтау үшін терең оқытуға негізделген бағдарламаларды жасау өзекті және маңызды міндет болып табылады. Осы тұрғыда өкпе ауруларын диагностикалау үшін ақпараттық жүйелерге фракталдық талдауды интеграциялауға бағытталған докторлық диссертация Қазақстан Республикасында денсаулық сақтауды жақсарту жөніндегі Стратегияның бір бөлігін білдіреді. Осы зерттеудің заманауи әдістері мен ғылыми перспективаларының үйлесімі оның мемлекеттік бағдарламаның мақсаттарына және озық медициналық практикаға қол жеткізуге қосқан үлесін көрсетеді.

**Жұмыстарға шолу.** Қазіргі медициналық қоғамда рентгендік медициналық бейнелерден белгілерді алу әртүрлі ауруларды диагностикалау мен емдеуде шешуші рөл атқарады. Соңғы 10 жыл ішінде осы тақырып бойынша отандық және шетелдік тәжірибені қамтитын әдебиеттерге шолу жасалды. Талдау нәтижесінде рентгендік кескіндерден белгілерді алудың қолданыстағы тәсілдерінің бірқатар әдістемелері, ерекшеліктері, артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды.

Медициналық рентген кесіндердің паталогияларын анықтаудың ақпараттық технолгияларына шетелдік зерттеулер жүргізілді. Сандық кескінді өңдеп, классификациялануына Гонсалес Р. [1], Прэтт У. [2], Терехов С. [3], Потапов А. [4], Хамад Ю. [5], т.б. сияқты ғалымдардың еңбектері негізге алынды.

Соңғы онжылдықта цифрлық медициналық кескіндерден паталогияларды анықтауға ақпараттық технологияларының дамуына шетелдік ғалымдар өз үлестерін қосты. N. A. Koohbanani [6] патологиялық кескіндердегі жалпыланатын және домендік инвариантты көріністерді зерттеу үшін таңбаланбаған деректерді пайдалануға мүмкіндік беретін өзін-өзі басқаратын конволюционды нейрондық желі (CNN) құрылымын ұсынды. S. Azizi [7] өзін-өзі оқытудың тиімділігін медициналық бейнелерді жіктеуді алдын-ала оқыту стратегиясы ретінде қарастырды. B. Chen [8] «CheXGCN» деп атайтын кеуде рентгенограммаларында (CXR) көп таңбалы жіктеу тапсырмасы үшін патологиялар арасындағы тәуелділікті нақты білу үшін графикалық конволюциялық желілерге (GCN) негізделген жаңа жапсырманың бірлескен пайда болуын оқыту құрылымын ұсынды. T.K.K. Ho [9] рентгенограммалардағы өкпе ақауларының дәл локализациясы және жіктелуі клиникалық диагностика мен емдеу стратегиялары үшін маңызды деп бірнеше бар немесе күдікті патологияларды анықтау үшін медициналық кескіндер түсіндірілетін көп белгі классификациясының практикалық шектеулеріне шолу жасады. Q. Zheng [10] жүрек пішіні мен қозғалысын сипаттау үшін жаңа кескінге негізделген функцияларды алу тәсіліне негізделген жүрек патологиясын классификациялау әдісін ұсынды. R. H. Putra [11] зерттеулер негізінде жасанды интеллекттің тіс рентгенографиясын зерттеді. H. Yang [12] зерттеудің нәтижелері белгілі бір ауыз және жақ-бет хирургиясы саласындағы патологияларды анықтау үшін конволюционды желілерді автоматты түрде анықтаудың пайдалылығын көрсетті. S. Liu [13] пневмония және COVID-19 сияқты кеуде қуысының рентгендік кескіндерін классификациялау үшін бейімделген морфологиялық нейрондық желілерді әзірледі. Морфологиялық кеңею мен эрозияны өздігінен үйрене алатын жаңа құрылым қабаттың ең қолайлы бейімделу тереңдігін анықтау үшін ұсынылады. K. Üreten [14] Ретроспективті зерттеуде деректерді жоғалтпай түпнұсқа рентгенограммалардан қол кескіндерін алу үшін пайдаланылды және алдын ала дайындалған VGG-16 желісімен тасымалдауды оқыту арқылы жіктеу орындалды. L. Barisoni [15] бүйрек патологиясы сандық патология деректерін жинау, талдау және басқа деректермен біріктіру үшін консорциумдар мен цифрлық патология қоймаларын құра отырып, цифрлық дәуірге ендіріліп келеді

Берілген диссертациялық жұмыста әртүрлі ауруларды диагностикалау және алдын алу кезінде диагностикалық процестің тиімділігін арттыру мақсатында рентгендік кескіндерге заманауи адаптивті әдістердің үйлесімін қолдану көмегімен олардың контрастын жақсарту әдістерін әзірлеуге баса назар аударылады.

**Зерттеудің мақсаты** – Фракталды талдау негізінде өкпе патологиясын диагностикалаудың ақпараттық жүйесін әзірлеу.

**Қойылған мақсаттарға сәйкес диссертациялық жұмыста келесі міндеттер орындалуы керек:** бұл диссертациялық жұмыста фракталдық талдау әдіснамасын қолдана отырып, өкпе патологиясын ерекшелеу үшін инновациялық ақпараттық жүйені әзірлеуге және біріктіруге бағытталған бірқатар негізгі міндеттерді шешуге бағытталған. Бұл міндеттер медициналық сандық кескіндерді өңдеу негізінде орындалады:

1. Әдебиеттерге шолу және негізгі фракталдық сипаттамаларды анықтау үшін медициналық мәліметтер мен өкпе тінінің кескіндерін жинау және талдау.

2. Медициналық кескіндерді классификациялаудың моделін әзірлеу.

3. Фракталдық талдау әдісі негізінде кеуде қуысының паталогиясын ерекшелеу.

4. Өкпе тіндерінің құрылымын бағалау үшін фракталдық өлшем белгісімен тереңдетілген оқыту алгоритмін қолдану.

5. Медициналық кескіндерді талдау және диагностика үшін ақпараттық жүйені құру.

**Қорғауға шығарылатын негізгі нәтижелер:**

1. Медициналық кескіндерді классификациялаудың моделі.

2. Өкпе тіндерінің құрылымын бағалау үшін фракталдық өлшем белгісімен тереңдетілген оқыту алгоритмін қолдану.

3. Медициналық кескіндерді талдау және диагностика үшін ақпараттық жүйені құру.

**Жұмыстың ғылыми жаңалығы:**

1. Медициналық кескіндерді классификациялаудың моделі әзірленді.

2. Тереңдетілген оқыту алгоритмін қолдана отырып, фракталдық талдау әдісі негізінде кеуде қуысының паталогиясы анықталды.

3. Медициналық кескіндерді талдау және диагностика үшін ақпараттық жүйесі әзірленді.

4. Кеуде қуысының аномалиясын табудың бизнес процессі жобаланды.

**Зерттеу объектісі.** Өкпе қуысының әртүрлі патологиялық ауытқулары бар өкпенің сандық рентген кескіндері.

**Зерттеу пәні.** Рентген кескіндерді классификациялау әдістері мен алгоритмдері.

**Зерттеу әдістемесі.** Диссертациялық жұмыстың әдістемелік негізі – медициналық кескіндерді жинауды және алдын ала өңдеуді, патологиялардың тән заңдылықтарын анықтау үшін фракталдық геометриялық алгоритмдерді пайдалана отырып, оларды кейінгі талдауды қамтиды.

**Теориялық негіздері.** Бұл жұмыстың теориялық негізі терең оқыту әдістерін қолдана отырып, рентген кескіндерді өңдеу мәселелерін қозғайтын ғылыми зерттеулер, сондай-ақ деректерді патологиялар бойынша классификациялау болып табылады. Осы тақырыпта көатеген ғалымдар кескіндерді өңдеу және талдау принциптерін зерттеді, сонымен қатар патологияларды жоғары дәлдікпен және сезімталдықпен классификациялау әдістемелерін жасады. Олардың ішіндегі ең маңыздысы келесі шетелдік ғалымдардың ғылыми зерттеу жұмыстары: Koohbanani N.A., Azizi S., Chen B., Ho T.K.K., Zheng Q., Putra R.H., Yang H., Liu S., Üreten K., Barisoni L. және т.б. болып табылды.

Қазақстанда кескіндермен жұмыс жасайтын зерттеушілер: Омарова Г., Найзағарева А. [16], Абдыкеримова Л. [17], Адильбекова А.К. [18], Омаров Б.С. [19], Баймаханова А.С. [20] және т.б. айналысады. Бұл зерттеулер медициналық кескіндерді тану, өңдеу, және кескіндердегі паталогияны ерекшелеп анықтап, классификациялауға байланысты.

**Зерттеу әдістері.** Фракталды талдау негізінде өкпе кескіндерін өңдеуде қолданылатын алгоритмдер, кескінді өңдеу процесстері, фракталдық белгілерді талдау, классификациялау әдістері, сондай-ақ кескіндердің патология бойынша классификациялау үшін машиналық оқыту мен нейрондық желілер әдістерін қолдану.

**Программалық құралдар.** Алгоритмдерді және программалық құралдарды құрудың әдістемелік негізін *Python, Statistica Soft, FireBase* бағдарламалық құралдары арқылы қамтамасыз етілді.

**Зерттеудің теориялық маңыздылығы.** Зерттеу медициналық кескіндер мен ақпараттық технологиялар зерттеулерінде жоғары теориялық маңыздылыққа ие. Сондай-ақ физика мен математикада дәстүрлі түрде қолданылатын фракталдық талдауды медициналық диагностика саласына енгізеді. Бұл ауысу өкпенің құрылымы мен патологиясы бойынша зерттеулер үшін жаңа көкжиектер ашады және оны басқа мүшелерді талдауға да қолдануға болады. Кескінді өңдеу, терең оқыту және фракталдық талдау әдістерін біріктіретін кешенді ақпараттық жүйені құру медициналық деректерді талдауға интеграцияланған тәсілді қамтамасыз етеді. Фракталдық сипаттамаларға негізделген диагностикалық критерийлер дәрігерлерге фракталдық сипаттамаларға негізделген өкпе патологиясын жіктеуге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл қолданыстағы диагностикалық әдістерді толықтыра алады және медициналық диагностиканың жаңа құралдарын ұсына алады. Жұмыс көп өлшемді медициналық кескіндерді талдауға бағытталған, яғни ол өкпе тіндерінің құрылымдық және функционалдық аспектілерін ескереді. Бұл көп өлшемді тәсіл өкпе патологиясы туралы түсінігімізді байытады.

**Зерттеудің практикалық маңыздылығы.**

Жұмыстың практикалық маңыздылығы орасан зор және медициналық практика мен денсаулық сақтауға оң әсер етуі мүмкін. Әзірленген ақпараттық жүйе дәрігерлерге өкпе патологиясын дәлірек диагностикалаудың қосымша құралын ұсынады. Бұл пациенттердің денсаулығын бақылау мүмкіндігін арттыра отырып, ауруларды ерте анықтауға және емдеуге көмектеседі. Компьютерлік алгоритмдер мен машиналық оқытуды қолдану адам факторына байланысты диагностикалық қателіктердің ықтималдығын азайтуға көмектеседі. Бұл пациенттердің жағдайын дәлірек анықтауға ықпал етуі мүмкін. Медициналық кескіндерді автоматтандырылған талдау диагностикаға кететін уақытты қысқартады, бұл дәрігерлерге тезірек шешім қабылдауға және емдеуді бастауға мүмкіндік береді. Жүйе әр пациенттің жеке ерекшеліктерін және патологияның даму дәрежесін ескере отырып, жеке емдеу жоспарларын құруға көмектеседі. Өкпе ауруларын диагностикалау мен емдеуді жақсарту емдеу шығындарын төмендетуі мүмкін, өйткені ертерек анықтау және тиімдірек емдеу ауруханаға жатқызу ұзақтығын және қымбат процедураларға қажеттілікті азайтуы мүмкін. Осылайша, докторлық диссертацияның практикалық маңыздылығы Денсаулық сақтау саласына көмекші құрал бола алады, өкпе патологиясы бар науқастарды және мүмкін басқа медициналық жағдайларды ертерек диагностикалауға және тиімдірек оңтайлы емдеуге ықпал етеді.

**Докторанттың жеке қосқан үлесі:** диагностикалық процестің дәлдігі мен тиімділігін едәуір жақсартатын өкпенің патологиясын ерекшелеудің моделін ұсынды.

**Зерттеу қорытындылары мен нәтижелерінің анықтығы, сенімділігі және негізділігі** халықаралық ғылыми және ғылыми-практикалық конференцияларда апробациямен; зерттеу нәтижелерін Ѕсорuѕ және Web of Science (ClarivateAnalytics) халықаралық ғылымиметриялық базаларында индекстелетін ғылыми журналдарда жариялаумен, енгізудің актілерін (Қосымша А) және авторлық куәлікті (Қосымша Ә) алумен қамтамасыз етілген.

**Нәтижелерді ендіру.** Жұмыстың нәтижелері Атырау облыстық жұқпалы аурулар ауруханасында енгізілген.

**Диссертация нәтижелерінің апробациядан өтуі.**

Диссертациялық зерттеулердің негізгі нәтижелерін төмендегі халықаралық конференциялар мен отырыстарда баяндалды:

– Methods for detecting pathology of the chest on radiographic images // Proceedings of the International Scientific Conference "Mathematical Logic and Computer Science" (Astana, 2022. – Р. 336-340).

– Инновациялық зерттеулердің тиімділігін арттырудың модельдері мен әдістері // Халықаралық ғылыми конференция «Рентгендік кескіндерді классификациялау мәселесінде машиналық оқу әдістерін қолдану» (Астана, 2024. – Р. 166-173).

Жұмыс Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының кеңейтілген мәжілісінде (15.03.2024 ж. Астана) талқыланды.

**Диссертацияның негізгі ережелері келесі ғылыми жұмыстарда жарияланған.** Диссертация материалдары бойынша 10 жұмыс жарияланды: оның ішінде 4 (төртеуі) Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы бақылау комитетінің ғылыми қызметтің нәтижелерін жариялау үшін ұсынылатын басылымдар тізбесіне енетін хабаршы басылымдарында [21-24], 4 (төртеуі) мақала Web of Science және Scopus ғылыми өлшеу деректер базасына кіретін нөлдік емес импакт-факторы бар журналдарда [25-28], 2 (екеуі) – халықаралық конференция еңбектерінде [29, 30].

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.** Диссертациялық жұмыс қазақ тілінде жазылған, кіріспеден, бөлімшелерге бөлінген өзара байланысты үш бөлімнен, қорытындыдан және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 93 бетте көрсетілген, 18 сурет, 3 кесте бар. Пайдаланылған дереккөздердің тізімі 102 атаулардан тұрады.

**Бірінші бөлімде** кеуде қуысының кескінін зерттеу және цифрлық өңдеу және патологияның классификациялануы, дәстүрлі және инновациялық машиналық және терең оқыту тәсілдерін шолу жасалды және сандық кеуде кескінін өңдеу және классификациялаудың әртүрлі әдістері қарастырылды.

**Екінші бөлімде** рентген кескіндерден фракталдық сипаттамаларды алу әдістері, фракталды талдауды медициналық диагностикада қолдануы және фракталдық өлшемдерді және оларды есептеу әдістерін егжей-тегжейлі қарастырылды. Фракталдық геометрия тіндер, ісіктер, тамырлар және т. б. сияқты медициналық кескіндерде жиі кездесетін күрделі, тұрақты емес пішіндер мен құрылымдарды сипатталды.

**Үшінші бөлімде** рентгенографиялық кескіндерде патологияларды анықтау моделі құрылды. Faster R-CNN алгоритмінің қолдану тиімділігі көрсетіліп, қосымша әзірленді.

**Қорытындыда** жұмыстың негізгі қорытындылары мен нәтижелері тұжырымдалған.

**Алғыс**

Автор ғылыми кеңесші Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының PhD Абдикеримова Гүлзира Бахытбекқызына қызықты тапсырмалар қойып, оларды шешуге қажетті пайдалы кеңестер бергені үшін ерекше алғыс білдіреді. Сонымен қатар, шетелдік ғылыми кеңесші, ф.-м.ғ.к., доценті Пестунов Игорь Алексеевичке (Новосібір, Ресей) адал ниеті және риясыз көмегі, жан-жақты қолдауы, кәсіби шеберлігі, жұмысқа қызығушылығы, баға жетпес ескертпелері үшін алғысын білдіреді. «Ақпараттық жүйелер» кафедрасының доценті Ж.Ж. Айтқожа мен PhD Г.С. Омароваға және Еуразия ұлттық университетінің ғылыми семинар мүшелеріне нәтижелерді талқыға алғандары үшін алғыс білдіреді.

**1 КЕУДЕ ҚУЫСЫНЫҢ САНДЫҚ КЕСКІНДЕРІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ПАТОЛОГИЯ БОЙЫНША КЛАССИФИКАЦИЯЛАУ**

**1.1 Сандық кескіндерді зерттеу**

Рентгендік кескін медицинадағы заманауи диагностиканың маңызды аспектісі болып табылады. Бұл әдіс әртүрлі патологиялар мен ауруларды анықтауға мүмкіндік беретін дененің ішкі құрылымдарының кескіндерін алу үшін рентген сәулелерін қолдануға негізделген. Соңғы онжылдықтарда компьютерлік технологиялар мен жасанды интеллект алгоритмдерінің дамуы арқасында рентгендік кескіндерді талдау және интерпретациялау мүмкіндігі айтарлықтай кеңейді. Диссертацияда рентгендік кескіндерді зерттеудің негізгі аспектілері, оның ішінде олардың физикалық негіздері, өңдеу және талдау әдістері, сонымен қатар диагностикада қолданылуы қарастырылады.

Рентген сәулелері - толқын ұзындығы көрінетін жарықтан қысқа электромагниттік сәулеленудің бір түрі, бұл олардың көптеген материалдарға, соның ішінде адам денесінің тініне енуіне мүмкіндік береді. Рентгендік кескіндерді алудың негізі әртүрлі тіндердің сәулеленуді жұтуының әртүрлі дәрежесі болып табылады: жұмсақ тіндерге қарағанда сүйектер сәулеленуді көбірек сіңіреді, бұл кескінде контрастты кескінді жасайды. Кәдімгі рентгенография, компьютерлік томография (КТ) және флюорографияны қоса алғанда, рентгендік кескіндерді алудың бірнеше әдістері бар. Осы әдістердің әрқайсысының өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар, нақты әдісті таңдау аурудың диагностикалық мақсаттары мен сипаттамаларына байланысты.

Ақпараттық технологияның дамуы рентгендік талдау әдістеріне айтарлықтай әсер етті. Заманауи бағдарламалық қамтамасыз ету контраст пен жарықтылықты реттеу арқылы кескін сапасын жақсартуға ғана емес, сонымен қатар патологияларды автоматты түрде анықтау үшін компьютерлік көру алгоритмдерін пайдалануға мүмкіндік береді. Машиналық оқыту және конволюционды нейрондық желілер сияқты терең оқыту әдістері рентгендік кескіндердегі әртүрлі ауруларды, соның ішінде туберкулезді, пневмонияны және өкпе ісіктерін тануда жоғары тиімділікпен көрсетілді [31, 32].

Көптеген ауруларды диагностикалауда рентгендік зерттеулер негізгі рөл атқарады. Атап айтқанда, олардың өкпе, тірек-қимыл аппараты ауруларын диагностикалауда, сондай-ақ жарақаттар мен бөгде заттарды анықтауда таптырмас маңызы бар. Олардың қолжетімділігі мен салыстырмалы түрде төмен құнына байланысты рентген сәулелері медициналық тәжірибеде кеңінен қолданылатын бейнелеу әдістерінің бірі болып қала береді. Рентген сәулелерін пайдалану иондаушы сәулеленудің әсерінен денсаулыққа белгілі бір қауіптермен байланысты екенін атап өткен жөн. Сондықтан радиациялық зерттеулерді негіздеу және оңтайландыру принциптерін қатаң сақтау, сондай-ақ сәулелену дозасын қорғау және азайтудың заманауи әдістерін қолдану маңызды [33].

Рентгендік кескіндерді зерттеу қазіргі заманғы медициналық диагностиканың құрамдас бөлігі болып табылады. Дәстүрлі бейнелеу әдістері мен деректерді өңдеудің озық технологияларын біріктіре отырып, дәрігерлер әртүрлі ауруларды дәл диагностикалап, бақылай алады. Дегенмен, диагностика сапасын жақсарту және пациенттер үшін тәуекелдерді азайту үшін әдістер мен технологияларды жетілдіру бойынша үнемі жұмыс істеу қажет.

Радиациялық диагностиканың кескіндерін талдау. Сәулелік диагностика – аурулардың алдын алу және тану үшін қалыпты және патологиялық өзгерген адам ағзалары мен жүйелерінің құрылымы мен қызметін зерттеу үшін сәулені қолдану туралы ғылым. Денсаулық сақтау саласындағы мемлекеттік саясаттың негізгі бағыттарының бірі медициналық көмектің сапасын арттыру болып табылады. Заманауи медицинаның ақпараттық қолдауды, цифрлық технологияларды және телемедицинаны белсенді қолдануының өзектілігі халықты жоғары білікті медициналық көмекпен қамтамасыз ету қажеттілігімен түсіндіріледі. Медициналық қызмет көрсету сапасын арттыру шарттарының бірі электрондық денсаулық сақтау жүйесін енгізу. Радиациялық диагностикаға рентгендік диагностика, ультрадыбыстық диагностика, рентгендік компьютерлік томография, радионуклидті диагностика және магнитті-резонанстық томография жатады. Сонымен қатар, оған интервенциялық радиология қосылады. Рентгендік зерттеу әдістері – рентген сәулелерінің көмегімен мүшелерді зерттеу әдістері. Рентгендік диагностика әдісі рентген сәулелері үшін тіндердің әртүрлі өткізгіштігіне негізделген. Рентгендік әдістердің әрқайсысының артықшылықтары мен кемшіліктері бар, демек, диагностикалық мүмкіндіктердің белгілі бір шегі бар. Бірақ барлық рентгендік әдістер ақпараттың жоғары мазмұнымен, іске асырудың қарапайымдылығымен, қолжетімділігімен және бірін-бірі толықтыру мүмкіндігімен сипатталады. Рентгендік әдістер медициналық диагностикада жетекші орындардың бірін алады: 50%-дан астам жағдайда рентгендік диагностиканы қолданбай диагноз қою мүмкін емес. Ең жиі қолданылатын рентгендік диагностикалық әдістер - рентгенография, флюорография және рентгендік флюорография. Қазіргі уақытта пленкалы флюорография сандықпен ауыстырылуда. Қазіргі уақытта денсаулық сақтаудың ақпараттық ресурстары белсенді түрде әзірленуде. Ақпараттық технологиялардың үстемдік етуінің қазіргі жағдайында саланың мақсатты мемлекеттері «цифрлық медицина» және «цифрлық денсаулық сақтау» деп аталады. Электрондық денсаулық сақтау заманауи цифрлық технологияларды пайдаланады. Осының арқасында емдеу-диагностикалық процесс қазіргі уақытта диагностикалық және емдік ақпаратты алу және енгізу, есепке алу және есеп беру деректері саласындағы дамудың жаңа, жоғары технологиялық деңгейіне өтуде. Цифрлық технологиялар медициналық ақпаратпен қашықтықтан алмасу мүмкіндігін ашты.

Қазіргі уақытта рентген сәулелері флюорографиялық зерттеулер үшін ең қолайлы детектор болып табылады. Өкпенің рентгенограммасының құрылымындағы ақауларды тіркеу және анықтау сенімділігін арттыру қажеттілігі талданатын кескіндердің контрастын ашуды және сәйкестендіруді қиындататын факторларды жоюды, әдістердің ақпараттық мазмұнын арттыруды, кескіндерді формада ұсынуды талап етеді. бұл оларды анықтауға, рентгендік кескіндерді цифрлық өңдеуге арналған тиімді алгоритмдер мен бағдарламаларды жасауға, аурудың сипатына байланысты мәселелерді шешуге ыңғайлы. Рентгендік кескін ондағы бұзылулардың аз болуымен сипатталады, бірақ сонымен бірге қарастырылатын орташа сипаттама, мысалы, флюрограмма, қарқындылық мәндеріндегі жергілікті өзгерістерді жақсы көрсетеді. ауру. Рентгендік кескінді бейнелеудің сандық түріне түрлендіру жағдайында алынған сандық массив сәулелену қарқындылығының берілген жазықтықтағы стохастикалық таралуы болып табылады және ақпаратты статистикалық талдау тұрғысынан диагностикалық есептерді шешу болып табылады. қазірдің өзінде мүмкін. Сандық кескін цифрлық матрица түрінде берілген, бұл сандық жолдар мен бағандар. Кескіндерді көрсету үшін цифрлық матрица көрінетін кескін элементтерінің матрицасына – пиксельдерге айналады. Сандық матрицаның мәнінен кейін әрбір пикселде сұр реңктердің біріне ие болады [34, 35].

Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) – медицинадағы цифрлық кескін және байланыс дегенді білдіретін, яғни DICOM медициналық кескіндерді сақтауға, тасымалдауға, өңдеуге және көрсетуге арналған халықаралық стандарт болып табылады. Бұл стандарт әртүрлі ақпараттық жүйелер, кескін құрылғылары мен медициналық жабдықтар арасында өзара әрекеттесу және медициналық кескіндер алмасуды қамтамасыз ету үшін арнайы әзірленген. DICOM радиологияны, кардиологияны, патологияны, стоматологияны және медициналық кескіндер қолданылатын көптеген басқа салаларды қоса, медициналық кескіндердегі қолданбалардың кең ауқымын қамтиды.

DICOM негізгі компоненттері мен функциялары

Деректер құрылымы. DICOM стандарты медициналық кескіндер мен байланысты ақпарат үшін деректер құрылымын анықтайды. Бұл құрылым пациент идентификаторы, кескін түрі, кескіндеу параметрлері және кескінді түсіндіру және дұрыс пайдалану үшін қажетті басқа деректер сияқты кескіннің мәтін мәнін сипаттайтын метадеректерді қамтиды.

Байланыс хаттамалары. DICOM әртүрлі жүйелер арасында кескіндер мен байланысты ақпарат алмасуға арналған протоколдар жинағын анықтайды. Бұл хаттамалар әртүрлі өткізу қабілеттілігі мен жұмыс жағдайлары бар желілер арқылы сенімді деректерді беруді қамтамасыз етеді.

Қызметтер мен қолданбалар. Стандарт кескіндерді мұрағаттау және жіберу, денсаулық сақтау мекемелеріндегі жұмыс процесін басқару, медициналық кескіндерді сұрау және алу, телемедициналық кеңестер жүргізу әдістері сияқты әртүрлі қызметтер мен қолданбалардың сипаттамаларын қамтиды.

DICOM медициналық кескіндердің негізгі қолданбасы компьютерлік томография (КТ), магнитті-резонанстық томография (МРТ), ультрадыбыстық (УДЗ), сандық рентгенография, позитронды-эмиссиялық томография (ПЭТ) және әртүрлі медициналық бейнелеу әдістерінің көмегімен алынған кескіндерді алмасу, сақтау және мұрағаттау болып табылады.

DICOM электронды медициналық жазбалар, медициналық деректерді басқару жүйелері (PACS - Picture Archiving and Communication Systems) және басқа мамандандырылған жүйелер сияқты әртүрлі медициналық ақпараттық жүйелерді біріктіруде шешуші рөл атқарады. Бұл медициналық кескіндерге және тиісті ақпаратқа бір терезе арқылы қол жеткізуді қамтамасыз етеді, медициналық көмектің сапасын айтарлықтай жақсартады.

DICOM стандартын қолдана отырып, қашықтан диагностика мен кеңес алуға мүмкіндік беретін телемедицина жобалары жүзеге асырылады. Мұндай жағдайларда медициналық кескіндер мен деректер әртүрлі медициналық мекемелер арасында немесе әртүрлі географиялық орындардағы дәрігерлер арасында берілуі мүмкін. DICOM сонымен қатар білім беру және зерттеу мақсатында қолданылады. Стандарт студенттерді оқыту және медициналық зерттеулер үшін медициналық кескіндерді ортақ пайдалануды жеңілдетеді.

DICOM стандарты заманауи медициналық бейнелеу және денсаулық сақтау ақпараттық жүйелерінің негізі болып табылады. Ол медициналық деректермен алмасуда әмбебаптылықты, өзара әрекеттесуді және тиімділікті қамтамасыз етеді, бұл медициналық көмектің сапасын жақсартуға, денсаулық сақтау мекемелеріндегі жұмыс процестерін оңтайландыруға және телемедицина мүмкіндіктерін кеңейтуге көмектеседі.

Бастапқы деректер PACS жүйесінде орналасқан рентгеннен алынған кеуде кескіндері болып табылады. Барлық кескіндер DICOM форматында. Бұл формат көбінесе медициналық кескіндерді сақтау үшін, сондай-ақ оларды медициналық мекемелер арасында беру үшін қолданылады. Кескіннің өзінен басқа, DICOM форматы пациент туралы мәтіндік ақпаратты сақтауға мүмкіндік береді, мысалы, жас, сурет күні, аурудың болуы және т. б.

PACS немесе Picture Archiving and Communication System – медициналық кескіндерді сақтауға, беруге, көруге және талдауға арналған біріктірілген жүйе. Бұл жүйе заманауи медициналық диагностика мен емдеуде маңызды рөл атқарады, денсаулық сақтау орындарында кескінді тиімді басқаруды қамтамасыз етеді.

PACS-тің негізгі мақсаты-дәрігерлер мен басқа да денсаулық сақтау мамандары үшін медициналық кескіндер мен байланысты деректердің қол жетімділігі мен басқарылуын қамтамасыз ету. Оның ерекшеліктері мен функционалдығы туралы толығырақ:

1. Кескінді сақтау: PACS медициналық кескіндердің әртүрлі түрлерін, соның ішінде рентген, КТ, МРТ, ультрадыбыстық және т.б. сақтауға мүмкіндік береді. Бұл кескіндер сандық түрде сақталады және кез келген уақытта көруге және талдауға болады.

2. Деректерді басқару: PACS жүйесі медициналық кескіндер мен байланысты деректерді ыңғайлы басқаруды қамтамасыз етеді. Ол ақпаратты тиімдірек іздеу және қол жеткізу үшін пациенттерге, күндерге, зерттеу түрлеріне және басқа критерийлерге сәйкес кескіндерді ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

3. Деректерді беру: PACS әртүрлі медициналық мекемелер мен мамандар арасында медициналық кескіндер мен байланысты деректерді тасымалдауға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе консультациялар, қайталама пікірлер және медициналық топтарда бірлесіп жұмыс істеу үшін пайдалы.

4. Басқа жүйелермен интеграция: PACS жүйесі электрондық медициналық құжаттама жүйелері (ЭМҚ) сияқты басқа медициналық ақпараттық жүйелермен біріктірілген, бұл деректерді әртүрлі қолданбалар арасында синхрондауға мүмкіндік береді және пациенттерді тексеру және емдеу кезінде ақпаратқа қол жеткізуді жеңілдетеді.

5. Деректер қауіпсіздігі: PACS медициналық кескіндер мен байланысты деректер үшін қауіпсіздіктің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді. Бұл ақпараттың құпиялылығы мен тұтастығын қорғау үшін деректерді шифрлауды, қол жетімділікті басқаруды және пайдаланушы әрекеттерін тексеруді қамтиды.

