

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Қабылбек Ерасыл Бағдатұлы

«Сенсорлы датчиктер арқылы адамның жасын анықтауға арналған құрылғы  
жасау»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

Е.Таштай

«29» 05 2024 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Сенсорлы датчиктер арқылы адамның жасын анықтауға  
арналған құрылғы жасау»

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:

Е.Б. Кабылбек

Пікір беруші

М.Тынышбаев атындағы АЛТ  
университеті, PhD, Ақпараттық және  
коммуникациялық технологиялар  
кафедрасының меңгерушісі

Қасымова Д.Т.

«29» 05 2024 ж.

Ғылыми жетекші

ҚазҰТЗУ, т.ғ.м, Электроника,  
телекоммуникация және ғарыштық  
технологиялар кафедрасының  
аға оқытушысы

Марксұлы С.

«28» 05 2024 ж.

Алматы 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

« 9 » 12 2023 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Қабылбек Ерасыл Бағдатұлы*  
Тақырыбы *«Сенсорлы датчиктер арқылы адамның жасын анықтауға арналған құрылғы жасау»*

Университет ректорының *«04» желтоқсан 2023 ж. №548-П*  
бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«30» сәуір 2023 ж.*

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) *Қол жеткізу желілерін дамытудың тұжырымдамасы; 2) Сенсорлы датчиктерге сипаттама; 3) Сандық масштабтау алгоритмдері; 4) Бетті танушы қосымшалардың сипаттамасы. 5) TenserFlow немесе PyTorch қосымшалары негізінде машина оқыту саласындағы қызметтерді талдау.*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

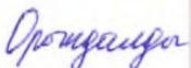
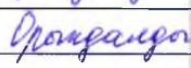

а) *Соңғы қолданыстағы сенсорлы датчиктерге әдебиеттік шолу жасау; б) 10 мегапиксельді ажыратымдылығы бар Kisonli камерасын Raspberry Pi 4 B2G моделіне қосу; в) Raspberry Pi құрылғысы мен сенсорлы датчикті интеграциялау; г) 120-150 см және 50-90 градус аралығындағы адамның бет бейнесін анықтау үшін инфрақызыл датчикті 3D камерасын қолдану; д) Ұсынылған құрылғының практикалық бөлігін құрау үшін Python бағдарламалау тілін қолдану.*

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):  
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 1) *Amsalam, A.S.; Al-Naji, A.; Daeef, A.Y.; Chahl, J. Computer Vision System for Facial Palsy Detection. J. Tech. 2023, 5, 44–51.* 2) *Szczepura, A.; Holliday, N.; Neville, C.; Johnson, K.; Khan, A.J.K.; Oxford, S.W.; Nduka, C. Raising the digital profile of facial palsy: National surveys of patients' and clinicians' experiences of changing UK treatment pathways and views on the future role of digital technology. J. Med. Internet Res. 2020.* 3) *O'Mahony, N.; Campbell, S.; Carvalho, A.; Harapanahalli, S.; Hernandez, G.V.; Krpalkova, L.;*

Riordan, D.; Walsh, J. Deep learning vs. traditional computer vision. In Proceedings of the Science and Information Conference, Las Vegas, NV, USA, 25–26 April 2019; pp. 128–144. 4) Storey, G.; Jiang, R.; Keogh, S.; Bouridane, A.; Li, C.-T. 3DPalsyNet: A facial palsy grading and motion recognition framework using fully 3D convolutional neural networks. IEEE Access 2019, 7, 121655–121664.


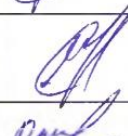
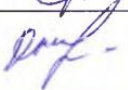
дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	04.01.2024 - 01.02.2024	
Теориялық ақпарат	01.02.2024 - 01.03.2024	
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2024 - 30.05.2024	

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған

**қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Марксұлы С. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	4.03.2024	
Теориялық ақпарат	Марксұлы С. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	30.04.2024	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	29.05.2024	

Ғылыми жетекшісі



Марксұлы С.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Қабылбек Е. Б.

Күні «01» желтоқсан 2023 ж.

## АНДАТПА

Адамның жасын тұтынушыларға қызмет көрсету жүйелері, автоматты автоматтар, ойын-сауық және т.б. сияқты көптеген пайдалы қолданбаларда қолдануға болады. Жас туралы ақпаратты алу үшін адамның бет-әлпетінен алынған ақпаратты пайдалана отырып, кескінге негізделген жасты бағалау жүйелері әзірленді. Дегенмен, камера қозғалысының және оптикалық бұлыңғырланудың, бет әлпетінің, жыныстың және т.б. әртүрлі факторларға байланысты қазіргі жасты бағалау жүйелері үшін шектеулер бар. Қозғалыстың бұлдырлануы әдетте камера сенсорының қозғалысы және/немесе камераның қозғалысы арқылы бет кескіндерінде көрсетілуі мүмкін. Сондықтан, түсірілген кескіндердегі бет ерекшелігі жасты бағалау жүйелерінің өнімділігінің төмендеуіне әкелетін қозғалыс мөлшеріне сәйкес өзгертілуі мүмкін. Бұл дипломдық жұмыста қозғалыстың бұлыңғырлануынан туындаған мәселе қарастырылады және жасты бағалау жүйелерін қозғалыстың бұлыңғырлануының әсеріне төзімді ету үшін оның шешімі ұсынылады.