6. Пайдалану мүмкіндігі: PACS-тің басты артықшылықтарының бірі-оның ыңғайлылығы. Жүйенің интерфейсі әдетте медициналық персонал үшін интуитивті болып табылады, бұл медициналық кескіндерді жүктеу, қарау және талдау процесін жеңілдетеді.

7. Диагностика мен емдеуді жақсарту: медициналық кескіндерге жылдам қол жеткізу және пациенттердің зерттеу нәтижелерін салыстыру мүмкіндігі арқылы PACS дәлірек диагноз қоюға және оңтайлы емдеуді таңдауға ықпал етеді.

8. Шығындарды азайту және тиімділікті арттыру: PACS жүйесін енгізу денсаулық сақтау мекемелеріне дәстүрлі пленкалық радиологиямен байланысты пленка және химиялық шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ақпараттың қолжетімділігі мен алмасуын жақсарту медицина қызметкерлерінің тиімділігін арттыруға әкеледі.

9. Телемедицинаның дамуы: PACS қашықтағы мамандарға медициналық кескіндерге қол жеткізуге және қашықтықтан пациенттерге кеңес беруге мүмкіндік беретін телемедицинаның дамуындағы маңызды элемент болып табылады.

10. Үздіксіз даму және инновация: PACS аймағы диагностика мен медициналық кескіндерді басқаруды жақсарту үшін жасанды интеллект және деректерді талдау сияқты жаңа технологияларды енгізу арқылы үнемі дамып, жетілдірілуде.

Жалпы, PACS заманауи медицинада шешуші рөл атқарады, медициналық кескіндерді тиімді басқаруды қамтамасыз етеді және пациенттерге күтім жасау сапасын жақсартуға ықпал етеді.

Рентгендік кескіндерді цифрлық өңдеу медициналық мамандардың диагностикалық мүмкіндіктерін кеңейтеді, бұл оларға клиникалық нәтижелерді тек жеке тәжірибеге ғана емес, сонымен қатар объективті сандық және сапалық деректерге негіздеуге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл өкпе тінінің құрылымындағы минималды өзгерістерге жоғары сезімталдықты қамтамасыз ете отырып, ақпараттық қанықтылықты жақсартады және салыстыру үшін қосымша пленкалық кескіндерді қажет етпестен дәл диагностиканы жүргізуге мүмкіндік береді. Сандық рентгенографиялық кескіндерді өңдеу әдістері сандық рентгенография арқылы алынған кескіндердің сапасы мен ақпараттылығын жақсартуға бағытталған математикалық және компьютерлік тәсілдердің жиынтығы болып табылады. Бұл әдістердің мақсаты рентгенде көрінген объектілер құрылымдарының көрінісін нақтылау ғана емес, сонымен қатар алынған мәліметтердің әртүрлі аспектілерін тиімді оқшаулау мен талдауды қамтамасыз ету болып табылады.

**1.2 Сандық кескіндерді өңдеу әдістері**

Рентгендік кескіндерді компьютерлік өңдеу заманауи медициналық диагностикада маңызды рөл атқарады, дәрігерлерге дененің ішкі құрылымдарының егжей-тегжейлі визуализациясын қамтамасыз етеді. Кескінді өңдеудегі негізгі құралдардың бірі кескіндегі пиксель қарқындылығының таралуын талдауға мүмкіндік беретін гистограмма болып табылады. Бұл әдіс кескін сапасын жақсарту, сегменттеу және патологиялық өзгерістерді анықтау мүмкіндігін береді. Бұл мақалада гистограмманың көмегімен рентгендік кескіндерді компьютерлік өңдеудің негізгі принциптері мен әдістері, сондай-ақ оның медициналық диагностикада қолданылуы қарастырылады.

Рентгендік кескіндердің гистограммасының негіздері.

Рентгендік кескіннің гистограммасы - кескіндегі пиксель қарқындылығының (немесе сұр деңгейлердің) таралуын көрсететін графикалық кескін. Гистограмманың көлденең осі мүмкін болатын қарқындылық мәндерін көрсетеді, ал тік ось әрбір қарқындылық деңгейі үшін пикселдер санын көрсетеді. Рентгендік суреттерде контраст тіндердің әртүрлі тығыздығына байланысты, гистограмма тіндердің құрылымы мен күйі туралы маңызды мәліметтерді анықтауға көмектеседі.

Рентгендік кескінді өңдеуде гистограмманы қолдану

1. Сурет сапасын жақсарту

‒ гистограмманы теңестіру: жаһандық кескін контрастын жақсартады, әсіресе пайдалы ақпарат ұқсас қарқындылық мәндері арқылы ұсынылғанда. Бұған сұр деңгейлердің ауқымын олар барлық қол жетімді қарқындылық ауқымын алатындай етіп созу арқылы қол жеткізіледі;

‒ жергілікті гистограмманы эквализациялау: кескіннің жергілікті жерлеріндегі контрастты жақсарту үшін пайдаланылады, бұл қараңғы немесе ашық аймақтарда көбірек мәліметтерді ашуға мүмкіндік береді.

2. Кескінді сегменттеу

Рентгендік кескіндерді сегменттеу сүйек, өкпе немесе патологиялық зақымданулар сияқты қызықты аймақтарды бөлектеу үшін маңызды. Гистограммаларды әртүрлі құрылымдарды қарқындылығына қарай бөлетін шектерді анықтау үшін пайдалануға болады.

3. Медициналық құрылғыларды калибрлеу: гистограмманы рентгендік аппараттар немесе ультрадыбыстық сканерлер сияқты медициналық құрылғыларды калибрлеу үшін де пайдалануға болады. Осы құрылғылардың көмегімен алынған кескіндердің гистограммасын талдау арқылы олардың дәлдігі мен жұмыс сапасын бағалауға болады.

4. Патологияларды анықтау

Гистограмманы талдау патологиялық өзгерістерді көрсете алатын әдеттен тыс қарқындылық үлгілерін анықтауға көмектеседі. Мысалы, гистограммада шамадан тыс жарық немесе қараңғы аймақтардың болуы кисталарды, ісіктерді немесе жарықтарды көрсетуі мүмкін.

Өңдеу және талдау әдістері:

1. Кескін сапасын анықтау үшін гистограммалық талдау: Гистограмманың пішіні мен таралуын талдау арқылы кескіннің біркелкілігі мен контрастын бағалауға болады, бұл кейінгі диагностика үшін маңызды.

2. Кескіндерді автоматты түрде түзету үшін гистограммаларды пайдалану: Гистограммаға негізделген алгоритмдер маманның араласуынсыз рентгендік кескіндердің жарықтығы мен контрастын автоматты түрде реттей алады, олардың оқылуын жақсартады.

3. Гистограммаға негізделген сегменттеу алгоритмдері: гистограммалық талдау арқылы орындалатын сегменттеу анатомиялық құрылымдарды немесе патологияларды егжей-тегжейлі зерттеу үшін оқшаулауға мүмкіндік береді.

Рентгендік кескіндерді гистограммаларды қолдану арқылы компьютерлік өңдеу медицина мамандарының қолындағы қуатты құрал болып табылады, ол кескін сапасын жақсартуға ғана емес, сонымен қатар патологиялық өзгерістерді сегменттеу мен анықтаудың тиімді әдістерін ұсынуға мүмкіндік береді. Гистограмманы қолдану медициналық диагностиканың дәлдігі мен сенімділігін арттыруға көмектеседі, бұл сайып келгенде емдеу мен ауруларды басқару сапасын жақсартуға көмектеседі. Осылайша, гистограмманы талдау әдістерін дамыту және тереңдету және оларды рентгендік кескінді өңдеуде қолдану медициналық диагностиканың жаңа перспективаларын ашады, бұл процесті тиімдірек ғана емес, сонымен қатар пациенттердің кең ауқымы үшін қолжетімді етеді [36-39].

Негізгі әдістердің бірі-шуды азайту және кескіндердегі контрастты жақсарту үшін сүзуді қолдану. Рентгендік деректердің ерекшеліктеріне бейімделген сүзгілерді әзірлеу және оңтайландыру кескіндердің диагностикалық құндылығын жақсартуда маңызды рөл атқарады. Басқа әдістерге айқындықты жақсарту алгоритмдерін қолдану, артефактілерге байланысты бұрмалануларды түзету және дәлірек талдау үшін қызығушылық құрылымдарын сегменттеу кіреді [40-43].

Цифрлық рентгенографияны өңдеудің заманауи әдістерінде машиналық оқыту және жасанды интеллект технологиялары маңызды рөл атқарады. Бұл әдістерді қолдану өңдеу процестерін автоматтандыруға мүмкіндік береді, сонымен қатар кескіндердегі құрылымдарды автоматты түрде түсіндіруге және классификациялауға мүмкіндік береді.

Рентгендік кескіндерді цифрлық форматта өңдеу дәрігерлерге диагностиканы тек өз тәжірибесіне ғана емес, сонымен қатар ақпараттың сапалық және сандық параметрлеріне, яғни ақпараттық қабілеттілікке сүйене отырып жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Бұл рентген пленкасында қосымша бақылау кескіндерін қажет етпестен өкпенің тіндік құрылымындағы ең аз өзгерістерді де анықтауға мүмкіндік береді. Кескінді өңдеудің әртүрлі әдістері бар және олардың ең оңтайлысын анықтау үшін әртүрлі рентгенограммалар үшін тиісті эксперименттер жүргізілді.

Медициналық кескіндерді алдын ала өңдеу процесі оларды түзетуді, нақтылауды және тазартуды қамтамасыз етуде орталық болып табылады, бұл сегменттеу, қайта құру және классификациялау операцияларын қоса алғанда, кейінгі терең талдау үшін қажет. Бұл процестің шеңберінде кескін деректерін қолданатын есептеу моделінің күрделілігін төмендетуге ықпал ететін және сонымен бірге тапсырмалардың тиімділігін арттыруға ықпал ететін әртүрлі әдістер мен алгоритмдер қолданылады. Медициналық кескіндерді классификациялау кезеңінде алдын-ала өңдеу ерекше маңызға ие болады, өйткені бұл классификациялау жүйесінің өнімділік көрсеткіштерін жақсартуға тікелей әсер етеді.

Кескінді алдын ала өңдеу медициналық кескіндерді, соның ішінде кеуде қуысының сандық рентгенографиясын өңдеудегі маңызды қадам болып табылады. Бұл маңыздылық бірнеше негізгі факторларға байланысты:

* шуды жою: медициналық кескіндерде электромагниттік кедергілер, түсірілім артефактілері, механикалық бұрмаланулар және т.б. сияқты әртүрлі шу көздері болуы мүмкін. Бұл шуды жою кескін сапасын жақсартуға және диагностиканың дәлдігін жақсартуға көмектеседі;
* контрастты жақсарту: жарықтық пен контрастты түзету арқылы кескіндегі негізгі бөлшектерді айқынырақ етуге болады. Бұл нәзік ауытқулар мен патологияларды анықтау және талдау үшін маңызды;
* құрылымды сегментациялау: алдын ала өңдеу өкпе, жүрек және қабырға сияқты әртүрлі анатомиялық құрылымдарды сегментациялауды (оқшаулауды) қамтуы мүмкін. Бұл егжей-тегжейлі талдау үшін қызығушылық аймақтарын автоматты түрде оқшаулауға көмектеседі;
* белгілерді шығару: пикселдердің өлшемі, пішіні, құрылымы және қарқындылығы сияқты белгілерді алдын ала өңделген кескіндерден алуға болады. Бұл белгілерді диагностикалық және классификациялау алгоритмдерін жасау үшін пайдалануға болады;
* алгоритмдердің өнімділігін жақсарту: тазартылған және түзетілген кескіндер терең оқыту және компьютерлік көру алгоритмдерінің өнімділігін айтарлықтай жақсарта алады, бұл дәрігерлер мен зерттеушілерге деректерді талдауға және түсіндіруге көмектеседі;
* стандарттар мен ережелерді сақтау: алдын ала өңдеу сонымен қатар кескіндерді медициналық стандарттар мен реттеулерге сәйкес түзету мен стандарттауды қамтуы мүмкін, бұл алдыңғы кескіндерді дәл диагностикалау және салыстыру үшін маңызды;
* талдау уақытын қысқарту: алдын ала өңдеу кескіндердің оқылуын жақсартады және дәрігерлерге уақытты үнемдеуге және шешім қабылдау процесін жақсартуға мүмкіндік беретін кескіндерді қолмен түсіндіру қажеттілігін азайтады.

Осы факторлардың барлығы медициналық бейнелеу саласында кескінді өңдеудің маңыздылығын көрсетеді. Өңдеудің бұл кезеңі медициналық кескіндердің сапасын, дәлдігін және интерпретациясын жақсартуда шешуші рөл атқарады, бұл өз кезегінде медициналық диагностика мен емдеудің тиімдірек болуына ықпал етеді.

*VOI LUT әдісі* (Value of Interest, Look-Up Table) ‒ бұл медициналық деректерді визуализациялауды түзету және жақсарту үшін медициналық кескіндерді өңдеуде қолданылатын құралдардың бірі. Ол көбінесе медициналық кескіндер үшін стандартты формат болып табылатын DICOM (Digital Imaging and communications in Medicine) кескіндеріне қолданылады.

Медициналық бейнелеу - бұл клиникалық талдау және медициналық араласу үшін дененің ішкі күйінің көрнекі көріністерін жасау әдісі мен процесі. Ол рентген, компьютерлік томография (КТ), магнитті-резонанстық томография (МРТ) және ультрадыбыстық сияқты әртүрлі әдістерді қамтиды.

Lookup Table (LUT) – сәйкестік кестесіне негізделген кірістерді қажетті нәтижеге түрлендіру үшін қолданылатын әдіс. Медициналық сандық кескіндерінде LUT кескіннің жарықтығы мен контрастын өзгерту үшін қолданыла алады. Бұл DICOM кескіндерін түзетудің көптеген әдістерінің бірі, ол кескінді ең маңызды бөлшектерді көрсететін етіп бейімдеуге мүмкіндік береді. VOI LUT үшін математикалық формула қатаң мағынада жоқ, өйткені VOI LUT тек пиксель мәндерін жаңа мәндерге түрлендіру кестесі болып табылады. Әдетте бұл кесте DICOM файлында сақталған параметрлер негізінде жасалады, мысалы, қарау терезесі (window width) және қарау орталығы (window center). Бұл параметрлер кескінде көрсетілетін пиксель мәндерінің ауқымын анықтайды және оның контрастын және жарықтығын басқарады. Осылайша, VOI LUT формуласы терезе мен көру орталығының параметрлері негізінде пиксель мәндерін түрлендіру үшін қолданылатын алгоритмнің нақты орындалуына байланысты.

VOI LUT құрылымдардың немесе патологиялардың айырмашылығын жақсарту мақсатында кескінді көрсетудің нақты параметрлері үшін қолданылады. Бұл пайдаланушыға диагностикалық талдау үшін ең маңызды болып табылатын пиксель мәндерінің белгілі бір диапазонын (қызығушылық көлемі – VOI) таңдауға және көрсетілген түстердің немесе сұр деңгейлердің шкаласын өзгерту арқылы олардың визуализациясын оңтайландыруға мүмкіндік береді.

VOI LUT қолданылуы:

1. Кескіннің егжей-тегжейін жақсарту: VOI LUT негізгі қолданбасы медициналық кескіндердегі белгілі бір бөлшектердің визуализациясын жақсарту болып табылады. Мысалы, өкпенің рентгендік кескіндерін талдағанда, қоршаған тіндердің визуализациясын азайта отырып, өкпе тінін жақсырақ көру үшін VOI LUT реттеуге болады.

2. Клиникалық қолданбаларға бейімделген: VOI LUT рентгендік сәулелердегі ұсақ сүйек сынықтарын анықтау немесе МРТ және КТ-да ісіктердің визуализациясын және қан кетуді жақсарту сияқты әртүрлі клиникалық қолданбаларға бейімделеді.

3. Әртүрлі патологияларды зерттеу: әртүрлі аурулар мен патологиялар бейнелеуге ерекше көзқарасты қажет етеді. VOI LUT кескіндерді қызығушылық тудыратын патологияларды ең жақсы түрде бейнелейтін етіп реттеуге мүмкіндік береді, бұл әсіресе дәл диагностика мен емдеуді жоспарлау үшін өте маңызды.

4. Білім беру және зерттеу: оқу мақсаттары мен зерттеулер үшін VOI LUT анық, ақпараттандыратын кескіндерді жасау үшін пайдаланылуы мүмкін, бұл оқытуды жеңілдетеді және анатомия мен патологияны егжей-тегжейлі үйренуге мүмкіндік береді.

5. Пайдаланушының баптауы (Custom setup): VOIP LUT пайдаланушыға медициналық кескінді визуализациялауға икемділік береді. Рентгенологтар мен басқа мамандар кескін параметрлерін белгілі бір диагностикалық тапсырманың қалауы мен талаптарына сәйкес реттей алады.

VOI LUT қолдану медициналық бейнелеудің қалай жұмыс істейтінін және қажетті нәтижеге жету үшін қандай параметрлерді реттеуге болатынын түсінуді талап етеді. Маңызды параметрлер - жарықтық, контраст және қызықтыратын пиксель мәндерінің ауқымы. Осы аспектілерді түсіну медициналық кескіндердің сапасы мен ақпараттық мазмұнын жақсарту үшін VOI LUT-ті тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

VOI LUT – медициналық кескіндердің сапасы мен ақпараттық мазмұнын айтарлықтай жақсарта алатын медицина мамандарының қолындағы қуатты құрал. Оны қолдану дәлірек диагноз қоюға, оқу үдерісін жетілдіруге және медицина саласындағы ғылыми зерттеулерге ықпал етеді. VOI LUT икемділігі мен әмбебаптығы оны заманауи медициналық тәжірибеде таптырмас құрал етеді.

Ең алдымен, DICOM кескіндерінде емделуші туралы ақпарат, кескін метадеректері және кескін параметрлерін қоса, арнайы сипаттамалар сияқты әртүрлі қосымша деректер болуы мүмкін екенін түсіну маңызды. Бұл параметрлер жабдық түріне, өндірушіге және басқа факторларға байланысты өзгеруі мүмкін.

VOI LUT қызығушылық мән аймақтарына сәйкес пиксель мәндерінің дисплейін реттеу үшін кескіндерге қолданылады. Бұл қандай да бір функцияның көмегімен кескіндегі пиксель мәндерін жаңа мәндерге түрлендіретін кесте. Бұл кескіннің контрастын және анықтығын жақсартып, маңызды құрылымдарды немесе тіндерді медицина мамандарына көбірек көрсетеді.

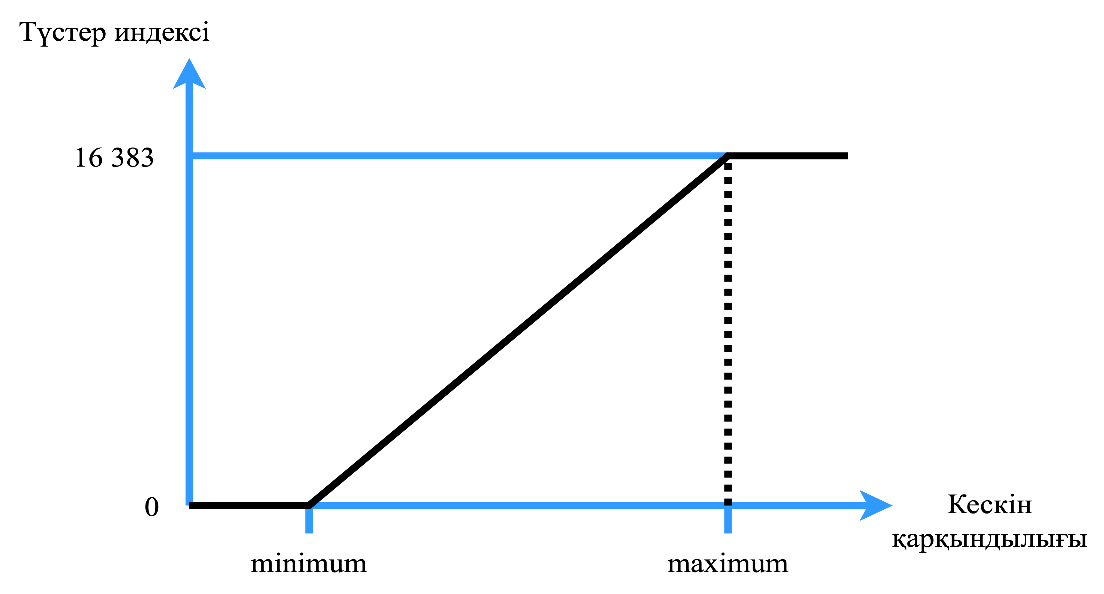
VOI LUT қолдану процесі әдетте келесі қадамдарды қамтиды:

1. DICOM файлынан кескін параметрлерін оқу: DICOM файлының тақырыбынан пиксель мәндерінің аралықтары (pixel values), дисплей терезесі (window width) және дисплей деңгейі (window center) сияқты кескін параметрлерін шығару.

2. Кескінге VOI LUT қолдану: VOI LUT параметрлеріне негізделген пиксель мәндерін түрлендіру. Бұл кескіндегі қызығушылық аймақтарын немесе құрылымдарды бөлектеу үшін жарықтық пен контрастты реттеуді қамтуы мүмкін.

3. Түзетілген кескінді көрсету: алынған кескін медициналық мамандардың кейінгі талдауы мен түсіндіруі үшін көрсетіледі немесе сақталады.

VOI LUT – бұл кескіндердің сапасын жақсартуға және медициналық деректерді талдау мен түсіндіруге қол жетімді етуге көмектесетін медициналық бейнелеудің маңызды құралы. Ол оңтайлы кескін сапасына қол жеткізу үшін кескінді өңдеудің басқа әдістерімен, мысалы, контрастты қалыпқа келтіру және жақсарту үшін жиі қолданылады.



Сурет 1 – DICOM кескіндерінің контрастын реттеуге арналған сызықтық VOI LUT графигі

1-суретте, 0-ден 255-ке дейінгі диапазондағы кескін қарқындылығы (Image Intensity) мен түс индексі (Colour Index) арасындағы қатынасты бейнелейтін диаграмма көрсетілген. Мұндай диаграмма DICOM форматындағы медициналық кескіндерге қалай қолданылатынын сипаттау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Медициналық көрсетілімде VOI LUT ‒ бұл кескіндердің контрастын және жарықтығын түзету үшін қолданылатын әдіс. Ол терезенің ені (window ені) және терезенің ортасы (window орталығы) сияқты параметрлерді пайдаланып, қандай пиксель мәндерін көрсету керектігін және олардың жиынтық кескіндегі визуализация қарқындылығымен қалай салыстырылатындығын анықтайды. Диаграмма «минимумнан» төмен немесе «максимумнан» жоғары кескіннің қарқындылық мәндері сәйкесінше таза қара немесе таза ақ болып көрінетінін көрсетеді. Осы екі нүктенің арасындағы мәндер сұр градация сызығындағы орналасуына байланысты аралық сұр реңктерде көрсетіледі.

VOI LUT-ге қолданылғанда, графиктегі шкала қара және ақ ұштары қызығушылық мәндерінің диапазонының (VOI) ең төменгі және максималды шектеріне сәйкес келетін пикселдер қарқындылығы мәндерінің түрленуін көрсете алады. Минималдыдан максимумға өту - бұл белгілі бір құрылымдардың немесе медициналық кескіндердегі ауытқулардың көрінуін жақсарту үшін реттеуге болатын пиксель мәндерінің сызықтық түрлендіруі.

Осылайша, бұл графикті VOI LUT қалай жұмыс істейтінін көрнекі бейнелеу ретінде пайдалануға болады, мұнда көру терезесі мен көру порты орталығының параметрлері қызығушылық ауқымына қай қарқындылық деңгейлері қосылатынын және сәйкес VOI LUT қолданылғаннан кейін олардың қалай көрсетілетінін анықтайды [44-46].

Пиксель қарқындылығын қалыпқа келтіру - кескінді кейінгі талдауға және өңдеуге айтарлықтай әсер ететін цифрлық кескінді өңдеудегі іргелі операция. Бұл процесс кескіннің пиксель қарқындылығы ауқымын берілген стандартқа дейін масштабтауды қамтиды, ол кескін сапасын жақсартады және сегменттеу, классификациялау және визуализация сияқты тапсырмаларды жеңілдетеді. Нормалау сонымен қатар суретке түсіру кезінде пайда болуы мүмкін жарықтандыру мен контрасттағы айырмашылықтарды жоюда маңызды рөл атқарады. Диссертациялық жұмыста пиксель қарқындылығын қалыпқа келтірудің принциптері мен әдістері, сондай-ақ оның кескінді өңдеудің әртүрлі салаларында қолданылуы мен маңыздылығы қарастырылады. Пиксель қарқындылығын қалыпқа келтіру пиксел қарқындылығы мәндерін реттеуге негізделген, осылайша олардың таралуы қажетті мәндер ауқымын қамтиды, әдетте 8 биттік кескіндер үшін [0, 255].

Нормалау әдістері:

1. Сызықты қалыпқа келтіру - ең қарапайым және кеңінен қолданылатын әдіс, онда пиксел қарқындылығы мәндері барлық қол жетімді қарқындылық ауқымын біркелкі толтыру үшін масштабталады.

2. Гистограмманы эквализациялау – интенсивтіліктің таралуын мәндердің барлық ауқымында біркелкі болатындай етіп түрлендіру арқылы кескіндердің ғаламдық контрастын арттыруға бағытталған әдіс. Бұл әдіс әсіресе контрасты нашар кескіндер үшін тиімді.

3. Бейімделетін гистограмма эквализациялау — жергілікті аймақтарда жоғарырақ мәліметтер деңгейіне қол жеткізуге мүмкіндік беретін кескіннің әртүрлі аймақтарына жергілікті контрастты түзетуді қолданатын гистограмманы теңестіруді жақсарту.

4. Машиналық оқыту әдістерін қолдану арқылы қалыпқа келтіру – үлкен деректер жинағынан оқыту негізінде қарқындылықты адаптивті қалыпқа келтіру үшін машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалану. Бұл тәсіл деректердің спецификалық ерекшеліктерін ескеруге және дәлірек қалыпқа келтіру нәтижелеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді [47-50].

Пиксель қарқындылығын қалыпқа келтіру кескінді өңдеудің көптеген салаларында қолданбаларға ие:

‒ медициналық бейнелеу (визуализациялау) – дәлірек диагноз қою үшін МРТ, КТ, рентгендік суреттердің сапасын жақсарту;

‒ спутниктік кескінді өңдеу – атмосфералық жағдайлар мен түсіру бұрышынан туындаған жарықтандыру мен контрасттағы айырмашылықтарды түзету;

‒ биометрия – сәйкестендіру дәлдігін жақсарту үшін саусақ ізінің, иристің (радужки глаз) және бет кескінінің сапасын жақсарту;

‒ компьютерлік көру және машиналық оқыту – жарықтандыру мен контраст өзгерістерінің әсерін азайту маңызды болатын терең оқыту үлгілерін үйрету үшін кескіндерді дайындау.

Пиксель қарқындылығын қалыпқа келтіру кескінді алдын ала өңдеуде маңызды рөл атқарады, жақсартылған деректер сапасы мен біркелкілігін қамтамасыз етеді, бұл төменгі ағындағы кескінді өңдеу және деректерді талдау нәтижесінің кілті болып табылады. Әртүрлі қалыпқа келтіру әдістерін қолдану әртүрлі қолданбалы салаларда кескінді өңдеу және талдау тиімділігін айтарлықтай арттыра отырып, процесті нақты тапсырмалар мен кескіндердің түрлеріне бейімдеуге мүмкіндік береді [51-54].

*Қажет болған жағдайда кескіндерді инверсиялау.*Рентгенографиялық кескіннің инверсиясы әртүрлі клиникалық сценарийлерде қолданылуы мүмкін медициналық бейнелеу саласындағы маңызды операция болып табылады. Бұл процесс рентгендік суреттерде көрсетілген құрылымдар мен тіндердің анық түсіндірілуі мен талдауын қамтамасыз ету үшін кескіндегі пикселдердің түсі мен жарықтығын өзгертуді қамтиды. Бұл диссертациялық жұмыста радиографиялық кескінді инверсиялау принциптері мен әдістері, оларды медициналық диагностикада қолдану және мүмкін болатын практикалық сценарийлер қарастырылды.

*Рентгенографиялық кескінді инверсиялаудың негізгі принциптері.*Рентгенографиялық кескіндердің инверсиясы кескіндерді көрсету үшін пайдаланылатын жарықтық пен түс палитрасының өзгеруіне негізделген. Бұл процестің негізгі принциптері мыналарды қамтиды:

1. Жарықтықты өзгерту: инверсияға пикселдердің жарықтық мәндерін инверсиялау арқылы қол жеткізуге болады, бұл кескіннің сұр шкалаға кері бағытта пайда болуына әкеледі.

2. Түс палитрасын өзгерту: Түс палитрасын өзгерту, мысалы, қара-ақ және ақ-қара дисплей арасында ауысу, кескінде құрылымдар мен тіндерді көбірек көрінетін инверсияға қол жеткізу үшін де пайдаланылуы мүмкін.

3. Диагностикалық тапсырмалардың сипаттамаларын ескере отырып: Рентгенографиялық кескіндерді инверттеу кезінде диагностикалық тапсырмалардың ерекше сипаттамаларын және нақты құрылымдар мен патологияларды визуализациялау қажеттіліктерін ескеру де маңызды.

Рентгенографиялық кескіннің инверсиясын қолдану:

1. Жақсартылған контраст және тіндердің визуализациясы: инверсияны рентгендік кескіндердегі әртүрлі тіндер мен құрылымдар арасындағы контрастты жақсарту үшін пайдалануға болады, бұл кескіндерді визуализациялауды және түсіндіруді жеңілдетеді.

2. Патологияларды анықтау: Инверсия сонымен қатар зақымдалған аймақтардың визуализациясын жақсарту және кескіндегі олардың контрастын жақсарту арқылы ісік, сынықтар немесе кисталар сияқты патологияларды анықтауға көмектеседі.

3. Диагностикалық стоматологиялық рентгенограммалар: Стоматологияда радиографиялық кескіндердің инверсиясы тістер мен тіс түбірлерін айқынырақ бейнелеу үшін пайдаланылуы мүмкін, бұл тіс эмальының, қызыл иектің және түбір өзектерінің күйін анықтауға көмектеседі.

4. Артефакттарды түзету: Инверсияны рентгендік кескіндердегі металл артефактілер немесе шашырау әсерлері сияқты артефакттарды түзету үшін де қолдануға болады, бұл кескін сапасын жақсартуға және интерпретацияны дәлірек етуге көмектеседі.

Практикалық қолдану сценарийлері:

1. Медициналық диагностика: Рентгенографиялық кескіндерді инверсиялау әртүрлі аурулар мен жарақаттық жарақаттардың диагностикасын жақсартуда пайдалы болуы мүмкін.

2. Білім беру: Білім беру мақсатында инверсияны медициналық және стоматологиялық студенттерге рентген сәулелерін түсіндіруге үйрету үшін пайдалануға болады.

3. Ғылыми зерттеулер: Ғылыми зерттеулерде инверсия рентгендік кескіндердегі құрылымдар мен патологияларды дәлірек талдауға көмектеседі.

Рентгенографиялық кескіннің инверсиясы медициналық диагностикада, білім беруде және зерттеуде маңызды құрал болып табылады, ол жақсартылған визуализация мен кескін интерпретациясын қамтамасыз етеді. Инверсияның принциптері мен әдістерін түсіну, сондай-ақ оны практикалық сценарийлерде қолдану пациенттерді тиімді диагностикалауға және емдеуге, сондай-ақ медициналық бейнелеу саласындағы ғылыми зерттеулерді ілгерілетуге ықпал етеді [55-58].

**1.3 Сандық кеуде қуысы кескіндерін классификациялаудың дәстүрлі және инновациялық әдістері**

## Кеуде қуысының цифрлық кескіндерін классификациялау өкпе қатерлі ісігінің медициналық диагностикасы саласындағы негізгі элемент болып табылады. Тиімді классификациялау ісіктердің әртүрлі түрлерін, ауытқуларды және өкпе тіндеріндегі басқа өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді, бұл ауруларды ерте анықтауға және тиімді емдеуді жеңілдетеді. Диссертациялық жұмыста сандық кеуде кескіндерін классификациялаудың дәстүрлі және инновациялық әдістері, олардың ерекшеліктері, артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылады [59-62].

## Дәстүрлі классификациялау әдістері:

## 1. Белгілерге негізделген әдістер: бұл әдістер кеуде кескіндерінің пішіні, құрылымы, контуры және т.б. сияқты сипаттамалық белгілерін алуды қамтиды. Содан кейін осы белгілерге негізделген кескіндерді әртүрлі санаттарға бөлу үшін жақын көршілер әдісі немесе тірек векторлар әдісі сияқты классификациялау әдістері қолданылады.

## 2. Модельге негізделген әдістер: бұл жағдайда статистикалық модельдер қолданылады, мысалы, Байес желілері немесе жасырын Марков модельдері, олар берілген сипаттамаларға сүйене отырып, кеуде кескіндерінің класын болжау үшін үлкен мәліметтер жиынтығында оқытылады.

## 3. Ансамбльге негізделген әдістер: кездейсоқ орман немесе градиентті күшейту сияқты ансамбль әдістері классификация өнімділігін жақсарту және деректердегі шуылға төзімділікті арттыру үшін бірнеше негізгі үлгілердің нәтижелерін біріктіреді.

## Классификациялаудың инновациялық әдістері:

## 1. Терең оқыту: конволюционды нейрондық желілер (CNN) сияқты терең нейрондық желілер сандық кеуде кескіндерін классификациялауда айтарлықтай прогреске қол жеткізді. Бұл әдістер алдын ала мүмкіндіктерді алуды қажет етпестен үлкен деректер жиындарында оқытылады және кескіндерден иерархиялық мүмкіндіктерді автоматты түрде шығарады [63-65].

## 2. Сегментация және классификация: бұл әдіс ісіктер сияқты қызығушылық тудыратын жекелеген аймақтарды оқшаулау үшін кеуде қуысының кескіндерін сегменттеуді, содан кейін осы аймақтардың әрқайсысын сипаттамаларына сәйкес классификациялауды қамтиды. Бұл классификация дәлдігін жақсартады және кеуде қуысы тінінің гетерогенділігін есепке алады.

## 3. Аномалияларды анықтауға арналған терең оқытуға негізделген әдістер: бұл әдістер аурулардың болуын көрсетуі мүмкін кеуде қуысы кескіндеріндегі қалыптан тыс аймақтарды немесе құрылымдарды анықтауға бағытталған. Олар бақылаусыз оқыту үшін автокодерлер немесе генеративті қарсылас желілер (GANs) сияқты терең оқыту архитектурасын пайдаланады [66-70].

## Дәстүрлі және инновациялық әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері. Дәстүрлі классификация әдістері салыстырмалы қарапайымдылық және нәтижелердің түсіндірмелілігі сияқты артықшылықтарға ие, бірақ олар деректердің үлкен көлемін және күрделі кескін құрылымдарын өңдеуде тиімділігі төмен болуы мүмкін. Екінші жағынан, терең оқытуға негізделген инновациялық әдістер жоғары классификация дәлдігіне ие және күрделі кескін құрылымдарын өңдей алады, бірақ оқу деректерінің үлкен көлемін талап етеді және түсіндірмесі аз болуы мүмкін.

## Кеуде қуысының цифрлық кескіндерін классификациядың дәстүрлі және инновациялық әдістерінің өзіндік бірегей артықшылықтары мен кемшіліктері бар және нақты тапсырма мен қолда бар ресурстарға байланысты әртүрлі клиникалық сценарийлерде тиімді пайдаланылуы мүмкін. Әрбір әдістің ерекшеліктерін түсіну нақты классификация тапсырмасы үшін ең қолайлы тәсілді таңдауға және кеуде қуысы ауруларын диагностикалау мен емдеудің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді [71-75].

**1.4 Дәстүрлі және инновациялық классификация әдістерін бағалау**

Медициналық кескіндерге негізделген өкпе патологияларының классификациялануы тыныс алу органдарының ауруларын диагностикалау мен емдеуде маңызды рөл атқарады. Сандық кескіндерді өңдеу және машиналық оқыту технологияларының дамуы диагностикалық процедуралардың дәлдігі мен тиімділігін арттыру үшін жаңа мүмкіндіктер ашты. Бұл диссертациялық жұмыста өкпенің медициналық кескіндерін классификациялаудың дәстүрлі және инновациялық әдістерінің салыстырмалы талдауы, олардың негізгі принциптері, артықшылықтары, кемшіліктері, сондай-ақ өкпе патологиясын диагностикалаудың тиімділігі қарастырылған [76-79].

Дәстүрлі медициналық кескіндерді классификациялау әдістеріне текстураны талдау, геометриялық мүмкіндіктерді шығару және машиналық оқыту әдістері, соның ішінде логистикалық регрессия, шешім ағаштары және тірек векторлық машиналары (SVM) сияқты әртүрлі тәсілдер кіреді. Бұл әдістер кескіндерден сипаттамалық белгілерді алдын ала таңдауды және алуды талап етеді, содан кейін олар классификаторды үйрету үшін қолданылады. Дәстүрлі әдістердің артықшылығы олардың түсіндірмелілігі мен салыстырмалы түрде жүзеге асырылуында. Дегенмен, бұл әдістердің тиімділігі көбінесе таңдалған мүмкіндіктердің сапасы мен өзектілігіне байланысты. Өкпе патологиясы жағдайында дәстүрлі әдістердің дәлдігі рентгенограммадағы патологиялық өзгерістердің пайда болуының жоғары өзгергіштігіне байланысты шектелуі мүмкін [80, 81].

Конволюционды нейрондық желілер (CNN) және басқа да терең оқыту архитектуралары сияқты инновациялық әдістер медициналық кескінді классификациялаудың озық тәсілдерін білдіреді. Терең оқытудың басты артықшылығы оның деректерден мүмкіндіктерді автоматты түрде алу мүмкіндігі болып табылады, бұл дәстүрлі әдістерге түсінікті емес күрделі заңдылықтарды ашуға мүмкіндік береді. Конволюционды нейрондық желілер, атап айтқанда, мүмкіндіктерді терең шығару және кескіндердегі кеңістіктік қатынастарды есепке алу қабілетіне байланысты кескіндерді классификациялау тапсырмаларында тиімділігін дәлелдеді. Өкпе патологиясын диагностикалау аясында CNN және басқа терең оқыту әдістері пневмония, туберкулез, өкпе ісіктері және басқа да аномалиялар сияқты жағдайларды анықтауда жоғары дәлдік көрсетті [82-86].

Салыстырмалы өнімділікті талдау. Дәстүрлі және инновациялық классификациялау әдістерін салыстыру олардың тиімділігінде айтарлықтай айырмашылықтарды көрсетеді. Зерттеулер көрсеткендей, терең оқыту, әсіресе CNN қолданатын әдістер, әдетте классификация дәлдігі бойынша дәстүрлі тәсілдерден асып түседі. Бұл олардың үлкен көлемдегі деректерді өңдеу және күрделі функцияларды шығару қабілетіне байланысты, бұл әсіресе өкпе кескіндерін талдау кезінде маңызды, мұнда патологиялар көптеген әртүрлі көріністерге ие болуы мүмкін. Дегенмен, терең оқытуды пайдалану белгілі бір кемшіліктермен, соның ішінде есептеу ресурстарына қойылатын жоғары талаптармен және нәтижелерді түсіндірудегі қиындықтармен байланысты. Сонымен қатар, CNN табысты қолдану деректерге қол жеткізу шектеулеріне және құпия емдеу қажеттілігіне байланысты медициналық салада проблемалық болуы мүмкін аннотацияланған деректердің үлкен көлемін талап етеді.

Медициналық кескіндер негізінде өкпе патологиясын классификациялаудың дәстүрлі және инновациялық әдістерін салыстырмалы талдау дәстүрлі әдістердің түсіндіру және енгізудің қарапайымдылығы сияқты белгілі бір артықшылықтарына қарамастан, инновациялық терең оқыту әдістері айтарлықтай жоғары дәлдік пен тиімділікті ұсынады. Айта кету керек, әдісті таңдау диагностикалық тапсырманың нақты мақсаттары мен шарттарына, сондай-ақ деректер мен есептеу ресурстарының қолжетімділігіне негізделуі керек. Болашақта терең оқыту алгоритмдерін жетілдіру және оларды түсіндірудің жаңа тәсілдерін дамыту өкпе патологиясын диагностикалау мүмкіндігін одан әрі жақсартуы мүмкін [87-91].

**Бірінші бөлім бойынша қорытынды**

Қорытындылай келгенде іздену жұмысы барысында рентгендік кескіндерді зерттеп, оны өңдеу мен дәстүрлі және инновациялық әдістермен классификациялау қарастырылды. Дәстүрлі және инновациялық терең оқытудың классификациялау әдістері бағаланды. Олардың нәтижелерін кеуде патологиясын диагностикалаудағы тиімділігін анықтау үшін дәлдік, сезімталдық және ерекшелік сияқты әртүрлі өнімділік көрсеткіштері талданды.

Жалпы алғанда, бұл тарау кеуде қуысының цифрлық кескінін зерттеу мен өңдеу және классификациялау туралы терең түсінік алуға, сондай-ақ патологияны диагностикалаудың дәлдігі мен тиімділігін арттыру үшін инновациялық терең оқыту әдістерінің әлеуетін көрсетуге мүмкіндік берді. Осы саладағы әрі қарай зерттеулер дәлірек және автоматтандырылған диагностикалық жүйелерді дамытуға әкелуі мүмкін, бұл медициналық тәжірибеде нәтижелерді жақсартуға әкелуі мүмкін.

**2 РЕНТГЕН КЕСКІНДЕРДЕГІ НЕГІЗІНДЕГІ ӨКПЕ ПАТОЛОГИЯСЫН ДИАГНОСТИКАЛАУДАҒЫ ФРАКТАЛДЫҚ ТАЛДАУ**

**2.1 Медициналық кескіндерден фракталдық сипаттамаларды алу әдістері**

## Кеуде қуысының рентгенограммасында патологияларды анықтау алгоритмін қолдану. Бағдарлама Python тілінде жүзеге асырылды. 1-кескіндегі алгоритм бойынша жүргізілген зерттеу жұмысы мәліметтер қоры кескіндерінің патологиясын анықтауға бағытталған. Есептеу барысында www.kaggle.com ашық деректер қорынан алынған рентген кескіндер қарастырылды. Жұмыс барысында бастапқы кескіндер өңделді, яғни зерттеу үшін бастапқы кескіндегі өкпенің таңдалған аймағы таңдалып, контраст күшейтілді (2а, 2ә-сурет).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| а | ә |

## Сурет 2 ‒ а) Түпнұсқаның өңделген кескіні, ә) алдын ала өңдеуден кейін контраст күшейтілді

## Әрбір суретте «аномальды» текстуралық аймақтары және олардың пайызы анықталды (3-сурет).

|  |
| --- |
| а |
|  |
|  |
| ә |

## Сурет 3 ‒ а) Контрастты күшейтілген кескінді кластерлеу нәтижесі, ә) өкпені кластерлеу нәтижесінің пайызы

## Автокорреляция функциясының өңдеу деректері мен рентгенологтардың қорытындыларының деректерін салыстыру кезінде бағдарлама мен дәрігерлердің нәтижелері толығымен сәйкес келетіні анықталды. Алынған нәтижелер қолданылатын әдістің жоғары диагностикалық дәлдігін, сондай-ақ радиологтың жұмысын автоматтандыру әдісін қолдану мүмкіндігін көрсетеді. Математикалық әдісті цифрлық кескінді өңдеуде матрица ретінде медициналық кескіндерге терең қолдану қарастырылды.

## Зерттеу барысында ашық деректер базасынан 20 рентген суреті «норма» ретінде, ал кеуде қуысы патологиялары бар 20 рентген суреті қарастырылды. Оларға автокорреляция функциясы қолданылды және олардың мәндерінің нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

## Кесте 1 ‒ Автокорреляция функциясы мен k-орташа әдісін қолдану нәтижелерінің мағынасы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Кескіндердің атауы | Автокорреляциялық функция әдісі | K- орташа мәндер әдісі |
| 1 | 2 | 3 |
| Normal-57.png | 9 | 22 |
| person76\_bacteria\_371.jpeg | 21 | 8 |
| Normal-61.png | 15 | 18 |
| person77\_bacteria\_377.jpeg | 20 | 9 |
| Normal-62.png | 10 | 9 |
| person80\_virus\_150.jpeg | 25 | 12 |
| Normal-64.png | 17 | 16 |
| person82\_virus\_154.jpeg | 23 | 21 |
| Normal-65.png | 14 | 20 |
| person83\_virus\_156.jpeg | 21 | 20 |
| Normal-69.png | 13 | 21 |
| person88\_virus\_163.jpeg | 19 | 20 |
| Normal-72.png | 15 | 16 |
| person88\_virus\_165.jpeg | 30 | 15 |
| Normal-74.png | 13 | 21 |
| person89\_virus\_168.jpeg | 22 | 17 |
| Normal-76.png | 13 | 21 |
| person95\_virus\_177.jpeg | 19 | 17 |
| Normal-78.png | 18 | 17 |
| person96\_virus\_178.jpeg | 25 | 18 |
| Normal-80.png | 13 | 17 |
| Normal-81.png | 13 | 4 |
| person97\_virus\_181.jpeg | 22 | 15 |
| person98\_virus\_182.jpeg | 23 | 16 |
| person99\_virus\_183.jpeg | 21 | 17 |
| Normal-86.png | 11 | 24 |
| person100\_virus\_184.jpeg | 20 | 13 |
| Normal-87.png | 17 | 10 |
| Normal-91.png | 12 | 16 |
| person102\_virus\_189.jpeg | 19 | 18 |
| person105\_virus\_192.jpeg | 27 | 23 |
| person106\_virus\_194.jpeg | 21 | 8 |
| 1-кестенің жалғасы | | |
| 1 | 2 | 3 |
| person106\_virus\_195.jpeg | 21 | 13 |
| Normal-91.png | 15 | 13 |
| Normal-91.png | 9 | 21 |
| person107\_virus\_196.jpeg | 23 | 19 |
| Normal-91.png | 13 | 12 |
| Normal-91.png | 15 | 16 |
| Normal-91.png | 10 | 10 |
| person109\_virus\_197.jpeg | 22 | 12 |

## Автокорреляциялық функция әдісінің тиімділігін көру үшін *k*-орталар әдісі қарастырылды, оның графигі төменде көрсетілген (4-сурет).

## Сурет 4 ‒ *К*-орташа әдісін қолдану нәтижесі

## Төменде кеуде қуысының қалыпты жағдайының ауытқуының және автокорреляциялық функциялар әдісін қолдану нәтижесінде патологияның пайда болуының графигі берілген (5-сурет).

## Сурет 5 – Норма мен патологияның автокорреляциялық функциясының пайыздық ауытқу мәндерінің графигі

## 5-суретте көрсетілгендей, норма мен патологияның пайызы айтарлықтай айырмашылыққа ие, бұл норма мен патологияның нәтижесін анықтау шекарасын орнатуға сенімділіктің жоғары дәрежесіне мүмкіндік береді. Зерттеулер көрсеткендей, бұл шектеу 18% шамасында жатыр. Осы шектен жоғары нәтижелер патологиясы бар кескіндерге сілтеме жасау ықтималдығы жоғары. Өкпе патологиясын анықтауда қолданылатын автокорреляциялық функцияның тиімділігін тексеру үшін k-means әдісі арқылы эксперименттер жүргізілді. Алынған мәндерге сүйене отырып, k-means әдісі 20 патологиялық суреттің 10 суретін қалыпты, яғни 44% және 20 сау өкпенің 14 суретін патологиялық деп қате анықтады, яғни 60%. Автокорреляция функциясын қолданғаннан кейінгі нәтижеден 20 патологиялық кескіндер үшін 99% және қалыпты кескіндер үшін 100% дәлдік көрсетті.

## Рентгенограммаларды алдын ала сегменттеу алгоритмдері мен автокорреляциялық функцияларды қолдануға негізделген әдістер патологияны тану дәлдігіне шамамен 98% жетуге мүмкіндік береді. Бұл дәлдік шағын жаттығулар жиынтығымен анықталады, сондықтан алдағы жұмыста рентгенограммалардың көбірек санына дифференциациялау жоспарлануда және нейрондық желі реттеледі. Осылайша, болашақта бұл әдіс ауруларды диагностикалау процесін жылдамдатады және қайталанатын зерттеулердің үлесін азайтады. Сипатталған зерттеу әдісін тексеру үшін 40 флюорографиялық сурет таңдалды. Кескіндердің бір жартысында пневмонияға байланысты әртүрлі патологиялар болды, ал қалған жартысы сау өкпенің кескіндері болды.

Медициналық кескіндердің фракталдық талдауы көптеген биологиялық тіндерде кездесетін күрделі құрылымдар мен текстураларды зерттейтін медицина мен информатиканың озық саласы болып табылады. Соңғы онжылдықтарда медициналық кескіндерден, әсіресе кеуде қуысының рентгенографиясынан фракталдық белгілерді алуға қызығушылық айтарлықтай өсті. Бұл фракталдық талдаудың адам көзіне әрдайым көрінбейтін үлгілерді ашудағы бірегей қабілетіне немесе кескінді өңдеудің дәстүрлі әдістеріне байланысты.

Фракталды белгілерді анықтау әдістеріне шолу

*Қорапты санау әдісі (Box-Counting)***.** Қорапты бағалау әдісі фракталдық өлшемді анықтаудың ең көп қолданылатын әдістерінің бірі болып табылады. Процесс кескінді әртүрлі өлшемдегі блоктар торымен жабуды және фракталдық нысанды жабу үшін қажетті блоктар санын есептеуді қамтиды. Жәшіктердің өлшемін өзгерту кезінде фракталдық өлшем жәшіктердің өлшемі мен олардың саны арасындағы қос логарифмдік масштабтағы сызықтың көлбеуі ретінде есептеледі. Бұл әдіс рентгенограммалардағы құрылымдардың күрделілігін талдауға мүмкіндік береді, бұл өкпе фиброзы сияқты ауруларды диагностикалауға көмектеседі.

*Дифференциалдық қорапты санау әдісі (Differential Box-Counting).* Дифференциалды қорап әдісі дәстүрлі қорапты есептеуді жақсарту болып табылады және фракталдық өлшемді өлшеудің дәлдігін жақсартуға арналған. Бұл әдіс әр блоктағы пикселдердің биіктігі бойынша таралуын ескереді, бұл кескіннің текстуралық және құрылымдық ерекшеліктерін дәлірек талдауға мүмкіндік береді.

*Спектрлік фракталдық өлшем әдісі*. Бұл әдіс текстуралық кескіндерді талдау үшін Фурье түрлендіруін пайдаланады. Спектрлік фракталдық өлшем кескіннің қуат спектрі арқылы анықталады, бұл әртүрлі масштабтағы фракталдық сипаттамаларды анықтауға мүмкіндік береді. Кеуде қуысының рентгенографиясында бұл әдісті қолдану ерте кезеңдерде әртүрлі өкпе патологияларымен байланысты өзгерістерді анықтауға көмектеседі.

*Масштабтау әдісі (Scaling Method)* ‒ айнымалыларды мәндер ауқымын біріктіру үшін түрлендіруге бағытталған деректерді талдау әдісі. Бұл әдіс оның интерпретациясын жақсарту және талдауға әртүрлі айнымалылардың әсерінің дәйектілігін қамтамасыз ету үшін деректерді стандарттау немесе қалыпқа келтіру үшін қолданылады.

Масштабтаудың кең таралған тәсілдерінің бірі айнымалының әрбір мәнін оның орташа мәні 0 және стандартты ауытқуы 1 болатындай түрлендіруді қамтитын стандарттау болып табылады. Бұл әр мәннен айнымалының орташа мәнін алып тастау және стандартты ауытқуға бөлу арқылы жүзеге асырылады. Бұл тәсіл айнымалы мәндердің өлшем бірліктері немесе масштабтары әртүрлі болғанда және сенімдірек салыстыру үшін оларды ортақ пішімге келтіргіңіз келгенде пайдалы.

*Нормалау* - айнымалы мәндерді 0-ден 1-ге дейінгі диапазонға азайтатын масштабтаудың басқа түрі. Бұл әдіс абсолютті мәндерден гөрі айнымалылардың салыстырмалы мәндері маңызды болатын деректерді талдау кезінде әсіресе пайдалы. Нормалауды айнымалының ең аз мәнін шегеріп, ең үлкен және ең аз мәндер арасындағы айырмашылыққа бөлу арқылы жасауға болады.

Масштабтау әдісі көптеген машиналық оқыту алгоритмдерінің шешуші рөл атқарады, мұнда айнымалылар масштабына сезімталдық модельді оқыту процесіне айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Масштабтау сонымен қатар регрессиялық модельдердегі коэффициенттерді интерпретациялауды жақсартады, оларды салыстырмалы етеді.

Масштабтау әдісін тиімді қолдану деректер мен мәселенің сипаттамаларын мұқият талдауды, сонымен қатар масштабтау жүргізілетін нақты әдістің сипаттамаларын ескеруді талап етеді.

Маңызды симметриялардың бірі – масштабтар өзгерген кездегі табиғат заңдарының өзгермейтіндігі. Ол өзіне ұқсас (фракталдар: бір тұқымдық объектінің белгілі бір санға ұлғаюы) немесе өзіндік аффинді (мультифракталдар: масштабтардың тұтас спектрі бар - құрылым иерархиясы және жүріп жатқан процестер) объектілердің болуына әкеледі: кристалдар мен дендриттер, снежинкалар мен найзағайлар және т.б. Масштабтау инварианттылығын бұзу өзіндік ұқсас фигуралардың негізгі құрамдас бөліктерінің салыстырылмауына және динамикалық жүйелерде детерминирленген хаосқа әкеледі. Ешбір нүктеде дифференциалданбайтын функциялармен сипатталатын сызықтарды өлшеу (мысалы, Вейерштрасс функциясы) әртүрлі ұзындықтағы сызық сегменттері арқылы өлшем ұғымының өзгеруіне әкеледі, ол Хаусдорф пен Бесиковичке дейін тек бүтін сан болуы мүмкін еді. Хаусдорф-Бесикович өлшемін қолдану Б.Мандельбротқа топологиялық өлшемі Хаусдорф-Бесикович өлшемінен қатаң түрде аз болатын геометриялық фигуралардың жаңа класын (фракталдар мен мультифракталдар) анықтауға мүмкіндік берді.

Фракталдарды құрастыру берілген алгоритмге немесе функционалдық тәуелділікке сәйкес жүзеге асырылатын детерминирленген (конструктивті, тұрақты) және құрастыру алгоритмі (кездейсоқ немесе жалған) болатын хаотикалық (кездейсоқ, жалғанкездейсоқ) кездейсоқ элемент деп бөлуге болады. Екінші жағынан, фракталдарды статикалық (нақты функциялардың қайталануы) деп бөлуге болады, олар негізгі элементті түрлендірудің сызықтық заңына сәйкес (трансляциялық, айналдыру және қысу-созу операциялары қолданылады) және динамикалық (күрделі және гиперкомплексті) итерациялық түрлендірулердің сызықтық емес заңымен деп болып бөлінеді. Фракталды жиындардың айрықша белгілерінің бірі олардың масштаб өзгерген кездегі өзіндік ұқсастығы болып табылады (масштабтау инварианты деп аталады). Өзіне ұқсас жиынтықтарды масштабтау спектрі (мультифракталдар) бар бір масштабты (фракталдар) және көп масштабты болып бөлуге болады [92].

*Көп масштабты фракталдық талдау әдісі (Multiscale Fractal analysis).* Көп масштабты фракталдық талдау әртүрлі масштаб деңгейлерінде фракталдық өлшемді есептеу үшін алгоритмдерді пайдаланады. Бұл тәсіл медициналық кескіндердегі фракталдық құрылымдарды дәлірек сипаттауға мүмкіндік береді, әсіресе құрылымдар әртүрлі масштабта әртүрлі фракталдық қасиеттерді көрсеткенде. Әдіс әсіресе кескіндерді талдауда пайдалы, мұнда аурудың бастапқы кезеңдеріне немесе нәзік патологиялық өзгерістерге тән нәзік текстуралық ерекшеліктерді ажырату қажет.

*Толқынды түрлендіруге негізделген әдіс (Wavelet).* Толқынды түрлендіру әртүрлі ажыратымдылық деңгейлерінде ақпаратты шығара алатын қуатты кескінді талдау құралы. Фракталды қолтаңбаны талдауда толқындық кескінді масштабталған және ауыстырылған нұсқалар сериясына ыдырату үшін пайдаланылуы мүмкін, бұл фракталдық қасиеттерді әртүрлі кеңістіктік домендерде зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл әдіс текстурасы мен құрылымының өзгерістеріне жоғары сезімталдықты қамтамасыз етеді, бұл кеуде қуысының рентгенографиясында аурудың ерте белгілерін анықтауға өте ыңғайлы етеді [93].

Терең оқытуға негізделген әдістер. Жасанды интеллект пен терең оқыту технологияларының дамуымен медициналық кескіндерден фракталдық белгілерді алудың жаңа тәсілдері пайда болды. Терең оқыту желілері, әсіресе конволюционды нейрондық желілер (CNN), фракталдық сипатта болуы мүмкін күрделі үлгілер мен текстураларды автоматты түрде анықтауға қабілетті. Бұл әдістерді белгілі бір ауруларға немесе жағдайларға тән фракталдық белгілерді анықтай отырып, үлкен деректер жинақтарында оқытуға болады.

Практикалық қолдану және қиындық. Фракталды талдау медициналық диагностикада кеңінен қолданылады, соның ішінде өкпенің созылмалы обструктивті ауруы, пневмония, туберкулез және өкпе ісігі сияқты өкпе ауруларын ерте анықтау. Фракталды белгілерді оқшаулау тіндердің зақымдану дәрежесін анықтауға, аурудың дамуын қадағалауға және емдеудің тиімділігін бағалауға көмектеседі. Дегенмен, фракталдық талдау әдістері белгілі бір мәселелерге тап болады. Солардың бірі, әсіресе терең оқыту әдістерін пайдаланған кезде айтарлықтай есептеу ресурстарын қажет ететін үлкен көлемдегі мәліметтерді өңдеу қажеттілігі. Сонымен қатар, фракталдық талдаудың дәлдігі мен сенімділігі бастапқы кескіндердің сапасына өте тәуелді және артефактілерді алу немесе өңдеу әсер етуі мүмкін.

Медициналық кескіндерден фракталдық белгілерді алу әдісі аурулардың диагностикасы мен мониторингін жақсарту үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Патологиялардың бастапқы кезеңдерін анықтау үшін кеуде қуысының рентгенографиясын талдауда оларды қолдану әсіресе перспективалы болып табылады. Күрделі міндетке қарамастан, заманауи технологиялар мен алгоритмдер медициналық тәжірибеде фракталдық талдаудың тиімділігі мен қолжетімділігін арттыра отырып, үнемі жетілдірілуде.

*Мультифракталдар.* Нақты объектілер, құбылыстар мен процестер әрқашан детерминирленген және стохастикалық ішкі жүйелерден тұрады. Кездейсоқ элементтерді сипаттау, олардың табиғатына сәйкес, әртүрлі масштабтық факторлары бар геометриялық фигуралардың ақырлы (кейде шексіз) жиынтығын талап етеді, т.б. олар біртекті емес монофракталдар жиынтығынан тұрады. Біртекті емес монофракталдар қоспасы динамикалық жүйенің лездік күйін немесе ретсіз ортаның геометриясын көрсететін күрделі жиындарды тудырады. Оларды зерттеу үшін масштабтау өлшемдерінің спектрі бар мультифракталдар қолданылады.

*Мультифракталдар –* әрқайсысы өзінің Хаусдорф-Безикович өлшемімен сипатталатын, қасиеттері бойынша ерекшеленетін бөліктерден тұратын өзіне ұқсас фигуралар. Мультифракталдар мынадай қасиеттерге ие: – кәдімгі фракталдардан айырмашылығы, олар гетерогенді, яғни. пропорционалды емес құрылымдардан тұрады; – мультифракталдардың гетерогенділігі Хаусдорф-Безикович өлшемдерінің спектрін енгізуге әкеледі; – геометриялық параметрлерден басқа олардың статистикалық сипаттамалары бар. Фракталдар мен мультифракталдар арасындағы айырмашылықты өзіне ұқсас фигуралармен жазықтықты жабу мысалында көрсетейік (6-сурет). Алдымен ауданы бірлік шаршыны ауданы *S*1 = 1/4 болатын фракталдық плиткалармен жабамыз.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| а | ә | б |

Сурет 6 ‒ а) Бірлік квадратын ә) фракталдық және б) мультифракталдық плиткалармен жабу

Ескерту – Әдебиет негізінде құралға [3, с. 120]

Берілген аумақты жабуға болатын әдістердің саны бірлікке тең. Егер сіз бастапқы шаршыны әр түрлі ұқсастық коэффициенттері бар плиткалармен, демек, әр түрлі плиткалар аудандарымен (S1 = 1/ 4, S2 =1/9 және S3 =1/36), жабатын болсаңыз, онда жабу әдістерінің саны сегізге тең (шаршы сол немесе басқа түрдегі плиткалардың бүтін санымен жабылған):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1) S=4S1; | 2) S=9S2; | 3) S=36S3; | 4) S=3S1+9S3; |
| 5) S=2S1+18S3; | 6) S= S1+27S3; | 7) S=3S2+24S3; | 8) S=S2+32S3. |

Бұл мысал жабынның гетерогенділігін ғана емес, сонымен қатар мультифракталдың статистикалық қасиеттерінің пайда болуын көрсетеді. Плитканың әр түрі үшін қарастырылған процесті шексіздікке дейін жалғастыру фракталдық жиындардың нүктелерінің берілген шаршының ауданы бойынша біркелкі орналасуына әкеледі. Кездейсоқ таңдалған геометриялық ұқсас плиткалардың «популяциясы» әр итерациялық процедурада өзгереді, сондықтан кез-келген аймақтағы нүктелер санын тек болжап айтуға болады, бірақ шамалап көруге болмайды. Егер *pi* арқылы нүктенің *Si* ауданы бар квадратқа түсу ықтималдығын белгілейтін болсақ, онда бірінші итерациялық қадамда *N* бастапқы нүктелерден *S*1 ауданы бар квадратқа *p*1*N* нүктелері түседі. Екінші қадамда бұл нүктелер үш ұқсас квадраттар арасында қайта бөлінеді, олардың популяциясы және . Үшінші қадамда бұл шамалар және демек, *i* квадратының «қоныстануы» әр итерациялық қадам сайын өзгеретінін көруге болады.