## АННОТАЦИЯ

Системы обслуживания клиентов, торговые автоматы, развлечения и многое другое отжили человеческий век. может использоваться во многих полезных приложениях, таких как Системы оценки возраста на основе изображений были разработаны с использованием информации о человеческих лицах для получения информации о возрасте. Однако эффекты движения камеры и оптического размытия, выражения лица, пола и т. д. Существуют ограничения существующих систем оценки возраста из-за различных факторов. Размытие в движении обычно может быть введено в изображения лиц за счет движения датчика камеры и/или движения камеры. лицо во время получения изображения. Таким образом, черты лица на захваченных изображениях могут изменяться в зависимости от количества движения, что может ухудшить работу систем оценки возраста. В этой диссертации рассматривается проблема, вызванная размытием изображения в движении, и предлагается решение, позволяющее сделать системы оценки возраста устойчивыми к эффектам размытия изображения в движении.

## ANNOTATION

Customer service systems, vending machines, entertainment and much more have become obsolete. can be used in many useful applications such as Image-based age estimation systems have been developed using information from human faces to obtain age information. However, the effects of camera movement and optical blur, facial expression, gender, etc. There are limitations of existing age estimation systems due to various factors. Motion blur can typically be introduced into facial images through camera sensor movement and/or camera movement. face during image

acquisition. Thus, facial features in captured images may change depending on the amount of movement, which can degrade the performance of age estimation systems. This thesis examines the problem caused by motion blur and proposes a solution to make age estimation systems robust to the effects of motion blur.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Барлығының Интернеті (IoE) дәуіріндегі смарт құрылғылардың сенсорлары	9
1.1 IoE мүмкіндіктері мен кемшіліктері	9
1.2 Смарт құрылғы архитектурасы	11
1.3 Смартфон процессорлары	12
1.4 Қозғалыс сенсорлары	14
1.5 Мультимедиялық сенсорлар	17
1.6 Смартфондар, Data Mining және IoE	20
1.7 Жасанды нейрондық желі (ANN)	22
1.8 Денсаулыққа арналған қолданбалар	26
2 Адамның жасын бағалау әдісі	29
2.1 Камера сенсорына және бет қозғалысының сенімділігі	29
2.2 Қозғалыс әсерлері үшін адамның жасын бағалау әдісі	31
2.3 Адамның бетін анықтауға және жазықтықтағы айналуды өтеуге арналған алдын ала өңдеу қадамдары	33
2.4 Анық емес қозғалыс параметрлерін бағалаудың әдісі	34
2.5 MLBP, Gabor Filtering, PCA және SVR негізіндегі адамның жасын бағалау	46
3 Жасты бағалау әдісінсін жобалау	51
3.1 Деректер қорының сипаттамасы және өнімділікті өлшеу	51
3.2 Ұсынылған Motion Blur параметрлерін бағалаудың өнімділігін бағалау	53
3.3 Ұсынылған жасты бағалау әдісінің тиімділігін бағалау	55
Қорытынды	63
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	64

## КІРІСПЕ

Адамның жасын бағалаудың көптеген пайдалы қолданбалары бар, мысалы, жас ерекшеліктеріне байланысты бетті тану жүйелері, тұтынушыларға жарнаманың тиімділігін бағалау жүйелері және кәмелетке толмағандардың алкоголь, темекі сатып алуына немесе ересектерге арналған веб-сайттарға кіруіне жол бермеуге көмектесетін жүйелер [1,2]. Пайдалы қолдануларының арқасында жасты бағалау тартымды зерттеу саласына айналды және ол қарқынды түрде зерттелді. Алдыңғы зерттеулердің көпшілігінде адамның жасы бет кескіндері арқылы бағаланған. Әдістің бұл түрі қарттар мен жастар арасындағы бет аймақтарының сыртқы көрінісіндегі айырмашылықтарды пайдаланады. Бұл мәселе бойынша бірнеше әдістер ұсынылды [3] және танымал әдіс белсенді көрініс үлгілеріне (AAMs) негізделген [4]. Бұл әдіс бет пішінін сипаттайтын бірнеше маңызды нүктелерді пайдалана отырып, адам бетінің пішінін модельдейді. Сонымен қатар, тұлғаның сыртқы түрі де негізгі құрамдас талдау (PCA) арқылы модельденеді. Дегенмен, бет пішінін сипаттау үшін көптеген маңызды нүктелерді анықтау керек және анықтау өнімділігіне бас қозғалысы, күрделі фон және бас позасы әсер етуі мүмкін. Сонымен қатар, бірнеше бағдарлау нүктелерін анықтау айтарлықтай өңдеу уақытын талап етеді, осылайша нақты уақыттағы жүйелерге қолдануды қиындатады. Сондықтан бет аймағындағы белгі нүктелерін дәл анықтауды қажет етпейтін ААМ қолданбайтын әдістер ұсынылады [7,8,9]. Бұл әдістер бет аймағынан жас ерекшеліктерін маңызды нүктелер үшін дәл позицияларсыз шығарады.