*Мультифракталдың жалпыланған статистикалық қосындысы*

Нақты объектіні көрсету (мысалы, географиялық картадағы арал) *s* ауданын алып (7а-сурет), фракталдық өлшемі *D* және құрылыстың бекітілген кезеңінде *N* нүктеден тұратын болсын (мысалы, саны таңдалған шаршыдағы өсімдік түрлерінің саны; итерациялық процедураның соңында *N* саны қалағаныңызша үлкен болуы мүмкін). Зерттеу аймағын кездейсоқ таңдалған жағы *ε* (7ә, 7б-сурет) квадраттар торымен жабамыз, бұл аралдың максималды сызықтық өлшемінен айтарлықтай кіші. 8ә, 8б-суретінен ұяшықтардың жалпы саны *n*(*ε*) қамту ұяшығының өлшеміне байланысты екені анық.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| а | ә | б |

Сурет 7 ‒ а) Аралда өсімдік түрлерін анықтау ұяшық әдісімен ә), б) кездейсоқ таңдалған өлшеммен

Ескерту – Әдебиет негізінде құралға [3,с. 121]

Мультифракталдар кескіндердің құрылымы мен құрылымын талдаудың күшті құралы болып табылады, әсіресе кеуде қуысының рентгенографиясы сияқты медициналық кескіндерде. Мұндай кескіндерді талдау үшін мультифракталдарды қолдану өкпенің күйін диагностикалауға, бақылауға және бағалауға жаңа мүмкіндіктер ашады, бұл тіндердің құрылымы мен текстуралық ерекшеліктеріндегі ең кішкентай өзгерістерді де анықтауға мүмкіндік береді [94].

Кеуде қуысының рентгенографиясы сияқты медициналық кескіндерді мультифрактальды талдау зерттеудің жаңа және перспективалы бағыты болып табылады. Бұл тіндер мен мүшелердің күрделі текстуралық және құрылымдық сипаттамаларын дәлірек сипаттауға мүмкіндік береді, бұл оны пациенттерді диагностикалау мен бағалаудың пайдалы құралы етеді.

Кеуде қуысының рентгенографиясын мультифрактальды талдаудың артықшылықтары. Мультифракталды талдаудың басты артықшылықтарының бірі-оның кеуде қуысының рентгенографиясындағы ең кішкентай текстуралық ерекшеліктерді анықтау және талдау қабілеті. Бұл ісіктер, қабыну процестері, фиброз және басқа аурулар сияқты өкпенің әртүрлі патологияларын ерте анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мультифракталды талдау аурудың даму дәрежесін және жүргізіліп жатқан емнің тиімділігін бағалауға көмектеседі.

Мультифракталды талдау әдістерін қолдану. Мультифракталды әдістерді қолдана отырып, кеуде қуысының рентгенографиясын талдау үшін әртүрлі тәсілдер қолданылады. Олардың бірі-кескін құрылымының күрделілігін бағалауға мүмкіндік беретін қорапты өлшеу әдісі, объектіні әр түрлі масштабта жабу үшін қажетті әр түрлі өлшемдегі қораптардың санын анықтайды. Тағы бір кең таралған әдіс-бұл әр түрлі ажыратымдылық деңгейлерінде Текстураның өлшемін бөлудің статистикалық сәттерін есептеуге негізделген момент әдісі.

Перспективалы мүмкіндіктерге қарамастан, кеуде қуысының рентгенографиясында мультифракталды талдауды қолдану бірқатар қиындықтарға тап болады. Олардың бірі-нәтижелерді түсіндірудің күрделілігі және текстуралық ерекшеліктерді жоғары дәлдікпен талдау қажеттілігі. Сонымен қатар, мультифракталды талдау әдістерінің есептеу күрделілігі айтарлықтай болуы мүмкін, әсіресе деректердің үлкен көлемімен жұмыс істегенде.

Дегенмен, машиналық оқыту әдістері мен кескінді өңдеу алгоритмдерінің дамуы медициналық тәжірибеде мультифракталды талдауды қолданудың жаңа мүмкіндіктерін жасайды. Осы саладағы мұқият зерттеулер кеуде қуысының рентгенографиясын талдау негізінде өкпенің әртүрлі ауруларын диагностикалау мен емдеуді жақсартуға көмектесетін жаңа әдістер мен технологиялардың дамуына әкелуі мүмкін.

**2.2 Фракталды талдауды медициналық диагностикада қолдану**

Фракталды геометрия саласынан шыққан фракталдық талдау медициналық деректер мен кескіндерді зерттеуге және талдауға арналған қуатты әдіс болып табылады. Медициналық бейнелерде анықталған объектілер мен текстуралардың фракталдық сипаттамалары әртүрлі патологиялық жағдайларды диагностикалау, бағалау және бақылау үшін маңызды құрал ретінде қызмет ете алады. Бұл зерттеу жұмысымда фракталдық талдаудың медициналық диагностикадағы қазіргі қолданулары қарастырылады, фракталдық сипаттамаларды алу әдістері және олардың клиникалық тәжірибедегі маңызы талқыланады. Бұл әдісті дамыту перспективалары және оны қолдану кезінде зерттеушілер мен дәрігерлердің алдында тұрған қиындықтар да талқыланады [95].

Медициналық диагностика қазіргі заманғы деректерді талдау және кескіндерді өңдеу әдістерінің негізгі қолдану саласы болып табылады. Соңғы онжылдықтарда фракталдық талдау кескіндердегі күрделі және тұрақты емес құрылымдарды анықтау және сипаттау қабілетіне байланысты зерттеушілер мен медицина мамандарының назарын аударды. Фракталды сипаттамалар патологиялық жағдайлардың ерекшеліктерін де көрсете алады, бұл оларды диагностика мен бақылау үшін пайдалы құрал етеді [96].

*Фракталды талдауды медициналық диагностикада қолдану*

1. *Тіндердің құрылымын талдау:* Фракталдық талдауды рентгенография, магниттік-резонанстық кескін (МРК) және компьютерлік томография (КТ) сияқты медициналық кескіндердегі тіндердің құрылымын зерттеу үшін қолдануға болады. Фракталдық сипаттамалар ісіктерді, фиброзды және басқа патологиялық жағдайларды диагностикалау үшін пайдалы болуы мүмкін құрылымның күрделілігі мен тұрақсыздығын бағалауға мүмкіндік береді.
2. Кардиологиялық жағдайлардың диагностикасы: Артериялық сигналдар мен миокард кескіндерінің фракталдық талдауы жүрек-қантамыр жүйесінің күйін бағалауға мүмкіндік береді. Мысалы, электрокардиограмманың (ЭКГ) фракталдық өлшемін талдау аритмия мен басқа жүрек ауруларын анықтауға көмектеседі.
3. *Нейрологиялық жағдайдың диагностикасы:* Магниттік-резонанстық кескіндердегі ми құрылымын зерттеу үшін фракталдық талдауды қолдануға болады. Бұл Паркинсон ауруы және мидың қартаю синдромы сияқты нейрологиялық аурулармен байланысты ми тініндегі өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді.
4. *Респираторлық аурулардың диагностикасы:* Фракталдық талдауды өкпе тіндерінің құрылымын рентгенограммалар мен КТ кескіндерінде талдау үшін пайдалануға болады. Бұл өкпенің созылмалы обструктивті ауруларын, фиброзды және тыныс алу жолдарының басқа ауруларын диагностикалауда пайдалы.

*Фракталдық сипаттамаларды алу әдістері*

Медициналық кескіндерден фракталдық белгілерді алу үшін әртүрлі әдістер қолданылады, соның ішінде қорапты есептеу әдісі, масштабтау әдісі, Фурье талдау әдісі, автокорреляция әдісі және т.б. Белгілі бір әдісті таңдау кескіннің түріне және орындалатын міндеттерге байланысты.

Фракталды талдау медициналық деректер мен кескіндерді талдаудың қуатты құралы болып табылады. Оны медициналық диагностикада қолдану диагноздардың дәлдігі мен сенімділігін айтарлықтай жақсартуға уәде береді. Дегенмен, фракталдық талдауды клиникалық тәжірибеге енгізу қосымша зерттеулерді және әдістерді стандарттауды талап етеді. Зерттеушілердің алдында тұрған қиындықтарға қарамастан, фракталдық талдауды медициналық диагностикада қолдану перспективалары жақсы және оның медицина саласындағы рөлі одан әрі өсе береді.

Рентгенограммада өкпе жүйесінің патологиялық жағдайларын анықтау және бағалау үшін диагностикалық сипаттамалар ретінде қолданылатын фракталдық сипаттамалар өкпе кескіндерінің күрделілігі мен текстуралық ерекшеліктерін сипаттауға қабілетті геометриялық параметрлер мен құрылымдық шаралардың жиынтығы болып табылады. Бұл сипаттамалар өкпедегі патологиялық өзгерістердің даму дәрежесін диагностикалауда және бағалауда маңызды рөл атқарады және өкпе жүйесінің әртүрлі ауруларын ажыратудың маңызды құралы бола алады. Диагностикада қолданылатын негізгі фракталдық сипаттамаларға мыналар жатады:

1. *Фракталды өлшем (Fractal Dimensionality)*: Бұл өкпенің рентгенографиясында құрылымдардың контурларының күрделілік немесе бұралу дәрежесін бағалайтын өлшем. Фракталды өлшемнің жоғары мәндері патологиялық өзгерістермен байланысты болуы мүмкін күрделі немесе фракталдық құрылымдарды көрсетуі мүмкін.
2. *Фракталды спектр (Fractal Spectrum)*: Бұл параметр кескіндегі фракталдық өлшемдердің таралуын көрсетеді. Фракталды спектрді талдау белгілі бір патологиялармен байланысты сипаттамалық заңдылықтарды немесе аномалияларды анықтауға мүмкіндік береді.
3. *Фракталды текстураның параметрлері (Fractal Texture Parameters)*: Бұл параметрлер рентгенограммалардағы текстуралық мүмкіндіктерді сипаттайды және кескіндердегі жарықтық немесе тығыздықтың таралуын сипаттайтын статистиканы қамтуы мүмкін. Олар өкпе тіндеріндегі бұзушылықтар мен асимметрияларды анықтауға көмектеседі.
4. *Фракталды күрделілік (Fractal Complexity)*: Бұл параметр өкпе суретіндегі құрылымдардың егжей-тегжейлі және күрделілік деңгейін көрсетеді. Патологиялық өзгерістер кескіннің фракталдық күрделілігінің артуына әкелуі мүмкін.

Диагностикада фракталдық сипаттамаларды қолдану әртүрлі аурулармен байланысты болуы мүмкін өкпедегі нәзік құрылымдық өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді. Дегенмен, бұл сипаттамаларды медициналық тәжірибеде сәтті қолдану үшін кең ауқымды клиникалық сынақтарды және нәтижелерді басқа диагностикалық әдістермен және клиникалық деректермен салыстыруды қамтитын қосымша зерттеулер қажет.

Фракталдарды пайдалана отырып, рентгенограммаларды құрылымдық талдау негізінде адамның өкпе жүйесінің патологиялық жағдайларын анықтау және тану - фракталдар тұжырымдамасын пайдалана отырып, құрылымдық өзгерістерді анықтау және талдау үшін өкпенің рентгендік кескіндерін пайдаланатын әдіс. Фракталдар-күрделі және фракталдық пішіндерді сипаттауға мүмкіндік беретін өзінің шексіз кішірек көшірмелеріне бөлуге болатын геометриялық құрылымдар.

Рентгенограммадағы фракталдар көмегімен өкпе жүйесінің патологиясын анықтау және тану әдістеріне жалпы көзқарас:

1. Рентгендік кескіндерді жинау: алдымен пациенттердің өкпесінің рентгендік кескіндерін жинау керек.
2. Кескінді алдын ала өңдеу: рентгендік кескіндерді алдын ала өңдеуге болады, соның ішінде контрастты түзету, шуды сүзу және кескін сапасын жақсарту үшін басқа әдістер.
3. Фракталды сипаттамаларды алу: Талдау үшін фракталдық сипаттамаларды есептеу әдістері қолданылады, мысалы, фракталдық өлшем, фракталдық спектр және басқалар. Бұл сипаттамалар рентгенограммалардағы өкпе құрылымының күрделілігі мен құрылымын сипаттауға көмектеседі.
4. Модельді оқыту: Патологияларды тану үшін алынған фракталдық белгілерге негізделген терең оқыту моделін үйрету қажет. Модельді патологиялардың болуы немесе жоқтығы белгілі болған таңбаланған деректер бойынша оқытуға болады.
5. Анықтау және классификациялау: Үйретілгеннен кейін модельдерді жаңа рентгенограммаларда патологияларды анықтау және классификациялау үшін пайдалануға болады. Модель патология белгілерінің болуын анықтайды және егер табылса, оларды классификациялайды.
6. Нәтижелерді бағалау: Рентгендік талдау нәтижелерін дәрігерлер бағалай алады және диагнозды растау және емдеу жоспарын әзірлеу үшін клиникалық деректермен салыстыра алады.

Фрактал негізіндегі әдістер әртүрлі өкпе ауруларын, соның ішінде өкпенің қатерлі ісігі (рак), фиброз, астма және басқа да жағдайларды ерте диагностикалауға көмектеседі. Дегенмен, мұндай әдістер әзірлеуді және валидациялауды талап етеді және әрқашан клиникалық бағалаумен және басқа зерттеу әдістерімен бірге қолданылуы керек.

Фракталды өлшем ғылым мен техниканың көптеген салаларында маңызды рөл атқаратын фракталдық құрылымдарды талдаудың негізгі параметрі болып табылады. Бұл объектінің геометриясының күрделілігінің өлшемі, оның бұралулығын, біркелкілігін және өзіндік ұқсастығын ескереді. Медицинада, биологияда, экологияда және басқа салаларда фракталдық өлшем ұйымның әртүрлі деңгейлеріндегі объектілер мен құбылыстардың құрылымдық және функционалдық сипаттамаларын бағалауға мүмкіндік беретін маңызды диагностикалық көрсеткішке айналады.

Медицинада фракталдық өлшем медициналық кескіндердің кескіндері, электрокардиограммалар, жүрек белсенділігінің уақыт қатарлары және т.б. сияқты әртүрлі биомедициналық деректерді талдауда қолданылды:

*Медициналық бейнелеудің кескіндерін талдау:*

Фракталдық өлшемді ісіктер, тамырлар және басқа да ауытқулар сияқты кескіндердегі құрылымдық ауытқулар мен патологияларды бағалау үшін пайдалануға болады. Мысалы, тін құрылымының фракталдық өлшеміндегі өзгерістер қатерлі ісік немесе қант диабеті сияқты әртүрлі аурулар мен патологияларға байланысты болуы мүмкін.

*Уақыт қатарларын талдау:*

Фракталдық өлшем жүрек белсенділігінің хаотикалық және өзгергіштік дәрежесін бағалау үшін электрокардиограмма (ЭКГ) сияқты биологиялық сигналдардың уақыт қатарын талдауда да қолданылады. Фракталдық өлшемнің өзгеруі жүрек нарушенияағының бұзылуын көрсетуі мүмкін, сонымен қатар жүрек-қан тамырлары ауруларының қаупін болжайды.

Фракталдық текстуралық параметрлер ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында маңызды рөл атқарады:

*1. Медициналық диагностика***:** Текстуралық параметрлердің фракталдық талдауы қатерлі ісік сияқты ауруларды автоматтандырылған диагностикалауға көмектеседі, мұнда медициналық кескіндердегі текстураның өзгеруі патологияның болуын көрсетуі мүмкін.

*2. Геология:* Геологиялық зерттеулерде фракталдық текстураның параметрлері тау жыныстарының құрылымын талдау, кен орындарын анықтау және геологиялық түзілімдерді анықтау үшін қолданылады.

*3. Астрономия:* Астрономиялық кескіндерде фракталдық талдау галактикалар, жұлдызды бұлттар және ғарыштық шаң сияқты әртүрлі құрылымдарды анықтауға көмектеседі.

Фракталды текстураның параметрлері кескіндердің өзіндік ұқсастығы мен масштабының өзгермейтіндігіне негізделген құрылымы мен сипаттамалары туралы ақпаратты береді. Олардың маңызы ғылым мен техниканың әртүрлі салаларына таралады, онда олар әртүрлі объектілер мен құбылыстарды талдау, жіктеу және диагностикалау үшін қолданылады.

*Фракталды күрделілік және оның қолданылуы.*Фракталды күрделілік – әртүрлі масштабтағы объектілердің егжей-тегжейлік дәрежесін және құрылымдық әртүрлілігін көрсететін фракталдық талдаудың негізгі аспектісі. Бұл жұмыста біз фракталдық күрделіліктің анықтамасын, оны бағалау әдістерін және ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында қолдануын қарастырамыз.

*Фракталды күрделіліктің анықтамасы.*Объектінің фракталдық күрделілігі (ФК) оның құрылымдық әртүрлілігі мен әртүрлі масштабтағы егжей-тегжейлілігінің өлшемі ретінде анықталады. Математикалық тұрғыдан фракталдық күрделілікті оның өлшемі (*D*) және масштабтың инварианттылығы арқылы көрсетуге болады.

FC = *f*(*D*, масштаб)

мұндағы *f* – объектінің өлшемі мен масштабына байланысты функция.

*Фракталды күрделілікті бағалау әдістері*

*1. Қорап әдісі (Box-Counting):* Бұл әдіс нысанды әртүрлі өлшемдегі төртбұрышты жәшіктерге бөлуге және объектіні жабуға қажетті қораптардың санын есептеуге негізделген. Фракталды күрделілік жәшіктер санының қорап өлшеміне қатынасының логарифмі ретінде есептеледі.

мұнда N(ε) – ε өлшемді объектіні жабу үшін қажетті жәшіктер саны.

*2. Коварианттық функция әдісі (Correlation Integral):* Бұл әдіс әртүрлі масштабтағы кескін пикселдерінің арасындағы корреляция дәрежесін өлшейді. Фракталды күрделілік коварианттық функцияның әрекеті арқылы анықталады.

мұнда *C*(*r*) – коварианттық функция.

Фракталды күрделілік – әртүрлі масштабтағы объектілердің құрылымдық әртүрлілігін және егжей-тегжейлілігін бағалауға мүмкіндік беретін маңызды параметр. Оның қолданбалары кескіндерді өңдеу, медициналық диагностика және қаржылық талдау сияқты әртүрлі салаларға таралады, мұнда ол деректерді талдау мен түсіндіруде маңызды рөл атқарады.

Кеуде қуысындағы ерекшеліктердің математикалық моделін құру үшін корреляция қосындысының және мультифракталдың жалпыланған (1) формуласы қолданылды

(1)

(1) формуласымен анықталатын өлшем фракталдық деп аталады.

Мұндағы корреляция интегралы:

(2)

мұнда пиксельдер саны;

жалпы ұяшықтар саны;

екі белгінің *i* ұяшығына түсу ықтималдығын анықтайтын мән және мұндай ықтималдықтардың қосындысы фракталдық жиынның екі ерікті түрде таңдалған нүктесінің бір ұяшықта жату ықтималдығын көрсетеді.

\*Терехов. Фракталы подобие

**2.3 Фракталдық әдіс бойынша өкпе патологиясын анықтау**

Өкпе патологиясын фракталдық негізде анықтау өкпе кескіндерінің құрылымын талдау үшін фракталдық өлшемді пайдалануды қамтиды. Фракталды өлшем – кескіннің геометриялық құрылымының күрделілігінің өлшемі. Өкпеде бұл патологиялық жағдайларға байланысты құрылымдағы өзгерістерді анықтау үшін пайдалы болуы мүмкін.

Фракталдық өлшемді әртүрлі әдістерді қолдану арқылы есептеуге болады, олардың бірі «қорап» әдісі (Box Counting). Фракталдық өлшемді (*D*) қораптар саны (*N*) арқылы есептеу формуласы келесідей:

мұнда *N*(*s*) - кескін құрылымын жабу үшін қажет ең аз *s* өлшемді қораптардың саны. Бұл жағдайда өкпенің бейнесі әртүрлі мөлшердегі қораптарға бөлінеді және қораптың көлеміне байланысты құрылымды жабу үшін қажетті қораптардың саны есептеледі.

Фракталдық талдау әдісі негізінде кеуде қуысының паталогиясын ерекшелеуге арналған ақпаратты векторлық белгілер:

Кеуде қуысының паталогиясын ерекшелеу үшін ақпаратты векторлық белгілер анықталды:

[В, A, L, C, D]

мұнда: B = [*xmin*, *ymin*, *xmax*, *ymax*] **–** объектіні сипаттайтын тікбұрышты жақтау үшін координаттар мәндері;

А– нысанды сипаттайтын тікбұрышты жақтаудың ауданы *A* = (*xmax* – *xmin*) × (*ymax* – *ymin*);

L *–* әрбір *i* объектіге *Li* белгісі тағайындалады, ол объектінің класын білдіретін бүтін немесе категориялық мәні;

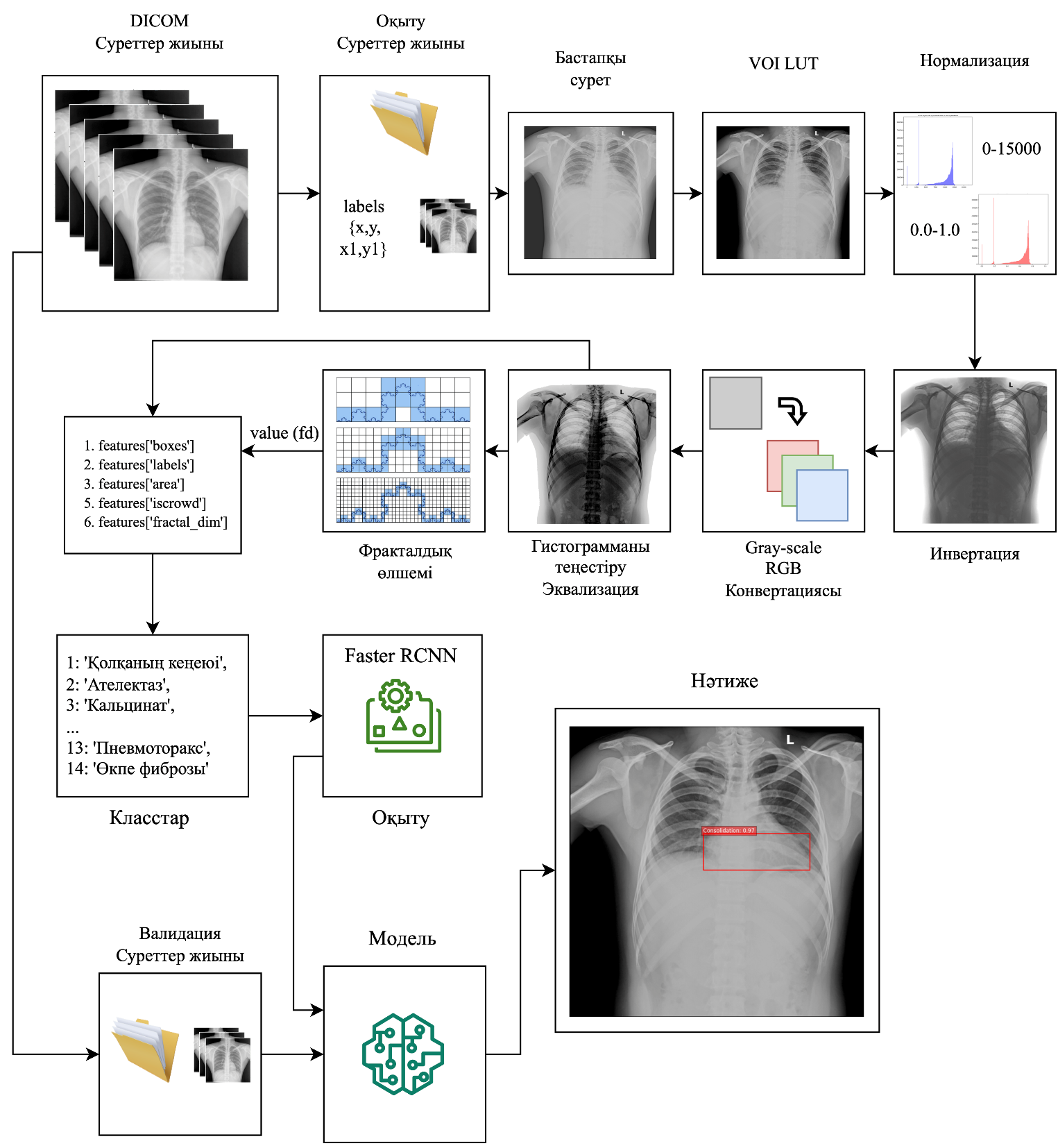
С - *i* объектісінің массалық көрсеткішін екілік айнымалы ретінде көрсетуге болады:

Фракталдық әдіске негізделген өкпе патологиясын анықтауға арналған қадамдар:

1. *Өкпенің суретін алу:*
   * рентгенографиядан алынған өкпенің суреті.
2. *Алдын ала кескінді өңдеу:*
   * контрастты жақсарту және құрылымдарды ерекшелеу үшін кескін алдын ала өңделеді.
3. *Суретті қораптарға бөлу***:**
   * сурет әртүрлі мөлшердегі қораптарға бөлінеді.
4. *Қораптар санын санау:*
   * әрбір қорап өлшемі үшін кескіндегі құрылымды жабу үшін қажетті қораптар саны есептеледі.
5. *Фракталдық өлшемді есептеу:*
   * фракталдық өлшем формуласын қолдана отырып, *D* мәні есептеледі.
6. *Нәтижелерді талдау***:**
   * фракталдық өлшем мәні нормативтік мәндермен салыстырылады немесе сау пациенттердің деректерімен салыстыру үшін қолданылады.

Фракталдық әдіс өкпе кескіндерінің құрылымындағы өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді, бұл фиброз, ісіктер және өкпе тінінің құрылымындағы басқа өзгерістер сияқты әртүрлі патологияларды диагностикалау және бақылау үшін пайдалы болуы мүмкін.

8-суретте кеуде қуысының рентген кескіннен ерекшеліктерді тауып белгілеу моделі келтірілген.



Сурет 8 ‒ Кеуде қуысындағы паталогияны анықтау моделі

*Үш арналы кескінге түрлендіру.* Компьютерлік көру тапсырмалары үшін кескіндерді өңдеуде, әсіресе терең оқыту саласында, үш арналы (RGB) кескіндермен жұмыс істеуге арналған нейрондық желі үлгілері жиі пайдаланылады. Себебі конвульционды нейрондық желілер (CNN) сияқты терең оқытудың түпнұсқа архитектуралары әдетте түсті кескінді өңдеу үшін оңтайландырылған, мұнда әрбір арна қызыл (R), жасыл (G) және көк (B) түс қарқындылығы туралы ақпаратты қамтиды [97].

Медициналық рентген сәулелері немесе сұр реңкті кескіндер сияқты бір арналы кескіндер пикселдегі жарықтың қарқындылығын сипаттайтын ақпараттың тек бір арнасын қамтиды. Осындай бір арналы кескіндерді үш арналы пішімдерге түрлендіру үшін барлық үш RGB арнасы бойынша бір арналы кескін деректерін көшіру қажет. Нәтижесінде үш арналы деректерді күтетін терең оқыту модельдеріне кіруге жарамды сурет пайда болады. Бұл процесс кескінге жаңа ақпарат қоспайды, бірақ бір арналы деректерді заманауи нейрондық желілердің талаптары мен архитектурасына сәйкес етеді. Бір арналы кескіндерді үш арналы кескіндерге түрлендіру терең оқыту үшін деректерді дайындаудағы маңызды қадам болып табылады, өйткені көптеген алдын ала дайындалған желілер мен кескінді өңдеу API тек үш арналы енгізу пішімімен жұмыс істейді [98].

Бұл жүйеде өкпе паталогиясының 14 түрі қарастырылды:

Қолқаның кеңеюі (Aortic enlargement) ‒ жүректің сол жақ қарыншасынан шығатын үлкен артерия аортаның диаметрі немесе көлемі қалыпты жағдаймен салыстырғанда ұлғаятын жағдай. Қолқа-қанды жүректен бүкіл денеге тасымалдайтын негізгі тамыр және оның дұрыс жұмыс істеуі қалыпты қан айналымын қамтамасыз ету үшін өте маңызды. Қолқаның кеңеюі атеросклероз, қолқа, аневризма (соның ішінде қолқа), гипертония, туа біткен ауытқулар және басқа жүрек-қан тамырлары аурулары сияқты әртүрлі патологиялық процестердің салдары болуы мүмкін. Бұл жағдай көбінесе ауыр асқынуларға әкелуі мүмкін, соның ішінде аневризманың жарылуы, тромбоз, эмболия және органдар мен тіндердегі қан ағымының бұзылуы.

Ателектаз (Atelectasis) - өкпенің бір немесе бірнеше аймақтары толығымен түзетілмейтін немесе құламайтын жағдай, бұл газ алмасу бетінің төмендеуіне және нәтижесінде өкпенің қалыпты желдетілуінің бұзылуына әкеледі. Бұл тәуелсіз ауру емес, әртүрлі себептермен және әртүрлі клиникалық жағдайларда пайда болуы мүмкін симптом немесе асқыну.

Кальцинат (Calcification) ‒ бұл кальцийдің дене тіндеріне немесе мүшелеріне түсу процесі, бұл тіндердің қатаюына және функционалдығын жоғалтуға әкеледі. Бұл процесс әртүрлі патологиялардың көрсеткіші немесе қартаюдың табиғи салдары болуы мүмкін. Кальцинация дененің кез келген бөлігінде, соның ішінде қан тамырларында, жүрек клапандарында, бүйректе, өкпеде және басқа органдарда болуы мүмкін.

Кардиомегалия (Cardiomegaly) ‒ бұл адамның жынысын, жасын және дене өлшемін ескере отырып, жүректің мөлшерінің ұлғаюына арналған медициналық термин. Бұл жағдай көбінесе кеуде қуысының рентгенографиясында, эхокардиографияда немесе басқа бейнелеу әдістерінде анықталады. Кардиомегалия тәуелсіз ауру емес, назар аударуды қажет ететін басқа жүрек-қан тамырлары жағдайларының симптомы немесе көрсеткіші.

Консолидация (Consolidation) ‒ өкпе кеңістігін сұйықтықпен, қанмен, іріңді секрециялармен, ісік массасымен немесе өкпе тіндерінің тығыздалуына немесе бірігуіне әкелетін басқа заттармен толтыру немесе ауыстыру үшін қолданылатын медициналық термин. Бұл жағдай әдетте өкпедегі қабынумен немесе инфекциямен байланысты, бірақ басқа патологиялық процестерден де туындауы мүмкін.

Қабырғааралық лимфодиссеминация (ILD-Interstitial Lung Disease) ‒интерстициальды өкпе ауруы деп те аталатын қабырғааралық лимфодиссеминация өкпенің интерстициумына әсер ететін 200-ден астам әртүрлі аурулар тобын сипаттайды-альвеолалардың (ауа қапшықтарының) айналасындағы тін мен кеңістік. Бұл аурулар өкпе тінінің қабынуымен және фиброзымен сипатталады, бұл газ алмасудың нашарлауына және өкпе функциясының біртіндеп төмендеуіне әкеледі.

Инфильтрация (Infiltration) - дененің тіндеріне немесе мүшелеріне қандай да бір заттың ену немесе жинақталу процесін сипаттайтын медициналық термин, көбінесе олардың құрылымы мен қызметінде өзгерістер тудырады. Бұл термин медицинаның әртүрлі салаларында, соның ішінде онкология, рентгенология, пульмонология және басқаларында кеңінен қолданылады.

Өкпенің мөлдірлігі (Lung Opacity) – радиологияда рентген немесе компьютерлік томография (КТ) сканеріндегі өкпе тініне қарағанда ақ болып көрінетін аймақтарға қатысты қолданылатын термин. Бұл өзгеріс әртүрлі патологиялық жағдайлардың, соның ішінде қабынудың, инфекцияның, ісіктердің, сұйықтықтың жиналуының немесе өкпе тініндегі басқа ауытқулардың болуын көрсетуі мүмкін.

Түйін/масса (Nodule/Mass). Түйін әдетте тіндегі көрнекті және айқын шекаралары бар кішкентай, дөңгелек немесе сопақ түзілімді сипаттайды. Түйіндерді әртүрлі мүшелерде немесе тіндерде, соның ішінде өкпеде, бауырда, қалқанша безде және т.б. табуға болады. Олар жақсы немесе қатерлі болуы мүмкін. Түйіндерді диагностикалау кезінде олардың табиғатын анықтау үшін қосымша зерттеулер жүргізіледі, мысалы, компьютерлік томография (КТ), магнитті-резонанстық томография (МРТ), биопсия және т.б.

Масса әдетте физикалық тексеру кезінде анықталуы немесе пальпациялануы мүмкін үлкенірек, кеңірек тіндік массаны сипаттайды. Масса жақсы болуы мүмкін, ол кисталарды, ісіктерді немесе инфекциялық абсцесстерді қамтуы мүмкін немесе ісік бар болса, қатерлі. Массаның сипатын анықтау қосымша медициналық зерттеулерді қажет етеді, мысалы, биопсия, бейнелеу (мысалы, КТ, МРТ) және басқа зертханалық зерттеулер.

Осылайша, түйін мен масса әртүрлі анатомиялық құрылымдарды немесе тіндердің өзгерістерін білдіреді, олардың себептері әртүрлі болуы мүмкін және әртүрлі зерттеу және емдеу әдістерін қажет етеді.

Басқа зақымдану (Other lesion) ‒ бұл белгілі бір медициналық жағдайларды немесе ауруларды сипаттау үшін қолданылатын белгілі бір санаттарға немесе классификацияға жатпайтын тіндер мен мүшелердегі кез келген өзгерістерге сілтеме жасау үшін қолданылатын медициналық термин. Бұл термин медициналық жазбаларда, рентгендік есептерде, компьютерлік томографияда (КТ), магнитті-резонанстық томографияда (МРТ), ультрадыбыстық және басқа да медициналық есептерде қолданылуы мүмкін. Дәрігер тіндердің немесе мүшелердің нақты анықталмайтын немесе белгілі бір ауру немесе жағдай ретінде жіктелмейтін анық емес өзгерістерін анықтаған кезде, ол «басқа ауру» терминін қолдана алады.

Плевра эффузиясы (Pleural effusion) бұл плевра қуысында сұйықтықтың жиналуы. Олардың көптеген себептері бар және әдетте транссудаттар немесе экссудаттар деп жіктеледі. Анықтау физикалық тексеру, кеуде қуысының рентгенографиясы және төсек жанында кеуде қуысының ультрадыбыстық зерттеуі арқылы жүзеге асырылады.

Плевраның қалыңдауы (Pleural thickening) – тыныс алу мүшесінің қабықша қабаттары арасында адгезиялардың пайда болуынан өкпенің жоғарғы сегменттерінің плевраның қалыңдауы. Себебі: өкпедегі қабыну процесі, анамнезінде туберкулез немесе пневмония.

Пневмоторакс (Pneumothorax) ‒ өкпенің ішінара немесе толық құлауына әкелетін плевра қуысында ауаның жиналуы.

Өкпе фиброзы (Pulmonary fibrosis) – тыныс алу функциясының бұзылуына әкелетін өкпедегі талшықты (тыртық) тіннің түзілу процесі. Өкпе фиброзы – тыныс алу функциясының бұзылуына әкелетін өкпедегі талшықты (тыртық) тіннің түзілу процесі.

*Жасанды интеллект (ЖИ)* жүйелерін зерттеу мен дамытуда, әсіресе компьютерлік көру саласында, негізгі аспект кескін жиынтықтарын жасау және пайдалану болып табылады. Бұл кескіндер жиынтықтары машиналық оқыту мен терең оқыту алгоритмдерін оқытуда, тестілеуде және тексеруде маңызды рөл атқарады. Осы кескін жинақтарындағы үлгілерді тексеру олардың нақты әлем параметрлерінде тиімділігі мен сенімділігін қамтамасыз ету үшін ажырамас процесс болып табылады. Кескіндер жинақтарымен жұмыс істеу және ЖИ үлгілерін тексеру процесі төменде егжей-тегжейлі сипатталған.

Кескін деректер жинағы – компьютерлік көру алгоритмдерін оқытуда, тестілеуде және валидациялауда пайдалану үшін жүйелі түрде ұйымдастырылған сандық кескіндердің жиынтығы. Бұл жинақтар модельдерді оқыту және бағалау үшін «негізгі шындықты» қамтамасыз ету үшін жиі қолмен түсіндірілетін мыңдаған немесе тіпті миллиондаған кескіндерді қамтуы мүмкін. Кескіндер жануарлар мен заттардың фотокескіндерінен медициналық фотокескіндерге және спутниктік кескіндерге дейін болуы мүмкін.

*Жасанды интеллект үлгісін растау – оның жаңа, бұрын-соңды көрмеген*кескіндер жиынтығы негізінде деректерді болжау немесе жіктеу қабілетін бағалау процесі. Валидацияның мақсаты модельдің жалпылау мүмкіндігіне ие болуын және оқу деректер жинағында ғана емес, нақты әлем параметрлерінде тиімді жұмыс істей алатынын қамтамасыз ету болып табылады [99, 100].

*Кескіндер жиындарымен жұмыс істеу және валидация процесі:*

*1. Деректерді жинау.* Бірінші қадам үлгіні үйрету үшін репрезентативті және жеткілікті үлкен болуы керек кескіндердің сәйкес жинағын жинау немесе таңдау болып табылады. Бұл деректерді қолмен жинауға немесе бар дерекқорлардан алуға болады.

*2. Деректерді алдын ала өңдеу.* Модельдің жалпылау мүмкіндігін жақсарту және артық сәйкестендіруді болдырмау үшін деректер жиі алдын ала өңдеуді, соның ішінде қалыпқа келтіруді, кескін өлшемін өзгертуді және деректерді үлкейтуді қажет етеді.

*3. Деректерді ортақ пайдалану*. Деректер үш негізгі топшаға бөлінеді: оқу жинағы, валидация жинағы және сынақ жинағы. Жаттығу жиыны үлгіні үйрету үшін пайдаланылады, валидация жинағы гиперпараметрлерді баптау және жаттығу кезінде үлгіні бағалау үшін пайдаланылады, ал сынақ жинағы модельдің өнімділігін түпкілікті бағалау үшін пайдаланылады.

*4. Үлгілік оқыту.* Бұл кезеңде модель оқу деректерінің жиынтығы бойынша оқытылады. Жаттығу процесі болжанған және шынайы мәндер арасындағы қатені азайту үшін модельдің салмақтарын реттеуді қамтиды.

*5. Валидация және тестілеу.* Жаттығудан кейін үлгі оның гиперпараметрлерін реттеуге мүмкіндік беретін валидация деректер жинағында бағаланады. Содан кейін модельдің жалпылау қабілетін бағалау үшін сынақ деректер жинағында соңғы тестілеу жүргізіледі. Бұл қадам тапсырмаға байланысты дәлдік, еске түсіру, F1-өлшем және басқалар сияқты көрсеткіштерді есептеуді қамтиды.

*6. Итерация және оңтайландыру.* Валидация және тестілеу нәтижелеріне сүйене отырып, модель архитектурасының, гиперпараметрлердің немесе деректерді алдын ала өңдеу әдістерінің өзгерістерімен оқыту итерациялары арқылы модельді одан әрі оңтайландыруға болады.

*7. Орналастыру.* Сәтті тексеруден және тестілеуден кейін модель нақты әлем орталарында қолдануға немесе қолданбалар мен жүйелерге біріктіруге дайын.

Кескін жинақтарын тексеру компьютерлік көру үшін сенімді және тиімді ЖИ үлгілерін жасаудағы маңызды қадам болып табылады. Ол модельдердің қажетті сапасын бақылауды және жалпылау қабілетін қамтамасыз етеді, бұл олардың нақты әлемде сәтті қолданылуының кілті болып табылады [101, 102].

**Екінші бөлім бойынша қорытынды**

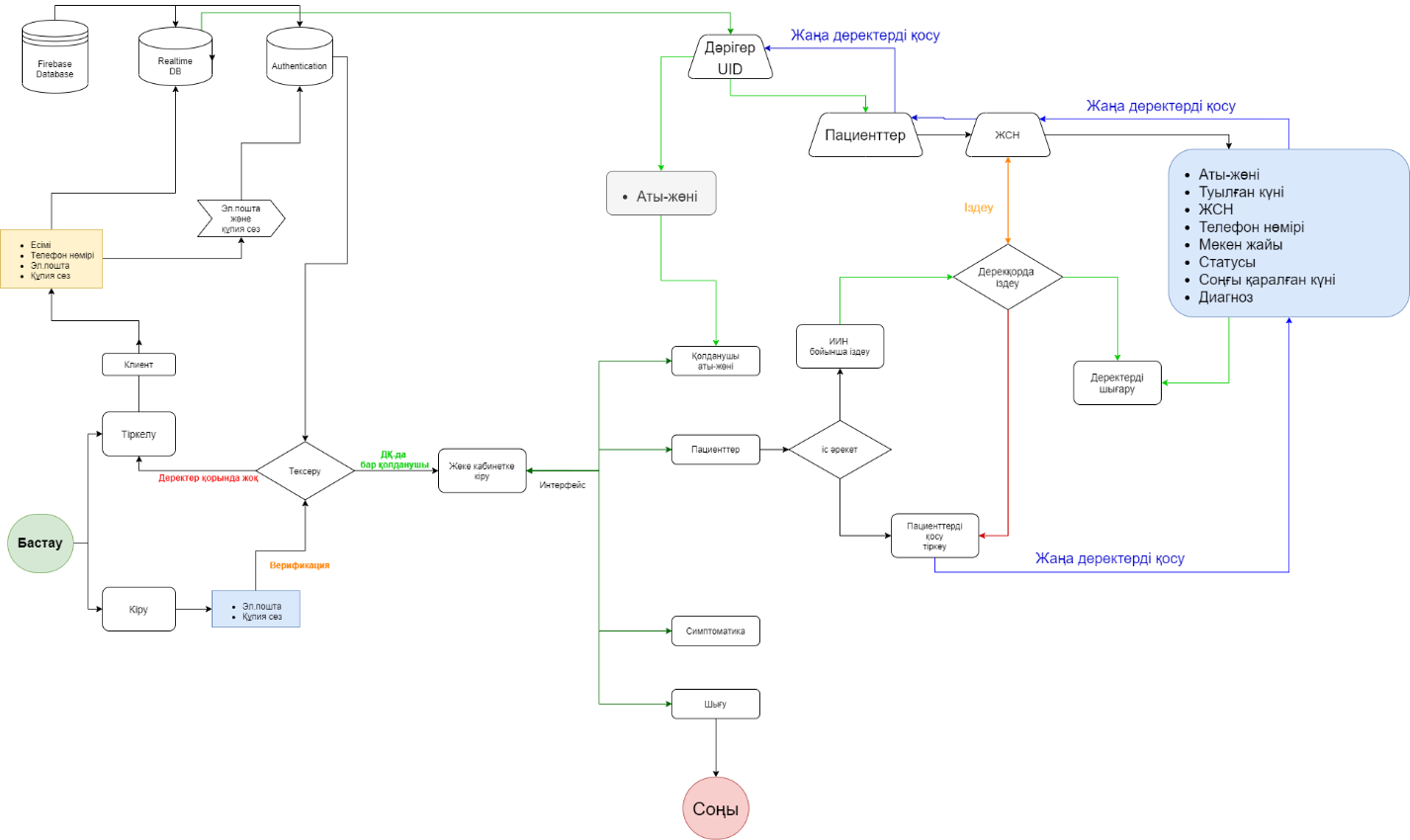
Қорытындылай келе, жұмыс барысында мен фракталдар тұжырымдамасын, сондай-ақ фракталдық өлшем ұғымы түсіндірілді және олар диссертациялық жұмыста қолданылды.

Фракталдық өлшем медицинадағы, экологиядағы және басқа салалардағы күрделі құрылымдарды талдаудың күшті құралы болып табылады. Фракталдық өлшемді диагностикада қолдану табиғи жүйелердегі патологияларды, ауытқулар мен өзгерістерді анықтайды, бұл тірі организмдердің қызметі мен олардың қоршаған ортасын тереңірек түсінуге ықпал етеді.

**3 ТЕРЕҢ ОҚЫТУ АЛГОРИТМІ НЕГІЗІНДЕ КЕУДЕ ҚУЫСЫНЫҢ ПАТОЛОГИЯЛАРЫН ЕРЕКШЕЛЕЙТІН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕНІ ӘЗІРЛЕУ**

**3.1 Рентгенографиялық кескіндерде патологияларды анықтау моделін құру**

Диссертациялық жұмысты іске асыру барысында автоматтандырылған ақпараттық жүйенің функционалдығын дамыту үшін кеуде қуысының рентгендік кескіннен паталогияларды ерекшелейтін ақпараттық жүйенің есептері мен теориялық бөлімде әрі қарай пайдалану үшін бағдарламаны іске асыру деректері негізінде бизнес процесс құру функционалдығын әзірлеу жұмыстары орындалды.



Сурет 9 ‒ Кеуде қуысының аномалиясын табудың бизнес процессі

Кеуде қуысының диагностикалық қосымшаның бизнес-процесінде (9-сурет), әдетте, келесі кезеңдер болады.

Аутентификация және тіркеу. Дәрігер тіркелгі деректерін пайдаланып жүйеге кіреді. Егер дәрігердің есептік жазбасы болмаса, ол тіркеу процесінен өтеді.

Дәрігердің жұмыс профилі. Аутентификациядан кейін дәрігер өзінің жеке кабинетіне кіреді, онда ол пациенттердің профильдерін және олардың медициналық жазбаларын басқара алады.

Кескіндерді жүктеу. Дәрігер науқастың торлы қабығының суретін жүктейді. Мұны тікелей қолданба интерфейсі арқылы жасауға болады.

Кескінді талдау. Жүктелген кескін DICOM форматында сау немесе ауру кеуде қуысының белгілеріне негізделген кескінді жіктейтін терең оқыту алгоритмдері арқылы өңделеді.

Диагностика. Кескінді диагностикалағаннан кейін Faster R-CNN терең оқыту моделінің жұмысы орындалады ол фракталдық талдаумен жұмыс істейді және бізге қалыптан тыс аймақтың болжамын көрсетеді,

Нәтижелермен жұмыс. Дәрігер диагностикалық нәтижелерді пациенттің профиліне сақтау арқылы басқарады. Бұл деректерді одан әрі бақылау немесе емдеу үшін пайдалануға болады.

Мәліметтер базасымен өзара әрекеттесу. Барлық деректер, соның ішінде пациенттердің профильдері мен кескінді талдау нәтижелері қорғалған дерекқорда сақталады, бұл қажетті ақпаратқа жылдам қол жеткізуді және оның қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Рентгендік диагностика өкпенің, кеуде қуысының және басқа органдардың патологиясын анықтауда маңызды рөл атқарады. Рентгендік кескіндердегі патологияларды автоматты түрде анықтау моделін құру медициналық информатика саласындағы өзекті мәселе болып табылады. Бұл жұмысымда рентгендік кескіндердегі патологияларды анықтау модельдерін құру әдістері мен тәсілдеріне егжей-тегжейлі шолу жасалады, сондай-ақ қолданыстағы әдістердің перспективалары мен шектеулері талданады және өз модельімді көрсетемін.

Рентген кескіндері көптеген ауруларды, соның ішінде пневмонияны, туберкулезді, ісіктерді және өкпе мен кеуде қуысының басқа патологияларын диагностикалаудың негізгі құралдарының бірі болып табылады. Дегенмен, бұл кескіндерді түсіндіру қиын болуы мүмкін және жоғары білікті мамандарды қажет етеді. Рентгендік кескіндердегі патологияларды автоматты түрде анықтау үлгісін жасау диагностикалық үдерісті жылдамдатуға, адам қателіктерінің қаупін азайтуға және медициналық көмекке қолжетімділікті арттыруға көмектеседі.

Рентгендік кескіндердегі патологияларды анықтауға арналған модельдерді құрудың бірнеше тәсілдері бар. Ең кең таралған әдістердің бірі - конволюционды нейрондық желілерді (CNN) пайдалану арқылы терең оқыту. CNN әртүрлі абстракция деңгейлеріндегі кескіндерден мүмкіндіктерді шығарып, оларды патологияларды анықтауда тиімді етеді. Басқа әдістерге тірек векторлық машиналары (SVM) және шешім ағашының ансамбльдері сияқты машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалану кіреді.

Диагностикалық процесті автоматтандыру үшін рентгендік кескіндердегі патологияларды анықтау үлгілері клиникалық тәжірибеге біріктірілуі мүмкін. Олар дамудың ерте кезеңдерінде патологияларды анықтауға көмектесетін үлкен популяциялар үшін скрининг құралы ретінде пайдаланылуы мүмкін. Сонымен қатар, модельдерді PACS (кескіндерді мұрағаттау және коммуникация жүйесі) жүйелеріне енгізуге болады, бұл емхана дәрігерлеріне талдау нәтижелеріне жылдам қол жеткізуді қамтамасыз етеді.

Рентгенологиялық кескіндерде патологияны анықтауға арналған модельдер үлкен әлеуетке ие болғанымен, олардың шектеулері де бар. Мысалы, үлгілерді үйрету үшін таңбаланған деректердің жеткіліксіздігі жеткіліксіз дәлдікке әкелуі мүмкін. Бұған қоса, модель нәтижелерін түсіндіруде және оларды нақты әлемдегі клиникалық ортаға аударуда қиындықтар бар. Рентгендік кескіндердегі патологияларды автоматты түрде анықтау моделін құру көптеген аурулардың диагностикасы мен емдеуін айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік беретін өзекті мәселе болып табылады. Терең оқыту және машиналық оқыту әдістерін одан әрі дамыту, сондай-ақ кескінді талдау алгоритмдерін жетілдіру клиникалық тәжірибеде пайдалану үшін тиімдірек және дәл үлгілерді жасауға мүмкіндік береді.

Faster R-CNN медициналық кескіндерде объектіні анықтауға арналған модель. Бұл зерттеуде кескіндердегі нысанды анықтау тапсырмаларының жетілдірілген үлгілерінің бірі болып табылатын Faster R-CNN (Faster Region-based Convolutional Neural Network) терең оқыту моделі пайдаланылды. Faster R-CNN – бұл әртүрлі кластағы объектілерді анықтауда жоғары дәлдік пен тиімділікке қол жеткізуге мүмкіндік беретін конволюциялық нейрондық желі мен аймақтық болжау алгоритмінің үйлесімі. Faster R-CNN объектілерді анықтау тапсырмасы үшін жетілдірілген терең оқыту алгоритмі болып табылады, ол өзінен бұрынғылармен салыстырғанда тиімділік пен дәлдікті айтарлықтай жақсартты. Медициналық кескінде, Faster R-CNN диагностикалық зерттеулерде құнды қолдауды қамтамасыз ететін ісіктер, түйіндер және кеуде қуысының басқа патологиялық өзгерістері сияқты ауытқуларды анықтау және оқшаулау үшін қолданылуы мүмкін.

Faster R-CNN негізгі құрамдастары конволюционды нейрондық желі (магистраль), аймақтық ұсыныс желісі (RPN) және қорапты классификациялау және қорапты шектейтін регрессия модулі болып табылады. Конволюциялық нейрондық желі кіріс кескінінен белгілерді шығаруға жауап береді, RPN нысандарды қамтитын үміткер аймақтарды ұсынады, ал қорапты жіктеу және регрессия модулі анықталған нысандардың сыныптарын анықтайды және олардың шекараларын дәл белгілейді.

Бұл диссертациялық жұмыстағы қосымша белгі үшін әрбір суреттің фракталдық талдау мәнін қолдану туралы шешім қабылданды. Фракталды талдау – күрделі құрылымдарды талдау әдісі, ол фрактал ұғымына және олардың өзіндік ұқсастығына негізделген. Кеуде қуысының рентгенографиясы сияқты медициналық кескіндерінде фракталдық талдау кескіндердің текстуралық және құрылымдық сипаттамаларын сипаттау үшін пайдалы құрал бола алады.

Әрбір кескінге фракталдық талдау мәнін қосу үшін сәйкес параметрлер есептелді және Faster R-CNN үлгісіне қосымша белгілер ретінде қосылды. Бұл кескіндердің құрылымы мен текстурасы туралы қосымша ақпаратты ескеруге мүмкіндік береді, бұл модельдің жалпылау қабілетін және оның кеуде қуысының рентгенографиясында патологияларды анықтау және классификациялау қабілетін жақсартуға әкелуі мүмкін.

Қазіргі заманғы медицина кеуде қуысының рентгенограммасында патологияны тиімді және дәл анықтау қажеттілігіне тап болады. Сандық рентгенограммалар тыныс алу және жүрек-қантамыр жүйесінің жағдайы туралы кең ақпарат береді, бірақ оларды талдау медициналық мамандардың жоғары біліктілігі мен уақытын қажет етеді [25, р. 6-16]. Бұл жұмыста терең оқыту әдістері рентгенограммадағы патологияларды классификациялау процесін автоматтандырудың және жақсартудың негізгі құралына айналды. Бұл саладағы негізгі міндеттердің бірі-кеуде қуысының рентгенографиясындағы патологияларды автоматты түрде классификациялау жоғары дәлдікпен және тиімділікпен алынды. Өкпенің қатерлі ісігі, туберкулез және басқа патологиялар сияқты кеуде қуысының ауруларын дұрыс және жылдам диагностикалау сәтті емдеу және пациенттердің өмір сүруін арттыру үшін өте маңызды. Терең оқыту әдістері Faster R-CNN алгоритмі осы ауруларды Автоматты диагностикалау мен классификациялаудың жаңа мүмкіндіктерін ұсынады.

Faster R-CNN негізгі архитектурасы. Faster R-CNN келесі негізгі компоненттерді біріктіру арқылы объектілерді анықтау процесін жақсартады:

1. Конволюциялық қабаттар: кіріс кескіндерінен белгілерді автоматты түрде алу үшін қолданылады, әрі қарай талдауға негіз болады.

2. Region Proposal Network (RPN): бұл Faster R-CNN-ге инновациялық қосымша, ол автоматты түрде және тиімді түрде аймақтық ұсыныстар жасауға мүмкіндік береді (region proposals) - нысандарды ұстауға үміткерлер. RPN алгоритмді едәуір жылдам етеді, өйткені ол негізгі конволюциялық желімен біріктірілген және нақты уақыт режимінде жұмыс істейді.

3. RoI Pooling: әр түрлі көлемдегі ұсынылған аймақтарды тұрақты өлшемге айналдыратын процесс, сондықтан оларды толық байланыстырылған қабаттармен өңдеуге болады. Бұл желіге ұсынылған аймақтарды тиімді жіктеуге және дәл локализация үшін объектілер шекарасының жылжуын бір уақытта болжауға мүмкіндік береді.

4. Шекараның жіктелуі және регрессиясы: соңғы кезеңде Faster R-CNN ROI Pooling нәтижелерін әрбір ұсынылған аймақты классификациялау үшін пайдаланады, оның құрамында қызығушылық бар-жоғын анықтайды және детекцияның дәлдігін жақсарту үшін объектінің шекараларын бір уақытта реттейді.

Медициналық кескіндерде Faster R-CNN қолдану

Faster R-CNN медициналық бейнелеудің маңызды артықшылықтарын көрсетеді:

‒ детекцияның жоғары дәлдігі: кескіндердегі объектілерді дәл локализациялау және классификациялау қабілетінің арқасында алгоритм патологиялық өзгерістерді тиімді анықтауға мүмкіндік береді;

‒ жеделдетілген талдау: RPN-ді негізгі гүл желісімен біріктіру анықтау процесін едәуір жылдамдатады, бұл Faster R-CNN-ді клиникалық қосымшаларға қолайлы етеді, мұнда уақыт маңызды фактор болып табылады;

‒ икемділік және бейімделу: модельді белгілі бір патологияларды анықтау үшін арнайы медициналық деректер жиынтығында оқытуға болады, бұл оны әртүрлі диагностикалық тапсырмалар үшін күшті құрал етеді.

Faster R-CNN-бұл медициналық диагностикада маңызды қосымшаларды табатын объектілерді анықтаудың озық алгоритмі. Медициналық кескіндердегі патологиялық өзгерістерді тиімді және дәл анықтау қабілеті оны диагностиканың дәлдігі мен жылдамдығын жақсартудың таптырмас құралына айналдырады. Мұндай технологияларды клиникалық тәжірибеге енгізу диагностикалық процестердің тиімділігін едәуір арттырады, мамандарға жүктемені азайтады және маңызды клиникалық шешімдер қабылдау процесін жеделдетеді. Сонымен қатар, Master-CN сияқты алгоритмдерді қолдана отырып, медициналық кескінді талдауды автоматтандыру адамның қателігін азайтуға көмектеседі, бұл әсіресе ерте сатыдағы ауруларды диагностикалауда маңызды.

Медициналық диагностикада Faster R-CNN артықшылықтары оның бейімделуімен және масштабталуымен толықтырылады. Модельді әртүрлі мәліметтер жиынтығында оқытуға болады, бұл оны әртүрлі аурулардың нақты талаптары мен диагностикалық жағдайларына бейімдеуге мүмкіндік береді. Осылайша, Faster R-CNN қазіргі диагностикалық тапсырмалар үшін қуатты құрал ретінде ғана емес, сонымен қатар болашақ зерттеу және клиникалық қажеттіліктерге бейімделу мүмкіндігіне ие.

Дегенмен, кең мүмкіндіктерге қарамастан, Faster R-CNN-ді медициналық тәжірибеге енгізу және пайдалану деректерді мұқият дайындауды, параметрлерді реттеуді және сапалы аннотацияланған деректер жиынтығында модельді оқытуды қажет етеді. Сонымен қатар, Faster R-CNN негізіндегі диагностикалық жүйенің сенімділігі мен тиімділігін қамтамасыз ету үшін модельді үнемі тексеріп, жаңартып отыру, сондай-ақ жаңа клиникалық деректер мен жағдайларға бейімделу қажет.

Қорытындылай келе, Faster R-CNN медициналық кескіндерді талдау үшін қолданылатын компьютерлік көру және машиналық оқыту саласындағы айтарлықтай ілгерілеуді білдіреді. Оны медициналық тәжірибеге енгізу диагностиканың дәлдігі мен тиімділігін арттыру үшін жаңа көкжиектер ашады, сонымен бірге осы саладағы қосымша зерттеулер мен әзірлемелерге негіз болады.

**3.2 Faster R-CNN алгоритмінің қолдану тиімділігі**

Faster R-CNN екі негізгі компоненттен тұрады: аймақтық ұсыныстарды құруға арналған RPN және осы ұсынылған аймақтардың орналасуын жіктеу және нақтылау үшін Fast R-CNN. RPN кескінді жылжымалы терезе арқылы сканерлеу арқылы жұмыс істейді, ол конвергенциялық желі арқылы өтіп, аймақтардың ұсыныстарын жасайды және олардың «объективтілігін» бағалайды. Содан кейін бұл ұсыныстарды Fast R-CNN объект класын анықтау және кадр шекараларын реттеу үшін пайдаланады.

Faster R-CNN артықшылықтары:

1. Жылдамдық пен дәлдік: Faster R-CNN бір желіге RPN және Fast R-CNN интеграциясының арқасында жоғары дәлдікті сақтай отырып, нысандарды анықтау процесін айтарлықтай жылдамдатты. Бұл алдыңғы модельдерде қиындық тудырған аймақ ұсыныстарын құру үшін жеке алгоритмдерді қолдану қажеттілігін болдырмайды.
2. End-to-End тренингі: алдыңғылардан айырмашылығы, Faster R-CNN бір процесте тұжырымдамалық түрде оқытылуы мүмкін, бұл оқу процесін жеңілдетеді және оның тиімділігін арттырады.
3. Икемділік: модель архитектурасы оны әртүрлі нысандарды анықтау тапсырмаларына оңай бейімдеуге мүмкіндік береді, бұл Faster R-CNN-ді автономды жүргізуден медициналық бейнелеуге дейін әртүрлі салаларда кеңінен қолдануға мүмкіндік береді.

*Басқа терең оқыту модельдерімен салыстыру.* Faster R-CNN объектілерді анықтау тәсілімен Yolo (you Only Look Once) және SSD (Single Shot Multibox Detector) сияқты басқа терең оқыту модельдерінен ерекшеленеді. YOLO және SSD дәлдікті төмендету арқылы анықтау жылдамдығын арттыруға бағытталған болса, Faster R-CNN қолайлы өңдеу жылдамдығымен жоғары дәлдікке қол жеткізуге тырысады. Мысалы, YOLO кескінді бір өтуде өңдейді, бұл оны өте жылдам етеді, бірақ кейбір сценарийлерде Faster R-CNN-мен салыстырғанда дәл емес.

Оның артықшылықтарына қарамастан, Faster R-CNN-де кейбір кемшіліктер бар, соның ішінде есептеу ресурстарына салыстырмалы түрде жоғары талаптар және іске асыру мен конфигурациялаудың күрделілігі. Сонымен қатар, жылдамдық алдыңғы модельдермен салыстырғанда айтарлықтай жақсарғанымен, кейбір нақты уақыттағы қосымшалар үшін бұл әлі де жеткіліксіз болуы мүмкін.

Faster R-CNN-жылдамдық пен дәлдікті теңестіретін, оны қолданбалардың кең ауқымына қолайлы ететін қуатты нысанды анықтау архитектурасы. Оның end-to-end-ті үйрену қабілеті, икемділігі және жоғары дәлдігі оны көптеген компьютерлік көру тапсырмаларында таңдаулы таңдау етеді. Алайда, Faster R-CNN-ді оңтайлы пайдалану үшін оның есептеу ресурстарына қойылатын талаптарын және іске асырудағы күрделілігін ескеру қажет, әсіресе нақты уақыт режимінде өңдеуді қажет ететін қосымшаларда орналастырылған кезде.

Region Proposal Network (RPN) – Faster R-CNN архитектурасының негізгі инновациясы, ол кескіндердегі нысандарды анықтау процесін айтарлықтай жақсартты. RPN-бұл жылжымалы терезені (sliding window) пайдаланып кескінді сканерлейтін және объектілері бар әлеуетті аймақтарды (немесе аймақтық ұсыныстарды) ұсынатын толық конволюциялық желі (Fully Convolutional Network, FCN). Содан кейін бұл аймақтарды келесі желі (мысалы, Fast R-CNN) объектілерді әрі қарай жіктеу және олардың шекараларын нақтылау үшін пайдаланады. RPN бастапқы R-CNN-де Selective Search алгоритмін пайдалану сияқты алдыңғы тәсілдермен салыстырғанда аймақтарды ұсыну процесін едәуір жеделдетті және жеңілдетті.

*RPN-нің жұмыс істеуі:*

1. Конволюциялық қабаттар: бастапқы кезеңде кескін белгілерді алу үшін конволюциялық қабаттар қатарынан өтеді.
2. Жылжымалы терезе: содан кейін, конволюциялық қабаттардан кейін алынған белгі картасында бекітілген өлшемді жылжымалы терезе қолданылады. Әрбір терезе позициясы үшін желі k-өлшемді векторды есептейді, мұндағы k — ұсынылған аймақтардың саны (anchors). Бұл anchors әртүрлі өлшемдер мен пішіндердегі нысандарды анықтауға мүмкіндік беретін әртүрлі масштабтар мен арақатынастарға ие.
3. Классификациялау және регрессия: әрқайсысы үшін anchor RPN екі нәрсені болжайды: anchor-да объектінің болу ықтималдығы (және фон емес) және объектіге жақсырақ сәйкес келу үшін anchor шекараларын реттейтін төрт регрессия мәні.
4. Non-Maximum Suppression (NMS): бір объект үшін көптеген қабаттасатын аймақтар ұсынылуы мүмкін болғандықтан, әр объект үшін ең ықтимал аймақты таңдау үшін максимумды басу процедурасы (NMS) қолданылады, осылайша ұсыныстар саны азаяды.

*RPN артықшылықтары*

1. Тиімділік: RPN-ді Fast R-CNN желісімен бір құбырға біріктіру мүмкіндік береді нақты уақыттағы оқыту және болжау, бұл объектілерді анықтау процесін едәуір жылдамдатады.
2. Әмбебаптық: RPN кіріс кескінінің кез келген өлшеміне бейімделуі мүмкін және anchors пайдалану арқылы әртүрлі масштабтағы және аспектілердегі нысандарды анықтай алады.
3. End-to-End тренингі: RPN және Fast R-CNN бір процесте бірлесіп оқытылуы мүмкін, бұл модельдің жалпы өнімділігін жақсартады.

*Шектеулер:*

1. Есептеу күрделілігі: тиімділігіне қарамастан, RPN айтарлықтай есептеу ресурстарын қажет етеді, әсіресе жоғары ажыратымдылықтағы кескіндерді өңдеу кезінде.
2. Anchors параметрі: anchors өлшемдері мен арақатынасын таңдау модельдің жұмысына айтарлықтай әсер етуі мүмкін, бұл белгілі бір деректер жиынтығы үшін мұқият орнатуды қажет етеді.

RPN объектілерді анықтау саласындағы маңызды қадам болды, бұл аймақтық ұсыныстарды құру үшін сыртқы әдістерді қолдану қажеттілігін жойды және бұл процесті тікелей терең оқыту архитектурасына біріктірді. Бұл жылдамдықты ғана емес, сонымен қатар объектілерді анықтау дәлдігін де жақсартты, бұл faster R-CNN-ді осы саладағы ең тиімді және кеңінен қолданылатын модельдердің біріне айналдырды.

Faster R-CNN оқыту процесіне мультифракталды талдауды енгізу объектілерді анықтаудың дәлдігі мен тиімділігін жақсартуға инновациялық тәсіл болып табылады. Фракталдық өлшем, белгілі бір қызығушылық аймақтарының (ROI) қосымша белгісі ретінде, кескін ішіндегі нысанның құрылымының, пішінінің және шекараларының күрделілігі туралы қосымша ақпарат бере алады. Бұл өз кезегінде модельге кескіндегі объектілерді жақсырақ ажыратуға көмектеседі, әсіресе күрделі фон жағдайында немесе құрылымы ұқсас объектілер болған кезде.

*Фракталдық өлшем белгі ретінде.*Фракталдық өлшем пішіннің кеңістікті қаншалықты толтыратынын көрсететін пішіннің күрделілігін сипаттайды. Нысанды анықтау кезінде оны объектінің шекараларын, оның құрылымын немесе тіпті ROI ішіндегі түстердің таралуын сипаттау үшін пайдалануға болады. Фракталдық өлшем әртүрлі масштабтағы объектілердің құрылымдық күрделілігін ескеретіндіктен, ол көрнекі түрде ұқсас, бірақ әртүрлі фракталдық күрделілігі бар объектілерді ажыратуға көмектесетін қосымша дескриптор ретінде қызмет ете алады.

*Оқытуға және дәлдікке әсері.* Нысандарды ажыратуды жақсарту: фракталдық өлшемді белгі ретінде біріктіру модельге нысандарды жақсырақ ажыратуға көмектеседі, әсіресе нысандардың қабаттасуы, әртүрлі текстуралар және жарықтандырудың өзгеруі сияқты қиын жағдайларда. Бұл объектілерді анықтау дәлдігінің жақсаруына әкелуі мүмкін.

Масштабқа сезімталдықты реттеу: мультифракталды талдау модельге әр түрлі деңгейдегі фракталдық өлшемді талдаудың арқасында әр түрлі көлемдегі және масштабтағы объектілерге сезімтал болуға мүмкіндік береді. Бұл үлкен және кіші нысандарды жоғары дәлдікпен анықтауға көмектеседі.

Жалпылау қабілетін арттыру: фракталдық өлшемді белгі ретінде пайдалану модельге жаңа, бұрын-соңды болмаған мәліметтерге жақсырақ жалпылауға көмектеседі, өйткені фракталдық Өлшем табиғатта кездесетін және адам жасаған нысандардағы пішіндер мен текстуралардың негізгі сипаттамасы болып табылады.

*Тиімділікке әсері.*Белгі ретінде фракталдық өлшемді қосу модельдің дәлдігін жақсарта алатынына қарамастан, бұл есептеу тиімділігіне де әсер етуі мүмкін. Фракталдық өлшемді есептеу қосымша есептеулерді қажет етеді, бұл модельдің оқу уақыты мен инференциясын арттыруы мүмкін. Алайда, бұл кемшілікті фракталдық өлшемді есептеу алгоритмін оңтайландыру және тиімді есептеу ресурстарын пайдалану арқылы өтеуге болады.

Faster R-CNN оқу процесіне мультифракталды талдауды біріктіру фракталдық өлшемге қатысты қосымша белгілерді қамтамасыз ету арқылы нысандарды анықтау дәлдігін жақсартудың жаңа мүмкіндіктерін ашады. Бұл әсіресе күрделі визуализация жағдайында және күрделі текстуралары мен пішіндері бар нысандармен жұмыс істегенде пайдалы болуы мүмкін. Есептеу жүктемесінің ықтимал артуына қарамастан, дәлдік пен жалпылау қабілетінің артықшылықтары бұл кемшіліктерден айтарлықтай асып түсуі мүмкін, бұл тәсілді компьютерлік көру үшін терең оқыту алгоритмдерін дамытудағы перспективалық бағытқа айналдырады.

Бұл диссератциялық жұмыс медициналық кескіндерді беру, сақтау және бейнелеу стандарты болып табылатын DICOM форматындағы рентген сәулелерінде өкпе патологиясын анықтау тапсырмасы үшін Faster R-CNN конволюциялық нейрондық желісін қолдануды қарастырады. Бұл форматтағы кескіндер 14 биттік жоғары ажыратымдылыққа ие, бұл қарқындылық тереңдігін 16 383 бірегей сұр реңкке дейін жеткізеді, бұл 256 реңктері бар стандартты 8 биттік кескіннен едәуір асып түседі. Бұл қосымша тереңдік егжей-тегжейлі кескіндерді алуға мүмкіндік береді, бұл өкпе сияқты тіндердегі ұсақ және төмен контрастты ауытқуларды анықтауда өте маңызды. Faster R-CNN мен Faster R-CNN -ге Fractal dimension қосып алынған салыстыру нәтижесі 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2 ‒ Салыстыру кестесі

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Классификациялау әдісі | Дәлдігі, % | Қателесуі, % | F1-score, % | Оқыту уақыты |
| Faster R-CNN | 97 | 2.55 | 95 | 50 мин |
| Faster R-CNN + Fractal dimension | 99.5 | 2 | 97 | 360 мин |

Faster R-CNN компьютерлік көру саласындағы озық архитектуралардың бірі бола отырып, рентген кескіндердегі объектілерді анықтауға және оларды классификациялауға қабілетті. Бұл модель өкпе ауруларын диагностикалаудың ажырамас құралы болып табылатын рентгендік кескіндердегі қалыптан тыс аймақтарды автоматтандырылған анықтау тапсырмасына бейімделген. Алайда, осы модельдің жоғары тиімділігіне қарамастан, өкпе патологияларын тану міндетінде патологиялардың формалары, өлшемдері мен құрылымдарының әртүрлілігімен байланысты ерекше қиындықтар бар, бұл желіні оқытуға негізделген белгілердің классикалық жиынтығын кеңейтуді талап етеді.

Дәлдікті күшейту мақсатында қосымша белгі ретінде бұл зерттеуде фракталдық өлшем қолданылды. Көптеген биологиялық құрылымдарға тән фракталдар әртүрлі масштабта қайталанатын үлгілер болып табылады. Фракталдық өлшем, өз кезегінде, осы өзіндік ерекшелік пен күрделіліктің өлшемі болып табылады. Өкпенің рентгенографиясы сияқты медициналық кескіндерде фракталдық өлшем көбінесе фракталдық сипаттағы ісіктер немесе фиброз аймақтары сияқты қалыптан тыс жерлерді анықтауға көмектеседі.

Фракталдық өлшемді белгі ретінде пайдалану нәтижелерді айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік берді. Фракталдық өлшемнің қосымша белгісі бар желі Faster R-CNN базалық моделіндегі 97%-бен салыстырғанда 99.5% дәлдікті (үлесті) көрсетті. Бұл жақсарту медициналық диагностика үшін 2.5% маңызды, мұнда әрбір пайыз ауруды сәтті анықтау мүмкіндігін арттырады. Сонымен қатар, қате жіктелген қалыптан тыс аймақтардың саны 2.55%-дан 2%-ға дейін төмендеді, бұл жалған позитивтердің төмендеуін көрсетеді, бұл қажетсіз биопсиялар немесе басқа инвазивті процедуралар санын азайту үшін өте маңызды.

Үлкен деректер құрылымдарындағы қатынастар мен заңдылықтарды табу үшін зерттеудің әртүрлі әдістерін қамтитын деректер ғылымының салалары машиналық оқыту және деректерді талдау деп аталады. Сонымен қатар, ең кең класты есептерді шешуде машиналық оқыту әдістерінің жоғары танымалдылығына және кеңінен қолданылуына қарамастан, бүгінгі күні қолданылатын алгоритмдердің сапасын бағалаудың бірыңғай тәсілдері жоқ. Машиналық оқыту алгоритмдерімен шешілетін есептердің негізгі кластарының бірі - бақыланатын объектіні кейіннен автоматты түрде немесе адам шешім қабылдау үшін белгілі бір сыныпқа тағайындау.

Берілген критерийге байланысты әртүрлі функцияларды пайдалана отырып, мүмкіндіктер арасындағы жасырын тәуелділіктерді тиімді анықтауға және сипаттауға мүмкіндік беретін машиналық оқыту моделін құру таңдалған алгоритмнің сапасын анықтау міндетімен бірге жүреді.

Классификациялау мәселелерін шешуде машиналық оқыту алгоритмдерінің тиімділігін бағалау үшін қолданылатын көптеген әртүрлі көрсеткіштер бар. Машиналық оқыту алгоритмдерінің тиімділігін бағалау үшін көрсеткіштерді мұқият таңдау қажеттілігі келесі факторларға байланысты:

Таңдалған метрикаға машиналық оқыту алгоритмдерінің өнімділігін өлшеу және салыстыру әдістерінің тәуелділігі.

Нәтижедегі әртүрлі сипаттамалардың маңыздылығын бағалау таңдалған метрикаға да байланысты болады.

Классификациялау тапсырмаларының негізгі өнімділік көрсеткіштері:

1. Дәлдік - дұрыс болжанған бақылаулардың олардың жалпы санына қатынасы болып табылатын өнімділіктің ең интуитивті көрсеткіші. Қатесіз көрсеткіш модельдің дұрыс дайындалғанын және оның тұтастай жұмыс істейтінін бірден көрсете алады. Дегенмен, ол модельдің белгілі бір мәселеге қолданылуы туралы толық ақпарат бермейді.

Жоғары дәлдік бізге ең жақсы алгоритмді таңдау туралы бастапқы қорытынды жасауға мүмкіндік береді, бірақ бізде оң және теріс кластардың мәндері дерлік тең болатын симметриялық деректер жиыны болған жағдайда ғана. Басқа жағдайларда дәлдік ең жақсы көрсеткіш емес, өйткені ол ықтималдықты бағалауды есепке алмайды.

2. Қателер матрицасы (error matrix) сонымен қатар екі немесе одан да көп кластардың түрі шығарылатын классификациялық есептердегі алгоритмдердің дұрыстығы мен дәлдігін анықтау үшін қолданылатын интуитивті және қарапайым метрика болып табылады. Дегенмен, қателіксіз жылдамдық сияқты, қателік матрицасы ықтималдық бағасын есепке алмайды.

Қате матрицасы – бұл M\*M өлшемді матрица, мұндағы M – болжанған кластар саны. Ең қарапайым классификациялау есебінің жағдайы үшін M = 2, сондықтан біз екі өлшемді («нақты» және «болжалды») және екі өлшемдегі «кластар» жиыны бар 2\*2 матрицаны аламыз. Мұндағы нақты сынып жолдар, ал болжанған класс бағандар (3-кесте).

Кесте 3 - Қателер матрицасы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Нақты | Болжалды | |
| 0 | 1 |
| 0 | TN | FP |
| 1 | FN | TP |

Шынайы-теріс (ТN – Тrue Negatives) - нақты және болжамды деректер класының екеуі де 0 болғанда. Мысал: индикатор шын мәнінде теріс (0) және модель бұл көрсеткішті теріс (0) деп жіктеген жағдай.

Теріс шынайы (FP – False Positives) - деректер метрикасының нақты класы 0 және деректердің болжанған класы 1 болатын жағдай. Мысал: метрика шын мәнінде теріс (0) және үлгі метриканы оң (1) ретінде классификациялаған жағдай.

Теріс жалған (FN – False Negatives) - деректердің нақты класы 1 және болжанатын класы 0 болатын жағдай. Мысал: балл шын мәнінде оң (1) және модель баллды теріс (0) деп классификациялаған жағдай.

Шынайы ақиқат (ТР – Тrue Positives) - нақты және болжамды деректер класының екеуі де 1 болғанда. Мысал: индикатор шын мәнінде оң (1) және модель бұл көрсеткішті оң (1) деп классификациялаған жағдай.

Қате матрицасының өзі өнімділік көрсеткіші емес, бірақ барлық дерлік өнімділік көрсеткіштері оның ішіндегі мәндерге негізделген. Модельдің теріс позитивтерінің жалпы санын М, ал оң оңдардың жалпы санын P деп белгілейік.

Қателік матрицаларда және классификациялау мәселелеріне қолданылғанда, дәлдік - жасалған болжамдардың барлық түрлері бойынша алгоритм жасаған дұрыс болжамдардың саны.

**3.3 Кеуде қуысының патологияларын ерекшелейтін ақпараттық жүйені әзірлеу**

Медициналық информатиканың қазіргі әлемінде медициналық кескіндерді сақтау және өңдеу, әсіресе DICOM пішімінде сапалы және тиімді денсаулық сақтауды қамтамасыз етудің негізгі аспектілері болып табылады. Firebase, Google бұлтты дерекқоры медициналық кескіндерді өңдеуді және сақтауды қажет ететін ақпаратты қоса алғанда, ақпараттық қолданбаларды әзірлеуге арналған қуатты және ауқымды платформаны ұсынады. Бұл мақалада біз DICOM медициналық кескін деректерін тиімді басқару үшін көп өлшемді Firebase дерекқорын құру процесі талқыланады.

Біріншіден, Firebase негізінде медициналық ақпараттық қосымшаны жасау кезінде әзірлеушілер алдында тұрған негізгі талаптар мен міндеттерді анықтау қажет:

1. DICOM кескінін сақтау: DICOM медициналық кескіндерді өңдеуге, сақтауға, басып шығаруға және беруге арналған халықаралық стандарт болып табылады. Мәліметтер базасын әзірлеу кезінде осы стандартпен үйлесімділікті қамтамасыз ету маңызды.

2. Деректердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету: Медициналық кескіндер HIPAA (Денсаулық сақтандыруының тасымалдануы және жауапкершілігі туралы акт) және GDPR (Деректерді қорғаудың жалпы ережесі) сияқты жоғары деңгейдегі қорғауды және деректерді қорғау ережелеріне сәйкестікті қажет ететін сезімтал пациент ақпаратын қамтиды.

3. Масштабтау және қол жетімділік: Дерекқор деректердің үлкен көлемін өңдеу үшін масштабтауға және жоғары қолжетімділік пен сақтау сенімділігін қамтамасыз етуге қабілетті болуы керек.

DICOM сақтау үшін Firebase пайдалану. Firebase медициналық кескіндерді сақтауды және өңдеуді қажет ететін қолданбаларды әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін әртүрлі қызметтерді ұсынады:

1. Cloud Firestore: Google Cloud мобильді, веб және серверлік қолданбаларға арналған масштабталатын дерекқор. Кескін метадеректерін сақтау және деректерге қол жеткізуді басқару үшін қолайлы.

2. Firebase Storage: DICOM пішіміндегі медициналық кескіндер сияқты үлкен файлдарды сақтауды қамтамасыз етеді. Тиімді метадеректер мен деректер файлдарын басқару үшін Cloud Firestore бағдарламасымен біріктірілген.

Құру кезеңдері:

1. Деректер схемасын жобалау: маңызды қадам медициналық кескіндер мен олармен байланысты метадеректер үшін сақтау құрылымын анықтайтын деректер схемасын жобалау болып табылады. Схема DICOM деректер түрлерін, олардың атрибуттарын және олардың арасындағы қатынастарды ескеруі керек.

2. Қауіпсіздікті іске асыру: Firebase қауіпсіздік ережелері медициналық деректердің құпиялылығы мен қорғалуын қамтамасыз ету үшін конфигурациялануы керек. Бұған пайдаланушының аутентификациясы, рөлге негізделген қол жеткізуді басқару және демалыс және транзит кезіндегі деректерді шифрлау кіреді.

3. DICOM интеграциясы: DICOM пішімі медициналық кескіндерді сақтауға, өңдеуге және ортақ пайдалануға, сондай-ақ ақпараттық қолданбаларды әзірлеуге, деректердің қолжетімділігін, сенімділігін және қауіпсіздігін қамтамасыз ететін масштабталатын платформаны қажет етеді. Диссертациялық жұмыста DICOM форматында медициналық бейнелерді сақтау және өңдеу үшін көп өлшемді Firebase деректер базасын пайдаланып ақпараттық қосымшаны әзірлеу медициналық диагностика және емдеу саласындағы заманауи технологияларды дамытудағы маңызды қадам болып табылады.

Медициналық кескіндерді сақтауға және өңдеуге арналған Firebase инфрақұрылымы. Firebase бұлтты сақтауды, нақты уақыттағы дерекқорды, пайдаланушы аутентификациясын және басқа қызметтерді қоса, көп өлшемді дерекқорды құру және басқару үшін құралдардың кең ауқымын ұсынады. Медициналық кескіндерді сақтауға арналған

Заманауи медицина өнеркәсібінде және, атап айтқанда, медициналық кескіндерді сақтау және өңдеу саласында бұлтты есептеу технологиялары басты рөл атқарады. Осы тапсырмалар үшін кешенді шешімдерді ұсынатын жетекші платформалардың бірі - Google әзірлеген бұлттық платформа Firebase. Firebase көп өлшемді дерекқорларды құруға, басқаруға және масштабтауға қолдау көрсететін құралдар мен қызметтердің кең ауқымын қамтамасыз етеді, бұл оны медициналық DICOM кескіндерін сақтау және өңдеу үшін әсіресе өзекті етеді.

Медициналық кескіндермен жұмыс істеуге арналған Firebase негізгі компоненттері. Firebase Cloud Storage ‒ кез келген түрдегі файлдарды, соның ішінде медициналық кескіндерді сақтауға арналған қуатты және қауіпсіз қызмет. Бұл жад жоғары қолжетімділікті және деректерді жаһандық таратуды қамтамасыз етеді, бұл бүкіл әлемдегі кескіндерге жылдам қол жеткізуді қажет ететін медициналық қолданбалар үшін өте маңызды. Бұлтты сақтау қуатты серверлік шифрлау арқылы деректерді қорғауға кепілдік береді.

Firebase Realtime Database және Cloud Firestore - бұл құрылымдық деректерді тиімді басқаруға мүмкіндік беретін нақты уақыттағы екі дерекқор опциясы. Медициналық қолданбалар үшін бұл кескін метадеректеріне, емделу тарихына және басқа маңызды ақпаратқа жылдам қол жеткізу мүмкіндігін білдіреді. Екі дерекқор да сенімді, қауіпсіз денсаулық сақтау қолданбаларын қосу үшін ауқымдылықты, жүйелілікті және икемді қол жеткізуді басқаруды қамтамасыз етеді.

Firebase Authentication пайдаланушының аутентификациясын басқаруға арналған кешенді шешімді ұсынады, электрондық пошта мен құпия сөзді қоса бірнеше кіру әдістерін, сондай-ақ Google, Facebook және Twitter сияқты үшінші тарап провайдерлері арқылы аутентификацияны қолдайды. Медициналық қолданбаларда бұл ақпараттың құпиялылығы мен қауіпсіздігін қамтамасыз етудің ажырамас аспектісі болып табылатын пациенттің құпия деректеріне қатаң қол жеткізуді бақылауды қамтамасыз етеді.

Денсаулық сақтау қолданбаларын Firebase-пен біріктіру бірқатар маңызды артықшылықтарды ұсынады, соның ішінде:

1. Масштабтау: Firebase өсіп келе жатқан деректерді сақтау және өңдеу қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін инфрақұрылымды масштабтауды жеңілдетеді, бұл медициналық кескіндердің үнемі өсіп келе жатқан көлеміне тап болған денсаулық сақтау ұйымдары үшін өте маңызды.

2. Сенімділік және қол жетімділік: Firebase қызметтерінің жоғары қолжетімділігі және олардың таратылған архитектурасы медициналық деректерге үздіксіз қол жеткізуді қамтамасыз етеді, бұл маңызды медициналық процестерде қолданылатын қолданбалар үшін маңызды.

3. Қауіпсіздік: Firebase кеңейтілген деректерді қорғау мүмкіндіктерін, соның ішінде демалыс кезінде және тасымалдау кезінде деректерді шифрлауды және денсаулыққа қатысты құпия ақпаратты қорғауға көмектесетін икемді кіру ережелерін ұсынады.

4. Жеңілдетілген әзірлеу: біріктірілген қызметтер мен қолдануға оңай API интерфейстері арқылы Firebase денсаулық сақтау қолданбасын әзірлеу процесін айтарлықтай жеңілдетеді, бұл әзірлеушілерге инфрақұрылымды қолдауға емес, қолданбаның пайдаланушы тәжірибесі мен функционалдығын жасауға назар аударуға мүмкіндік береді.

Firebase медициналық кескіндерді сақтауға және өңдеуге арналған платформа ретінде пайдалану медицина саласы үшін жаңа перспективаларды ашады. Ауқымдылықты, сенімділікті, қауіпсіздікті және оңайлатылған әзірлеу процесін қамтамасыз ететін Firebase заманауи медициналық диагностика мен емдеу қажеттіліктерін қанағаттандыра алатын қуатты құрал болып табылады. Бұл технологияны енгізу денсаулық сақтау қызметтерінің сапасы мен қолжетімділігін айтарлықтай жақсартып, алдыңғы қатарлы медициналық технологияларды бүкіл әлем бойынша пациенттердің кең ауқымы үшін қолжетімді ете алады (10-сурет).

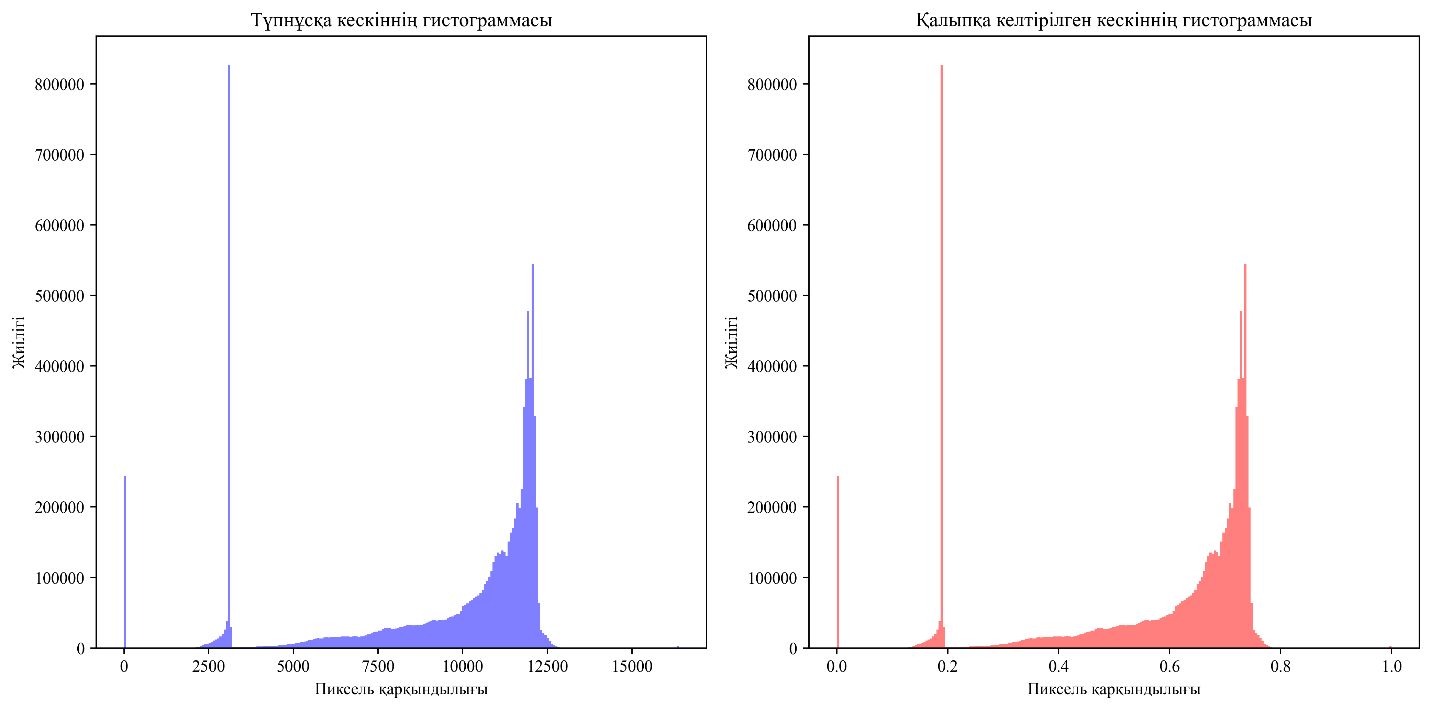
|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| а | ә |

а ‒ бастапқы кескін; ә ‒ VOI LUT қолданғаннан кейінгі кескіндер

Сурет 10 ‒ Контрастты жақсарту үшін VOI LUT қолданар алдында және кейін кеуде қуысының рентгенографиясын салыстыру

Нәтижесінде 11-суретте нормаланған кескіннің гистограммасын байқауға болады, мұнда пиксел қарқындылығының таралуы трансформацияланған стандартталған диапазонда көрсетіледі. Бұл зерттеушілерге әртүрлі көздерден және жарықтандыру жағдайларынан алынған кескіндерді біркелкі қарқындылық шкаласымен өңдеуге мүмкіндік береді, бұл сандық талдау және кескінді автоматтандырылған өңдеу әдістерін пайдалану үшін өте маңызды.

Нормалау сонымен қатар мүмкіндіктерді шығару және машиналық оқыту үшін деректерді дайындау процесін жеңілдетеді, мұнда кіріс деректерінің біркелкілігі оқытылған модельдердің дәлдігі мен жалпылау қабілетін айтарлықтай жақсарта алады. Бұл қадам диагностикалық өнімділікті жақсарту және медициналық бейнелеуде автоматтандыруды арттыру үшін кескінді алдын ала өңдеу тізбегінің ажырамас элементі болып табылады.

****

Сурет 11 ‒ Пиксель қарқындылығын қалыпқа келтіру

Жүктелген гистограммалар екі кескіннің пиксель қарқындылығының таралуын көрсетеді. Бірінші гистограмма, көк түсті, бастапқы кескіннен алынған және абсолютті бірліктерде пиксель қарқындылығының таралуын көрсетеді. Мұнда қарқындылықтың 0-ден 15 000-ға дейін кең ауқымда өзгеретінін, белгілі бір аймақтарда жоғары шыңдары бар, бұл бастапқы кескіндегі жоғары динамикалық диапазон мен контрастты көрсететінін көруге болады.

11-суретте (қызыл гистограмма) қалыпқа келтірілгеннен кейін пиксел қарқындылығының таралуы қалай көрсетілетінін көруге болады. Қалыпқа келтіру процесі бастапқы қарқындылық мәндерін 0-ден 1-ге дейінгі стандартталған диапазонға түсетіндей етіп түрлендіреді. Бұған әрбір пиксель мәнін бастапқы кескіндегі максималды қарқындылық мәніне бөлу арқылы қол жеткізіледі. Бұл өңдеу олардың бастапқы контрастына және жарықтығына қарамастан әртүрлі кескіндерді салыстыруды жеңілдетіп қана қоймайды, сонымен қатар компьютерлік көру және машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалана отырып, деректерді талдауға дайындау үшін маңызды. Қарқындылықты қалыпқа келтіргеннен кейін кескіндер үлгілер мен мүмкіндіктерді анықтау үшін қолайлырақ болады, бұл медициналық диагностикада, автоматты сегменттеу және классификациялау тапсырмаларында маңызды.

Қалыпқа келтіру нәтижесі пиксель мәндерінің диапазонын гомогенизациялау болып табылады, бұл кескінді талдау үшін тұрақты етеді және алу процедураларындағы немесе пациенттің жеке сипаттамаларындағы техникалық айырмашылықтарға байланысты өзгермелілігін азайтады. Бұл контрастты жақсарту немесе мүмкіндіктерді алу сияқты келесі өңдеу қадамдарына арналған тапсырманы жеңілдетеді, осылайша медициналық түсіндірулердің дәлдігі мен сенімділігін арттырады (12-сурет).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| а | ә |

Сурет 12 – а) түпнұсқа кескін, ә) инверсияланған кескіннің нәтижесі

Терең оқыту (Deep Learning, DL) және компьютерлік көру саласындағы жетістіктер осы кескіндерді талдаудың дәлдігін автоматтандыру және жақсарту үшін жаңа мүмкіндіктер ашты. Терең оқыту алгоритмдерге деректердегі күрделі үлгілерді үйренуге және жасырын үлгілерді анықтауға мүмкіндік береді, бұл әсіресе кеуде қуысын талдау кезінде маңызды. Бұл жұмыс кеуде қуысының сандық кескіндерін талдау үшін қолданылатын дәстүрлі және инновациялық жіктеу әдістерін қарастырады.

Диссертациялық жұмысы барысында автокорреляциялық функцияларға негізделген радиографиялық кескіндерді автоматты түрде классификациялау үшін Python тілінде ортасында жұмыстар жасалды. Жасалатын бағдарламалық қамтамасыз етудің мүмкіндіктерін іске асыру мақсатымен келесі міндеттерді шешу қажет болды: қолданыстағы әдістерді талдау және кескіндегі патологиясы бар біртекті аймақты ерекшелеуге арналған алгоритмдік-математикалық бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу.

Рентгендік кескінді өңдеу нәтижелері бойынша ауруларды неғұрлым дәл таңдау үшін автокорреляция функциясын пайдаланып кластерлеу мәселесін шешу қарастырылды. Тәжірибе нәтижесінде автокорреляция функциясы рентгендік кескіндерде шағын біртекті аймақтарды анықтады.

Корреляциялық талдау кескіннің кейбір қасиеттері туралы, мысалы, координаталар бойымен қарқындылықтың өзгеру жылдамдығы туралы, гармоникалық құрамдас бөліктерге ыдыратпай біртекті қималардың ұзындығы туралы тәжірибеде түсінік алуға мүмкіндік береді. Корреляциялық талдаудың мәні әртүрлі сигналдардың ұқсастық дәрежесін сандық түрде өлшеу болып табылады. Бұл үшін мәні негізгі примитивтердің өлшемін сипаттайтын корреляциялық функциялар қолданылады, олар өз кезегінде текстураның біркелкілігін анықтайды және олар өз кезегінде, эксперименттер нәтижесінде патологиямен анықталады. Кескіндердегі біртекті аймақтар өкпе лобтарымен байланысты текстуралық аймақтар болып саналады. Бұл тәсілде текстура кескіннің туынды емес элементтері тонның кеңістіктік өлшемімен байланысты (тонның туынды емес элементі – белгілі бір патологиялық белгілері бар кескін аймағы). Автокорреляция функциясының мәні патологияның туынды емес элементтерінің тонусының өлшемін сипаттайтын белгі ғана. Кеңістіктік орналасу корреляция коэффициентімен сипатталады, ол бір сурет элементінің жарықтылығының басқасының жарықтығына сызықтық тәуелділігінің өлшемі болып табылады.

Бұл диссертациялық жұмыстың негізгі мақсаты – өкпе ауруларын диагностикалау сапасын едәуір жақсарту мақсатында медицина мамандарына, ең алдымен дәрігерлерге арналған озық, қолдануға ыңғайлы және көпфункционалды ақпараттық жүйені құру. Бұл жүйе пациенттерді тіркеу мен есепке алудың әдеттегі рәсімдерін автоматтандыруға ықпал ететін болады, сондай-ақ медицина мамандарын жасанды интеллект пен машиналық оқыту саласындағы заманауи жетістіктер негізінде неғұрлым дәл және жедел диагностика үшін құралдармен қамтамасыз етеді.

*Негізгі тапсырмалар:*

* + дәрігерлерді тіркеу және авторизациялау үшін интерфейсті әзірлеу;
  + пациенттердің деректерін басқару үшін дәрігердің жеке кабинетін құру;
  + өкпе ауруларын диагностикалау мақсатында DICOM форматындағы медициналық кескіндерді талдау үшін терең оқыту модулін әзірлеу;
  + талдау нәтижелерін Firebase дерекқорында сақтау.

*Функционалдық талаптар:*

1. Авторизация және тіркеу: дәрігерлерді олардың жеке деректерін пайдалана отырып, қауіпсіз тіркеу және авторизациялау үшін интерфейсті қамтамасыз ету.

2. Пациенттердің деректерін басқару: дәрігердің жаңа пациенттерді тіркеу және бұрын тіркелгендер туралы ақпаратты қарау мүмкіндігі. Пациенттер туралы ақпарат жеке деректерді, ауру тарихын және сынақ нәтижелерін қамтуы керек.

3. Терең оқыту модулі: VOI LUT, қалыпқа келтіру, инверсия және гистограмманы теңестіру сияқты алдын ала өңдеу әдістерін қолдана отырып, DICOM пішіндегі кескінін өңдеу. Faster R-CNN терең оқыту әдісі арқылы қалыптан тыс аймақтардың фракталдық өлшемін есептеу және осы аймақтарды тану және классификациялау.

4. мәліметтер базасы: талдау нәтижелерін Firebase дерекқорында NoSQL құрылымымен сақтау, Тарихи диагностикалық деректерді қамтиды.

*Техникалық емес талаптар:*

1. Қауіпсіздік: қолданыстағы заңнамаға сәйкес пациенттер мен дәрігерлердің жеке деректерін қорғауды қамтамасыз ету.

2. Пайдалану мүмкіндігі: интуитивті және пайдаланушыға ыңғайлы интерфейс құру.

*Ақпараттық жүйені әзірлеу кезеңдері:*

1. Талаптарды талдау және спецификацияны дайындау

Жобаның осы бастапқы кезеңінде соңғы пайдаланушылар мен мүдделі тараптардың жүйеге қойылатын талаптарын жинау және талдау жүзеге асырылады. Жүйеге қойылатын негізгі функционалды және функционалды емес талаптар, соның ішінде қауіпсіздік, өнімділік және масштабтау талаптары анықталады. Осы мәліметтер негізінде жүйенің мақсаттары, болжамды функциялары, архитектурасы, технологиялық стегі және тестілеу әдістері егжей-тегжейлі сипатталатын жобаның техникалық сипаттамасы жасалады.

2. Жүйенің архитектурасын жобалау

Бұл кезеңде жүйенің архитектуралық шешімі жасалады, жүйенің негізгі компоненттері, олардың өзара байланысы және өзара әрекеттесу әдістері анықталады. Архитектуралық дизайн қолайлы технологиялар мен әзірлеу құралдарын таңдауды қамтиды, бұл жағдайда Python бағдарламалау тілі, PyQt5 графикалық интерфейсін құруға арналған кітапхана және TensorFlow терең оқыту кітапханасы. Сондай-ақ, осы кезеңде Firebase мәліметтер базасының құрылымын жобалау, мәліметтер схемасын және онымен өзара әрекеттесу тәсілдерін анықтау жүзеге асырылады.

3. Пайдаланушы интерфейсін әзірлеу

Пайдаланушы интерфейсін әзірлеу дәрігерлердің жүйемен өзара әрекеттесуі үшін ыңғайлы және интуитивті графикалық интерфейсті құруға бағытталған. PyQt5 пайдалану Python қолданбалары үшін жоғары сапалы графикалық интерфейстерді жасауға мүмкіндік береді. Бұл қадам сонымен қатар әртүрлі құрылғылар мен экран ажыратымдылықтары үшін интерфейстің бейімделуіне назар аударады.

4. Терең оқыту модулін әзірлеу және біріктіру

Терең оқыту модулін әзірлеу деректерді дайындауды, TensorFlow көмегімен Faster R-CNN архитектурасына негізделген модельді оқытуды және оқытылған модельді негізгі жүйеге біріктіруді қамтиды. Бұл кезеңде медициналық бейнелерді өңдеу, аннотацияланған мәліметтерге модельді оқыту және оның тиімділігін бағалау жүзеге асырылады. Кескінді өңдеудің жоғары дәлдігі мен жылдамдығын қамтамасыз ету үшін модельді оңтайландыру маңызды міндет болып табылады.

5. Жүйені сынау және жөндеу

Жүйені тестілеу жүйенің жеке компоненттерінің модульдік сынақтарынан бастап интеграциялық тестілеу мен интерфейсті тестілеуге дейінгі барлық даму кезеңдерінде жүзеге асырылады. Тестілеу жүйенің функционалдығын, қауіпсіздігін, өнімділігін және ыңғайлылығын тексеруді қамтиды. Жөндеу анықталған қателер мен кемшіліктерді түзету үшін тестілеу нәтижелері негізінде жүзеге асырылады.

6. Жүйені орналастыру және енгізу

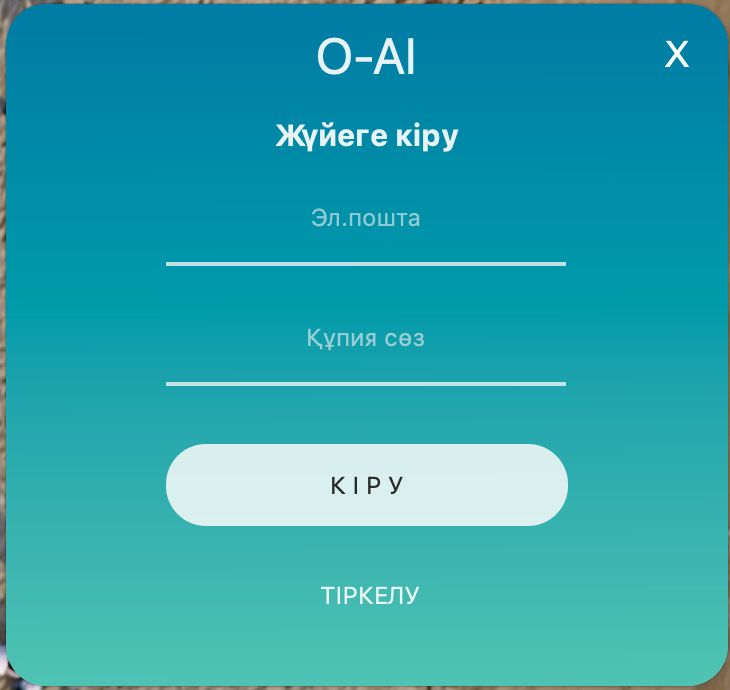
Тестілеу мен жөндеуді сәтті аяқтағаннан кейін жүйе медициналық мекемелерге орналастыруға және енгізуге дайын. Бұл кезеңде жүйені мақсатты серверлерге орнату, жүйенің ортасы мен параметрлерін реттеу, пайдаланушыларды оқыту және пайдаланудың бастапқы кезеңінде қолдау көрсетіледі. Сондай-ақ, жүйенің жұмысын бақылау және оны пайдаланушылардың өсіп келе жатқан қажеттіліктеріне қарай масштабтау маңызды аспект болып табылады.

Қабылдау критерийлері

* + жүйенің функционалдық және техникалық емес талаптарға сәйкестігін сәтті тестілеу;
  + терең оқыту Модулінің тиімділігі диагностикалық дәлдіктің алдын-ала белгіленген көрсеткіштеріне сәйкес келуі керек.

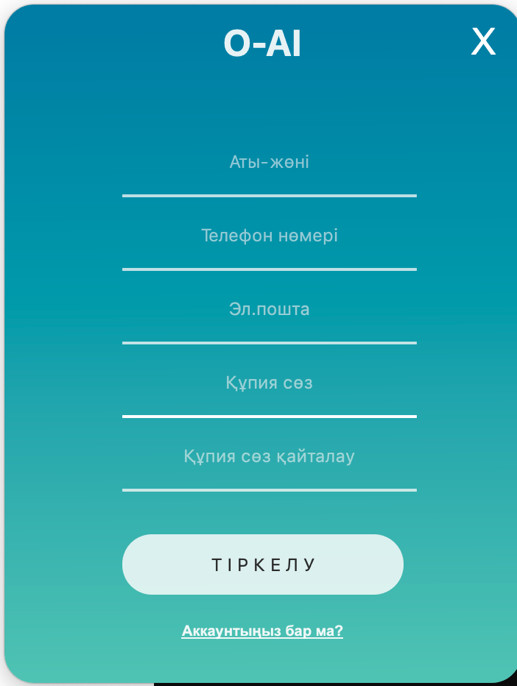
Бұл диссертациялық жұмыс ақпараттық жүйені дамытудың негізі болып табылады және техникалық және операциялық талаптарға байланысты даму процесінде толықтыруларға немесе өзгерістерге ұшырауы мүмкін.

Қолданбаны іске қосқан кезде, ең алдымен, 13-суретте көрсетілген авторизация экраны пайда болады. Бұл экранда бар пайдаланушылар үшін кіру мүмкіндігі бар.



Сурет 13 ‒ Авторизация терезесінің бейнесі

Егер пайдаланушыда әлі жасалған есептік жазба болмаса, ол тіркеу функциясын пайдаланып жүйеге тіркеле алады. Ол үшін «тіркелу» батырмасын басу жеткілікті, оның демонстрациясы 14-суретте көрсетілген. Бұл мүмкіндік пайдаланушыны Жаңа тіркелгі жасау процесіне бағыттайды, онда ол өзінің жеке деректерін енгізе алады, болашақта қосымшаға кіру үшін логин мен пароль жасай алады.

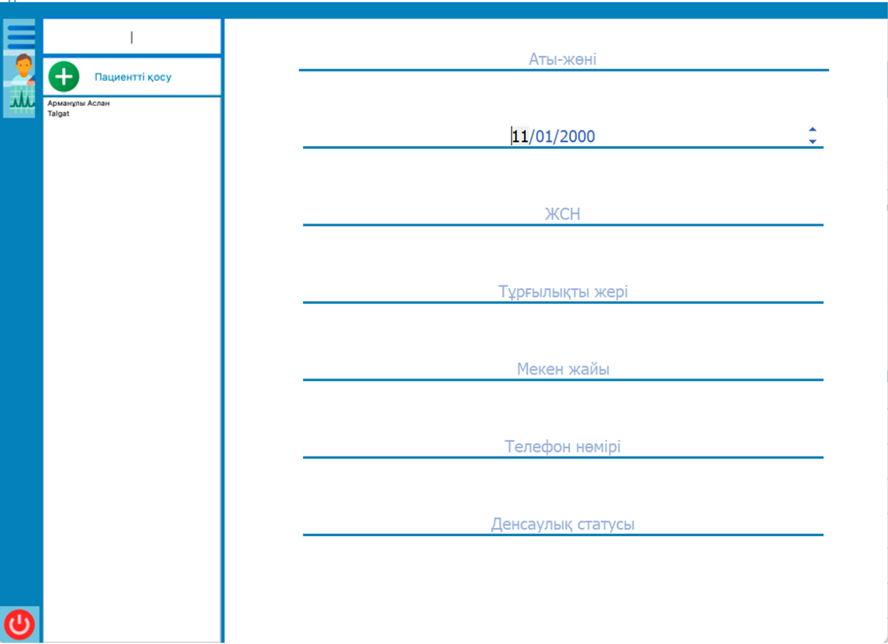


Сурет 14 ‒ Тіркелу терезесінің бейнесі

Тіркеу процесі маңызды мәселе болып табылады, өйткені ол пайдаланушының тіркелгі деректерін орнатып қана қоймайды, сонымен қатар жеке және медициналық ақпараттың қауіпсіздігі мен құпиялылығын қамтамасыз етеді. Тіркелгеннен кейін және жүйеге кіргеннен кейін пайдаланушы қосымшаның функционалдығына қол жеткізе алады, оған медициналық жазбаларды қарау, қабылдау кестесін жүргізу, пациенттермен немесе басқа медициналық мамандармен ақпарат алмасу, мамандандырылған медициналық құралдар мен мәліметтер базасын пайдалану кіруі мүмкін. Осылайша, авторизация экраны қажетті қорғаныс деңгейін және пайдаланушы тәжірибесін дараландыруды қамтамасыз ететін медициналық ақпараттық ортаға портал ретінде қызмет етеді.

Сонымен қатар, қосымшада аутентификация үшін таңбалауышты немесе басқа деректерді қамтитын txt. кеңейтімі бар жергілікті авторизация файлын құру мүмкіндігі бар. Бұл қолданбаға «Шығу» опциясын таңдау арқылы пайдаланушы белсенді түрде жүйеден шыққанға дейін әрбір келесі іске қосу кезінде пайдаланушыны автоматты түрде анықтауға мүмкіндік береді. Мұндай файлды жасау пайдаланушыға қосымша ыңғайлылықты қамтамасыз етеді, өйткені қолданба мүмкіндіктеріне қол жеткізу қажет болған сайын деректерді енгізу қажет емес.

Дәрігер өзінің жеке кабинетіне кіргеннен кейін, оның құрылымын 15-суретте көруге болатын интерфейсті көреді. Экранның сол жағында навигациялық тақта орналасқан, онда дәрігердің аты-жөні және әртүрлі функцияларға қол жеткізуге мүмкіндік беретін қосымшаның негізгі мәзірі көрсетілген. Қажет болса, дәрігер экрандағы жұмыс кеңістігін ұлғайту үшін осы мәзірді кішірейту мүмкіндігіне ие.

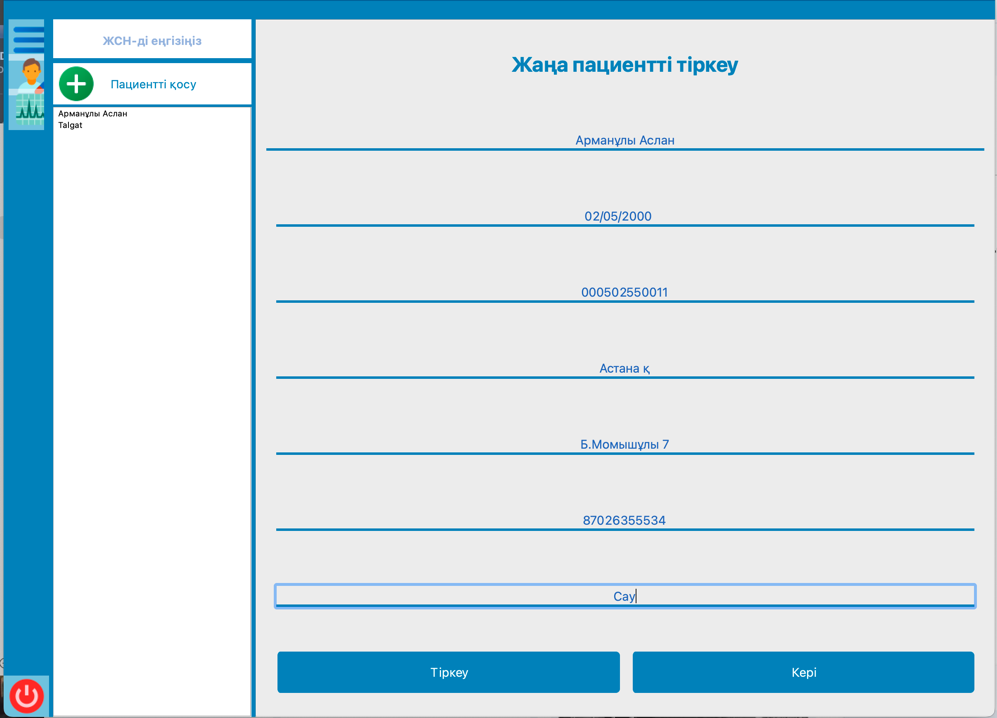


Сурет 15 ‒ Бағдарламаның бастапқы беті, пациенттерді іздеу беті

Интерфейстің орталық бөлігінде іздеу жолағы бар. Мұнда дәрігер дерекқордан оның профилін іздеу үшін пациенттің сәйкестендіру нөмірін (ЖСН) енгізе алады. ЖСН енгізу өрісінің жанында түйме орналасқан, оны белсендіру пациент туралы ақпаратты іздеуді бастайды және қажет болған жағдайда жүйеге жаңа науқасты енгізеді.

Жеке кабинет интерфейсінің оң жағы іздеу нәтижесінде табылған пациент туралы жалпы деректерді көрсетуге арналған. Бұған демография, медициналық «Тарих», «Қазіргі диагноздар», «Тағайындаулар» және дәрігерге науқастың медициналық картасын жүргізуге және емдеуді жоспарлауға көмектесетін басқа да маңызды ақпарат кіруі мүмкін. Осылайша, дәрігердің жеке кабинеті пайдаланушы интерфейсінің қарапайымдылығы мен ыңғайлылығын сақтай отырып, қажетті ақпарат пен пациенттерді басқару құралдарына тиімді қол жеткізуді қамтамасыз ету үшін ұйымдастырылған.

16-суретте дәрігер «Пациентті қосу» опциясын таңдағанда, жаңа пациентті тіркеу үшін интерфейс пайда болатын әрекеттер тізбегі іске қосылатыны көрсетілген. Бұл тіркеу терезесі пациенттің жеке деректері, медициналық тарихы, Байланыс ақпараты және жүйеде толыққанды медициналық профиль жасау үшін қажет басқа да тиісті мәліметтер сияқты қажетті ақпаратты енгізу үшін өрістерді ұсынады.



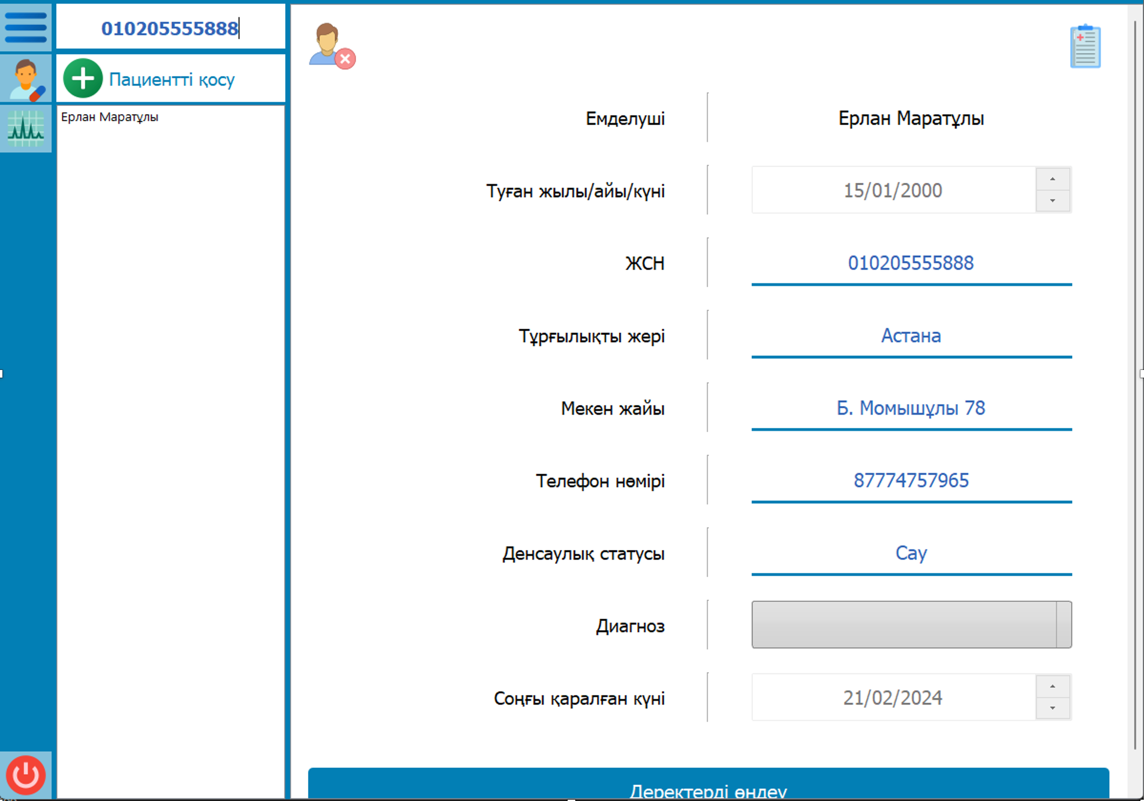
Сурет 16 ‒ Пациентті тіркеу терезесі

Жаңа пациент туралы деректер тіркелгеннен кейін олар дәрігерлерге мүмкіндік беретін қолданбаның жалпы ақпараттық құрылымына біріктіріледі:

* пациенттердің медициналық профильдерін қарау;
* медициналық жазбалар мен емдеу тарихын қадағалаңыз;
* әрі қарай емдеу мен тағайындауды жоспарлаңыз;
* қажет болған жағдайда басқа медициналық мамандармен ақпарат алмасу.

Деректерді дерекқор арқылы тиімді басқару ақпаратқа ұйымдасқан түрде қол жеткізуді қамтамасыз етеді және денсаулық сақтау саласындағы шешімдерді тезірек қабылдауға ықпал етеді. Бұл сонымен қатар медициналық ақпараттың тұтастығы мен қолжетімділігін қамтамасыз ету арқылы пациенттерге қызмет көрсету сапасын арттырады.

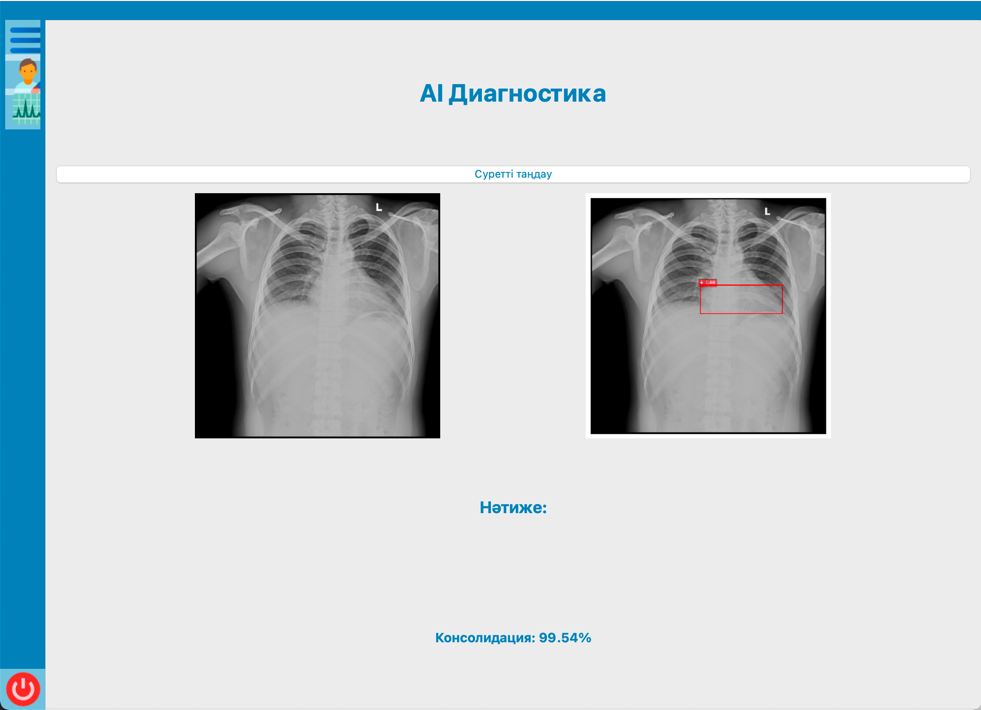
17-сурет жүйеге бірегей сәйкестендіру нөмірін (ЖСН) енгізу арқылы жүзеге асырылатын пациент туралы ақпаратты іздеу процесін көрсетеді. Бұл мүмкіндік медициналық қызметкерлерге электронды медициналық картотекадан қажетті деректерді жылдам табуға мүмкіндік береді. ЖСН енгізу дерекқорға сұранысты белсендіреді, содан кейін пациенттер туралы тиісті жазбалардың тізімін, соның ішінде олардың жеке деректерін, ауру тарихын және ағымдағы медициналық тағайындауларды қайтарады.



Сурет 17 ‒ Пациент туралы ақпаратты оның ЖСН нөмірін және тиісті тізімін пайдаланып алу

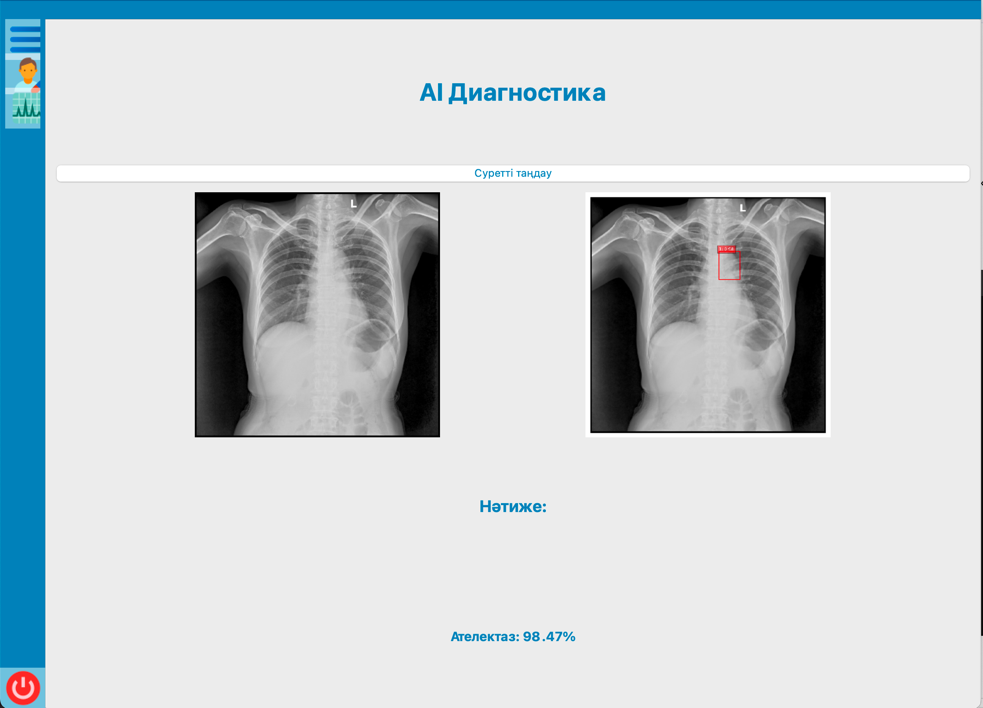
Бұл іздеу тәсілі пациенттің ақпаратын өңдеу процесін едәуір жылдамдатады, оны тиімдірек етеді және пациенттерді анықтаудағы қателіктердің ықтималдығын азайтады. Сонымен қатар, ЖСН-ді іздеу кілті ретінде пайдалану деректердің құпиялылығы мен қауіпсіздігін жақсартады, өйткені пациент туралы толық ақпаратқа тек уәкілетті медицина қызметкерлері қол жеткізе алады. Іздеу функциясы клиникалар мен ауруханалардың күнделікті жұмысы үшін өте маңызды, өйткені ол төтенше жағдайларда маңызды болып табылатын өмірлік маңызды медициналық ақпаратқа жедел қол жеткізуді қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, пациенттердің орталықтандырылған дерекқорының болуы әртүрлі бөлімшелер мен мамандар арасындағы емдеуді үйлестіруге ықпал етеді, бұл біртұтас және үйлестірілген медициналық көмек көрсетуге ықпал етеді.

18-суретте қолданбаның пайдаланушы мәзірінен «симптоматология» опциясын таңдағаннан кейін қолжетімді болатын симптоматикалық талдауға негізделген ауруларды диагностикалау экраны берілген. Бұл режимде пайдаланушыға кейінірек талдау үшін пациенттің кеуде қуысының суретін жүктеу ұсынылады. Кескін жүйеге жүктелгеннен кейін алынған деректерді кешенді өңдеуді жүзеге асыратын Faster R-CNN сияқты терең оқыту алгоритмі іске қосылады.



а

Сурет 18 ‒ Диагностика нәтижесінің терезесі, парақ 1



ә

Сурет 18, парақ 2

3-ші бөлімді қорытындылай келе кеуде қуысының патологиясын анықтауға арналған терең оқыту алгоритміне негізделген ақпараттық жүйені ұсындым. Сонымен қатар, біз диагностиканың тиімділігі мен дәлдігін одан әрі жақсартуға мүмкіндік беретін кескінді өңдеу және талдау процесіне фракталдық талдауды енгіздім.

Фракталдық талдау-кеуде кескіндері сияқты медициналық деректер кескіндеріндегі күрделі құрылымдарды сипаттаудың күшті құралы. Бұл әдісті қолдану бір қарағанда көрінбейтін патологиялық өзгерістердің құрылымы мен формасының ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік береді. Бұл жүйенің диагностикалық тиімділігін арттыра отырып, әртүрлі патологияларды анықтау және классификациялау қабілетін одан әрі жақсартады.

Осылайша, ақпараттық жүйеге фракталдық талдауды енгізу оның функционалдығын кеңейтіп қана қоймайды, сонымен қатар кеуде патологиясын анықтауда оның дәлдігі мен сенімділігін арттырады. Бұл осы саладағы аурулары бар науқастарды диагностикалау мен емдеудің жаңа перспективаларын ашады, бұл медициналық көмектің сапасын жақсартуға және емдеу нәтижелерін жақсартуға ықпал етеді.

*Бағдарламалау тілі:*Python ‒ жоғары деңгейлі кодты оқу мүмкіндігін және әзірлеушілердің өнімділігін жақсартуға арналған жалпы мақсаттағы бағдарламалау тілі. Оның ерекшелігі - бағдарламаларды жасауды жеңілдететін шағын синтаксис. Дегенмен, Python стандартты кітапханасында пайдалы функциялардың кең ауқымы бар. Python - қазіргі уақытта әзірлеушілер арасында кең таралған жоғары деңгейлі бағдарламалау тілі.

Faster R-CNN терең оқытуды қолдана отырып, фракталдық талдауға негізделген өкпе патологиясын анықтау үшін ақпараттық жүйені әзірлеу үшін Python-ды пайдалану заманауи медициналық қолданбаларды жасау үшін қажетті қарапайымдылық, қуат және икемділіктің тиімді үйлесімін қамтамасыз етеді.

*ЭЕМ жүзеге асырушы:*Ноутбук LENOVO Legion 5 15ARH05 (82B500GNRK), Windows PC, Product Lenovo Legion 5 15ARH05, Region CIS, Country/Region Kazakhstan, Machine Type 82B5, TopSeller TopSeller, Processor AMD Ryzen 5 4600H (6C / 12T, 3.0 / 4.0GHz, 3MB L2 / 8MB L3), Graphics NVIDIA GeForce GTX 1650 Ti 4GB GDDR6, Chipset AMD SoC Platform, Memory 2x 8GB SO-DIMM DDR4-3200, Storage 512GB SSD M.2 2242 PCIe 3.0x4 NVMe, Display 15.6" FHD (1920x1080) IPS 300nits Anti-glare, 144Hz, 100% sRGB, Dolby Vision, Touchscreen None, Optical None, Card Reader None, Ethernet 100/1000M, WLAN + Bluetooth 11ax, 2x2 + BT5.0, Bundled Accessories None, Camera 720p with Privacy Shutter, Microphone 2x, Array, Surface Treatment Painting, Case Color Phantom Black, Case Material PC / ABS, Keyboard White backlit, Russian, Fingerprint Reader None, Security Chip Firmware TPM 2.0, Battery Integrated 80Wh, Power Adapter 170W Slim Tip, Bundled Service None, EAN / UPC / JAN 195235784891.

**ҚОРЫТЫНДЫ**

Қазақстан Республикасының денсаулық сақтау саласын дамытудың 2020 – 2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасының аясында диссертациялық зерттеу жұмысының нәтижелері медициналық қызметтің сапасын арттыруда, өкпе паталогиясын классификациялау мәселесінде терең оқыту әдістерін қолдану бойынша медициналық жағдайларды диагностикалаудың жылдамдығы мен дәлдігін анықтайды. Зерттеу жұмысын орындау барысында келесідей негізгі нәтижелер алынды:

1. Рентген кескіндері зерттелді.

2. Медициналық кескіндерді классификациялау моделі құрылды.

3. Өкпе тіндерінің құрылымын бағалау үшін фракталдық өлшем белгісімен тереңдетілген оқыту жүргізілді.

4. Медициналық кескіндерді талдау және кеуде паталогиясын ерекшелеу үшін ақпараттық жүйе құрылды.

Әзірленген бағдарлама медициналық бейнелерді өңдеу және интерпретациялау үшін фракталдық талдау әдістерін қолдана отырып, өкпе патологиясының әртүрлі түрлерін жоғары дәлдікпен анықтауға және классификациялауға мүмкіндік береді. Зерттеудің нәтижелері рентгенологтар мен медициналық мамандарға медициналық кескіндердегі патологияларды диагностикалау процесі қосымша автоматтандырылған құрал ретінде пайдалы болуы мүмкін. Тұтастай алғанда, бұл зерттеу медициналық диагностика саласындағы терең оқытудың маңыздылығын көрсетеді және медициналық кескінді талдаудың интеллектуалды жүйелерін одан әрі зерттеуге және дамытуға негіз береді.

Бұл жүйеде өкпе паталогиясының 14 түрі қарастырылды: Қолқаның кеңеюі (Aortic enlargement), ателектаз (аtelectasis), кальцинат (calcification), кардиомегалия (cardiomegaly), консолидация (consolidation), аралық лимфа түйіндерінің диссеминациясы (АЛТД), (ILD - Interstitial Lung Disease), инфильтрация (infiltration), өкпенің мөлдірлігі (Lung Opacity), Түйін/масса (Nodule/Mass), басқа да зақымдану (Other lesion), Плевра эффузиясы (Pleural effusion), Плевраның қалыңдауы (Pleural thickening), Пневмоторакс (Pneumothorax), Өкпе фиброзы (Pulmonary fibrosis).

Жұмыстың орындалу қорытындысы ретінде «Фракталды талдау негізінде өкпе патологиясын диагностикалаудың ақпараттық жүйесі» программалық құралы Павлодар қаласындағы ШЖҚ «Ғ. Сұлтанов атындағы Павлодар облыстық ауруханасына» ендіру актісімен ендірілді. Әзірленген программаның ендірілгені жөнінде 2024 жылдың 09 шілдесінде №1-01-10/713 ендіру актісі рәсімделген (Қосымша А).

Павлодар қаласындағы ШЖҚ «Ғ. Сұлтанов атындағы Павлодар облыстық ауруханасының» жұмысына ендірілгеннен кейін, 5865 кескіндері тестілеуден өткізілді. Осы кескіндердегі өкпе паталогиясын 98,9 пайыздық мөлшермен құрылған ақпараттық жүйемен анықталды. 1,1 пайыздық мөлшердегі кескіндердің сапасыздығымен, яғни рентгенге өкпенің толық түсірілмеуімен сәйкестендірілді. Бұл алынған нәтиже рентгенолог дәрігермен расталды.

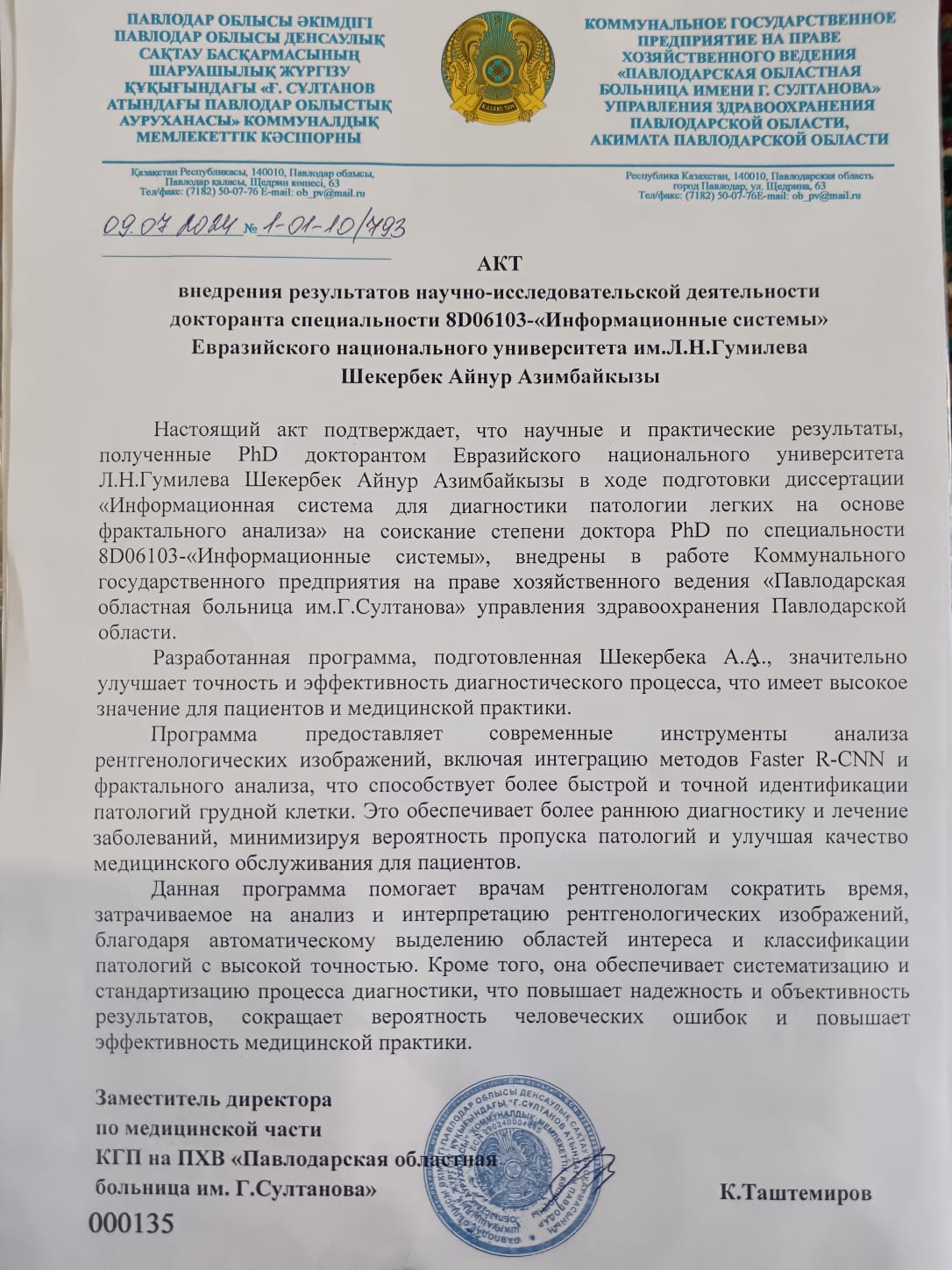
Жұмыста әзірленген «Фракталды талдау негізінде өкпе патологиясын диагностикалаудың ақпараттық жүйесі» программалық өнімі ҚР ҒЗИ РМК авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізілімінде 2024 жылғы 18 наурызда тіркеліп, ЭЕМ үшін бағдарламаны мемлекеттік тіркеу туралы №43791 куәлік берілген (Қосымша Ә).

**ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений / пер. с англ. – Изд. 3-е, испр., и доп. – М.: Техносфера, 2012. – 1105 с.
2. [Прэтт У.](https://www.libex.ru/?cat_author=%CF%F0%FD%F2%F2,%20%D3.&author_key=207) Цифровая обработка изображений / пер. с англ. ‑ М.: Мир, 1982. – 792 c.
3. Терехов С.В. Фракталы и физика подобия. – Донецк: Цифровая типография, 2011. – 255 с.
4. Потапов А.А. Фрактальные информационные технологии: современное состояние и перспективы развития // Необратимые процессы в природе и технике: тр. 12-й всерос. конф. – М., 2023. – С. 107-115.
5. Хамад Ю.А., Капсаргин Ф.П., Симонов К.В. Алгоритмы обнаружения и распознавания локальных областей на изображениях // Информатизация и связь. – 2020. – №2. – С. 25-34.
6. Koohbanani N.A., Unnikrishnan B., Khurram S.A. et al. Self-Path: Self-Supervision for Classification of Pathology Images With Limited Annotations //IEEE Transactions on Medical Imaging. – 2021. – Vol. 40, Issue 10. – P. 2845-2856.
7. Azizi S., Mustafa B., Ryan F. et al. Big self-supervised models advance medical image classification // Proceed. of the IEEE/CVF internat. conf. on computer vision. – Montreal, 2023. – P. 3478-3488.
8. Chen B. et al. Label Co-Occurrence Learning With Graph Convolutional Networks for Multi-Label Chest X-Ray Image Classification //IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics. – 2020. – Vol. 24, Issue 8. – P. 2292-2302.
9. Ho T.K.K. et al. Multiple Feature Integration for Classification of Thoracic Disease in Chest Radiography // Appl. Sci*. –* 2019. – Vol. 9. – P. 4130-1-4130-15.
10. Zheng Q., Delingette H., Ayache N. Explainable cardiac pathology classification on cine MRI with motion characterization by semi-supervised learning of apparent flow // Medical image analysis. – 2019. – Vol. 56. – P. 80-95.
11. Putra R.H., Doi C., Yoda N. et al. Current applications and development of artificial intelligence for digital dental radiography // Dentomaxillofacial Radiology. – 2022. – Vol. 51, Issue 1. – P. 20210197.
12. Yang H., Jo E., Kim H.J. et al. Deep learning for automated detection of cyst and tumors of the jaw in panoramic radiographs // Journal of clinical medicine. – 2020. – Vol. 9*,* Issue6. – P. 1839-1-1839-14.
13. Liu S., Shih F.Y., Zhong X. Classification of chest X-ray images using novel adaptive morphological neural networks // International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence. – 2021. – Vol. 35, Issue 10. – P. 2157006.
14. Üreten K., Maraş H. Automated classification of rheumatoid arthritis, osteoarthritis, and normal hand radiographs with deep learning methods // Journal of Digital Imaging. – 2022. – Vol. 35, Issue 2. – P. 193-199.
15. Barisoni L., Lafata K.J., Hewitt S.M. et al. Digital pathology and computational image analysis in nephropathology // Nature Reviews Nephrology. – 2020. – Vol. 16, Issue11. – P. 669-685.
16. Naizagarayeva A. et al. Detection of heart pathology using deep learning methods // International Journal of Electrical and Computer Engineering. – 2023. – Vol. 13, Issue 6. – P. 6673-6680.
17. Абдыкеримова Л. и др. Терең оқыту әдістерін қолдану арқылы жүрек патологиясын анықтау // Известия НАН РК. Серия физико-математическая. – 2023. – №4. – С. 21-34.
18. Адильбекова А.К., Утепова Э.У., Джаханова Б.Н. Нейрондық желілердің көмегімен объектілерді тану жүйесін оқыту // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2020. – №4. – С. 299-304.
19. Омаров Б.С., Базаркулова И.Е. Терең оқыту көмегімен пневмонияны анықтау моделін құру // Физико-математические науки. – 2022. – Т. 79, №3. – С. 204-214.
20. Баймаханова А.С. и др. Взаимодействие глубокого обучения со сверточными нейронными сетями // Физико-математические науки. – 2023. – Т. 81, №1. – С. 127-135.
21. Шекербек А.А. и др. Кеуде клеткасының патологиясын анықтау үшін әдіс пен алгоритмді қолдану // Известия НАН РК. Серия физико-математическая. – 2022. – №4. – С. 159-167.
22. Абдикеримова Г. и др. Терең оқыту алгоритмімен рентгендік кескіннің классификациясы // Известия НАН РК. Серия физико-математическая. – 2023. – №1. – С. 204-227.
23. Абдикеримова Г.Б., Шекербек А.А., Байбулова М.Г. Определение грудной патологии с помощью функции автокорреляции // Известия НАН РК. Серия физико-математическая. – 2023. – №2. – С. 274-287.
24. Шекербек А.Ә. Фракталдық әдіспен өкпенің патологиялық жағдайын талдау // Известия НАН РК. Серия физ.-матем. – 2023. – №4. – С. 313-325.
25. Shekerbek A., Serikbayeva S. et al. Application of mathematical methods and machine learning algorithms for classification of X-Ray images // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. – Vol. 3. – P. 6-17.
26. Abdikerimova G., Shekerbek A. et al. Detection of chest pathologies using autocorrelation functions // International Journal of Electrical and Computer Engineering. – 2023. – Vol. 13, Issue 4. – P. 4526-4534.
27. Abdikerimova G., Shekerbek A. et al. Detection of lung pathology using the fractal method // International Journal of Electrical & Computer Engineering. – 2023. – Vol. 13, Issue 6. – P. 6778-6786.
28. Aitimov M., Shekerbek A. et al. Classification of pathologies on digital chest radiographs using machine learning methods // International Journal of Electrical & Computer Engineering. – 2024. – Vol. 14, Issue 2. – P. 1899-1905.
29. Shekerbek A. et al. Application of the method and algorithm for the detection of chest pathology // Phys.-mathem. series. – 2022. – Vol. 4, Issue 344. – P. 159-167.
30. Шекербек А.Ә. Рентгендік кескіндерді классификациялау мәселесінде машиналық оқу әдістерін қолдану // Инновациялық зерттеулердің тиімділігін арттырудың модельдері мен әдістері: халық. ғыл. конф. матер. – Астана, 2024. – С. 166-173.
31. Королюк И.П. Медицинская информатика: учеб. – Самара: ГБОУ ВПО СамГМУ, 2012. – 244 с.
32. Алешкевич А.И. Основы и принципы лучевой диагностики: учеб-метод. пос. – Минск: БГМУ, 2015. – 86 с.
33. Лучевая диагностика: учеб. / под ред. Г.Е. Труфанова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – Т. 1. – 416 с.
34. Kiani F. Texture features in medical image analysis: a survey // https://arxiv.org/abs/2208.02046. 10.11.2023.
35. Яне Б. Цифровая обработка изображений / пер. с англ. – М., 2007. – 583 с.
36. Agarwal M., Mahajan R. Medical Images Contrast Enhancement using Quad Weighted Histogram Equalization with Adaptive Gama Correction and Homomorphic Filtering // Procedia Computer Science. – 2017. – Vol. 115. – P. 509-517.
37. Хрипунов Д.Д. Обзор актуальных библиотек Python для анализа медицинских изображений // Научные достижения 2023: естественные, точные и технические науки: сб. матер. 42-й междунар. очно-заоч. науч.-практ. конф. – М., 2023. – С. 98-102.
38. Баегизова А. и др. Терең оқыту әдістерімен кескіннің сапасын жақсарту // Известия НАН РК. Серия физико-математическая. – 2023. – №4. – С. 78-90.
39. Хамад Ю.А., Симонов К.В., Кенц А.С. Алгоритмы сегментации и распознавания объектов на медицинских изображениях на основе шиарлет-преобразования и нейронных сетей // Информатизация и связь. – 2020. – №2. – С. 35-45.
40. Томакова Р.А., Филист С.А., Дураков И.В. Программное обеспечение автоматической классификации рентгенограмм грудной клетки на основе гибридных классификаторов // Экология человека. – 2018. – №6. – С. 59-64.
41. Филист С.А. и др. Многослойные морфологические операторы для сегментации сложноструктурируемых растровых полутоновых изображений // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2019. – Т. 9, №3. – С. 44-63.
42. Okolo G.I., Katsigiannis S., Ramzan N. IEViT: An enhanced vision transformer architecture for chest X-ray image classification // Computer Methods and Programs in Biomedicine. – 2022. – Vol. 226. – P. 107141.
43. Sharma P., Hans P., Gupta S.C. Classification of plant leaf diseases using machine learning and image preprocessing techniques // Procced. 2020 10th internat. conf. on cloud computing, data science & engineering (Confluence). – Noida, 2020. – P. 480-484.
44. Chen L. et al. Review of image classification algorithms based on convolutional neural networks // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13, Issue 22. – P. 4712-1-4712-51.
45. Loddo A., Loddo M., Di Ruberto C. A novel deep learning based approach for seed image classification and retrieval // Computers and Electronics in Agriculture. – 2021. – Vol. 187. – P. 106269.
46. Diniz N.D., Rezende M.T. et al. A deep learning ensemble method to assist cytopathologists in pap test image classification // Journal of Imaging. – 2021. – Vol. 7, Issue 7. – P. 111-1-111-19.
47. Thiyam J., Singh S.R., Bora P.K. Challenges in chart image classification: A comparative study of different deep learning methods // Proceed. of the 21st ACM sympos. on Document Engineering. – NY., 2021. – P. 1-4.
48. El-Rahiem B.A. et al. An efficient deep convolutional neural network for visual image classification // Procced. the internat. conf. on Advanced Machine Learning Technologies and Applications (AMLTA2019). – Cham: Springer, 2020. – P. 23-31.
49. Sarwinda D. et al. Deep learning in image classification using residual network (ResNet) variants for detection of colorectal cancer // Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 179. – P. 423-431.
50. Pannu H.S. et al. Deep learning based image classification for intestinal hemorrhage // Multimedia Tools and Applications. – 2020. – Vol. 79. – P. 21941-21966.
51. Liu Y. et al. Efficient image segmentation based on deep learning for mineral image classification // Advanced Powder Technology. – 2021. – Vol. 32, Issue 10. – P. 3885-3903.
52. Tripathi M. Analysis of convolutional neural network based image classification techniques // Journal of Innovative Image Processing (JIIP). – 2021. – Vol. 3, Issue 2. – P. 100-117.
53. Raj R.J.S. et al. Optimal feature selection-based medical image classification using deep learning model in internet of medical things // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 58006-58017.
54. Mounsaveng S. et al. Learning data augmentation with online bilevel optimization for image classification // Proceed. of the IEEE/CVF Winter conf. on Applications of Computer Vision. – Waikoloa, 2021. – P. 1691-1700.
55. Taori R. et al. Measuring robustness to natural distribution shifts in image classification // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2020. – Vol. 33. – P. 18583-18599.
56. An F., Li X., Ma X. Medical image classification algorithm based on visual attention mechanism-MCNN // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2021. – Vol. 2021. – P. 1-12.
57. Селиванов К.Д. Классификация медицинских изображений с помощью сверточных нейронных сетей // Цифровая трансформация управления: проблемы и решения: матер. 5-й всерос. науч.-практ. конф. – М., 2023. – С. 180-183.
58. Hafiz A.M., Bhat G.M. Deep network ensemble learning applied to image classification using CNN trees // https://arxiv.org/abs/2008.00829. 10.11.2023.
59. Симонов К.В., Зотин А.Г., Хамад Ю.А. Алгоритмы обнаружения и классификация патологии легких на рентгеновских снимках // Медицина и высокие технологии. – 2019. – №2. – С. 46-53.
60. Емельянов Е.А. Классификация медицинских изображений на основе сверточных нейронных сетей // Материалы научной сессии: ст. сб. – Волгоград, 2022. – С. 319-323.
61. Заботнев М.С., Кулагин В.П., Корепанов В.Д. Алгоритмы и программные средства автоматизации разметки медицинских изображений и создания обучающих датасетов // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: сб. ст. 21-й междунар. науч.-техн. конф. – Пенза, 2021. – С. 36-41.
62. Щетинин Е.Ю., Севастьянов Л.А. О методах переноса глубокого обучения в задачах классификации биомедицинских изображений // Информатика и её применения. – 2021. – Т. 15, №4. – С. 59-64.
63. Пчелинцев С.Ю. Сравнительный анализ фреймворков глубокого обучения // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2020. – №1. – С. 41-51.
64. Хрипунов Д.Д. Методы машинного обучения в анализе медицинских изображений. история и обзор актуальных проблем // Научные исследования 2023: актуальные теории и концепции: сб. матер. 29-й междунар. очно-заоч. науч.-практ. конф. – М., 2023. – С. 141-147.
65. Wang P., Fan E., Wang P. Comparative analysis of image classification algorithms based on traditional machine learning and deep learning // Pattern Recognition Letters. – 2021. – Vol. 141. – P. 61-67.
66. Sheykhmousa M. et al. Support vector machine versus random forest for remote sensing image classification: A meta-analysis and systematic review // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. – 2020. – Vol. 13. – P. 6308-6325.
67. Chandra M.A., Bedi S.S. Survey on SVM and their application in image classification // International Journal of Information Technology. – 2021. – Vol. 13. – P. 1-11.
68. Boumaraf S. et al. Conventional machine learning versus deep learning for magnification dependent histopathological breast cancer image classification: A comparative study with visual explanation // Diagnostics. – 2021. – Vol. 11, Issue 3. – P. 528-1-528-26.
69. Bansal M. et al. Transfer learning for image classification using VGG19: Caltech-101 image data set // Journal of ambient intelligence and humanized computing. – 2023. – Vol. 14, Issue 4. – P. 3609-3620.
70. Haralampieva V., Rueckert D., Passerat-Palmbach J. A systematic comparison of Encrypted Machine Learning Solutions for Image Classification // https://arxiv.org/abs/2011.05296. 10.11.2023.
71. Chaganti S.Y. et al. Image Classification using SVM and CNN // Procced. 2020 internat. conf. on computer science, engineering and applications (ICCSEA). – Gunupur, 2020. – P. 1-5.
72. Okwuashi O., Ndehedehe C.E. Deep support vector machine for hyperspectral image classification // Pattern Recognition. – 2020. – Vol. 103. – P. 107298.
73. Nandhini N., Bhavani R. Feature extraction for diseased leaf image classification using machine learning // Procced. 2020 internat. conf. on Computer Communication and Informatics (ICCCI). – Coimbatore, 2020. – С. 1-4.
74. Islam M.A. et al. Machine learning based image classification of papaya disease recognition // Procced. 4th internat. conf. on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA). – Coimbatore, 2020. – P. 1353-1360.
75. Kaur T., Gandhi T.K. Deep convolutional neural networks with transfer learning for automated brain image classification // Machine vision and applications. – 2020. – Vol. 31, Issue 3. – P. 20.
76. Khandakar A. et al. Thermal change index-based diabetic foot thermogram image classification using machine learning techniques // Sensors. – 2022. – Vol. 22, Issue 5. – P. 1793-1-1793-18.
77. Shao G., Tang L., Zhang H. Introducing image classification efficacies // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 134809-134816.
78. Milosevic N. et al. Introduction to convolutional neural networks: with image classification using PyTorch // https://link.springer.com/video/10. 10.11.2023.
79. Bi Y., Xue B., Zhang M. Genetic programming for image classification: An automated approach to feature learning. – Cham: Springer, 2021. – 258 p.
80. Sharma R., Singh A. et al. Plant Disease Diagnosis and Image Classification Using Deep Learning // Computers, Materials & Continua. – 2022. – Vol. 71, Issue 2. – P. 2125-2140.
81. He Z. Deep learning in image classification: A survey report // Procced. 2nd internat. conf. on Information Technology and Computer Application (ITCA). – Guangzhou, 2020. – P. 174-177.
82. Algan G., Ulusoy I. Image classification with deep learning in the presence of noisy labels: A survey // Knowledge-Based Systems. – 2021. – Vol. 215. – P. 106771.
83. Shakya D.S. Analysis of artificial intelligence based image classification techniques // J of Innovative Image Processing. – 2020. – Vol. 2, Issue 1. – P. 44-54.
84. Sheykhmousa M. et al. Support vector machine vs. random forest for remote sensing image classification: A meta-analysis and systematic review // IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens. – 2020. – Vol. 13. – P. 6308-6325.
85. Schmarje L. et al. A survey on semi-, self-and unsupervised learning for image classification // IEEE Access. – 2021. – Vol. 9. – P. 82146-82168.
86. Cai L., Gao J., Zhao D. A review of the application of deep learning in medical image classification and segmentation // Annals of translational medicine. – 2020. – Vol. 8, Issue 11. – P. 713.
87. Inés A. et al. Biomedical image classification made easier thanks to transfer and semi-supervised learning // Computer methods and programs in biomedicine. – 2021. – Vol. 198. – P. 105782.
88. Saxena S., Shukla S., Gyanchandani M. Breast cancer histopathology image classification using kernelized weighted extreme learning machine // International Journal of Imaging Systems and Technology. – 2021. – Vol. 31, Issue 1. – P. 168-179.
89. Fan F. et al. Hybrid quantum-classical convolutional neural network model for image classification // IEEE transactions on neural networks and learning systems. – 2023. – P. 1-15.
90. Shaily T., Kala S. Bacterial image classification using convolutional neural networks // Procced. 2020 IEEE 17th India Council internat. conf. (INDICON). – New Delhi, 2020. – P. 1-6.
91. Maiya A.S. ktrain: A low-code library for augmented machine learning // The Journal of Machine Learning Research. – 2022. – Vol. 23, Issue 1. – P. 7070-7075.
92. Иванников В.П. и др. Фрактальный анализ рентгенограмм // Вестник Ижевского государственного технического универ. – 2009. – №3. – С. 150-154.
93. Потапов А.А., Герман В.А. О методах измерения фрактальной размерности и фрактальных сигнатур многомерных стохастических сигналов // Радиотехника и электроника. – 2004. – Т. 49, №12. – С. 1468-1491.
94. Потапов А.А. Фрактально-скейлинговый метод, дробные производные и размерности как основа новых информационных технологий в радиоэлектронике // Радиолокация, навигация, связь: сб. тр. 27-й междунар. науч.-техн. конф. – Воронеж, 2021. – С. 25-38.
95. Potapov A.A., Kuznetsov V.A., Pototskiy A.N. New Fractal Features for Textural Morphologic Analysis // Chaotic Modeling and Simulation International Conference. – Cham: Springer, 2021. – Р. 337-346.
96. Roberto G.F. et al. Fractal neural network: A new ensemble of fractal geometry and convolutional neural networks for the classification of histology images // Expert Systems with Applications. – 2021. – Vol. 166. – P. 114103.
97. Silva P.M., Florindo J.B. Fractal measures of image local features: An application to texture recognition // Multimedia Tools and Applications. – 2021. – Vol. 80, Issue 9. – P. 14213-14229.
98. Panigrahy C. et al. Multi-focus image fusion using fractal dimension // Applied Optics. – 2020. – Vol. 59, Issue 19. – P. 5642-5655.
99. Nayak S.R., Mishra J. Analysis of medical images using fractal geometry // Research Anthology on Improving Medical Imaging Techniques for Analysis and Intervention (IGI Global). – Hershey PA, 2023. – Р. 1547-1562.
100. Tripathi E., Kumar U., Tripathi S.P. Image splicing detection system using intensity-level multi-fractal dimension feature engineering and twin support vector machine based classifier // Multimedia tools and applications. – 2023. – Vol. 82, Issue 25. – P. 39745-39763.
101. Карцов С.К. и др. Использование глубокого обучения при фрактальном кодировании изображений // Цифровая обработка сигналов и ее применение (DSPA-2020): докл. 22-й междунар. конф. – М., 2020. – С. 480-485.
102. Потапов А.А. Теория фракталов: топология выборки. – М.: Университетская книга, 2005. – 868 с.

**ҚОСЫМША А**

Ендіру актіcі



**ҚОСЫМША Ә**

Авторлық куәлік