Сонымен қатар, бет аймағынан жоғары жиілікті компоненттерді алу және/немесе адамдар қартайған кезде бет аймағында пайда болатын ерекше тері құрылымының көрінісін алу әдістері ұсынылды [6,7,8,9]. Жасты бағалау үшін қолданылатын бет ерекшеліктері үш санатқа жіктеледі: жергілікті, ғаламдық және гибриді. Типтік жергілікті белгілер - әжімдер, тері және шаштар. Алдыңғы зерттеулерде бет әлпеті бөліктерінің арақашықтық қатынасының ерекшеліктеріне және әжімдердің ерекшеліктеріне қарай бет бейнесі үш жас тобына жіктелген: сәбилер, жас ересектер және егде жастағы адамдар [10]. Тхiа және т.б. Sobel edge операторымен алынған шаш түсі мен әжімдердің ерекшеліктеріне негізделген жасты жіктеу әдісін ұсынды [11]. Жаһандық мүмкіндіктер жасты бағалауға арналған бет аймағының жалпы сипаттамаларын көрсетеді, олар ААМ, Gabor wavelet трансформациясы (GWT) [12] және кескін қарқындылығына негізделген ішкі кеңістік мүмкіндіктері [13]. Үшінші әдіс ретінде алдыңғы зерттеулерде ғаламдық және жергілікті белгілердің қосындысына негізделген гибриді белгілер қолданылады [14]. Бұл шығарылған мүмкіндіктер адам жасын бағалау үшін регрессия немесе жіктеу машиналарына енгізіледі [1,2,3].



# **1 Барлығының Интернеті (IoE) дәуіріндегі смарт құрылғылардың сенсорлары**

## **1.1 IoE мүмкіндіктері мен кемшіліктері**

Ақылды құрылғылар индустриясы әзірлеушілер мен дизайнерлерге шағын өлшемді электронды құрылғыларға әртүрлі сенсорларды, процессорларды және жадтарды енгізуге мүмкіндік береді. Сенсорлар осы құрылғылардың ыңғайлылығын арттыру және деректерді жинау және талдау арқылы тәжірибе сапасын жақсарту үшін қосылады. Дегенмен, үлкен деректер мен машиналық оқыту дәуірімен сенсорлардың деректері әртүрлі жасырын ақпаратты шығару үшін әртүрлі әдістермен өңделуі мүмкін. Шығарылған ақпарат осы құрылғыларды басқаруды, пайдалануды және әзірлеуді жақсарту үшін құрылғы пайдаланушыларына, әзірлеушілеріне және дизайнерлеріне пайдалы болуы мүмкін. Дегенмен, алынған ақпарат Барлығының Интернеті (IoE) дәуірінде адамдардың қауіпсіздігі мен құпиялылығына нұқсан келтіру үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл жұмыста біз смарт құрылғылардың сенсорларынан, әсіресе смартфондардан маңызды деректерді шығару процесін қарастыруға тырысамыз. Сонымен қатар, смартфондардың сенсорларының деректеріне негізделген әртүрлі пайдалы машиналық оқыту қолданбалары көрсетілген. Сонымен қатар, бірдей сенсорларды және бірдей машинаны оқыту алгоритмдерін пайдаланатын әртүрлі бүйірлік арна шабуылдары қарастырылады.

Барлығының интернеті (IoE) - құрылғыда сезінуді, есептеуді, ақпаратты алуды және байланыс функцияларын біріктіретін ақпараттық технологиялық термин. IoE әртүрлі мүмкіндіктері бар әртүрлі электрондық құрылғыларға қоршаған ортаны сезінуге және деректер алмасу үшін байланысуға мүмкіндік береді [1]. IoE сымсыз сенсорлық желілердің жалпы түрі болып табылады [2]. IoE түйіндерінің әртүрлі сыныптары, түрлері және мүмкіндіктері болуы мүмкін. Мысалы, смартфондар, планшеттер, ноутбуктер, тұрмыстық техника және тіпті автомобильдер IoE түйіндерінің мысалдары болып табылады. Бұл түйіндер әртүрлі сенсорларды пайдалана отырып, қоршаған ортаны сезіне алады және деректерді өңдей алады, пайдалы ақпаратты ала алады, Интернет арқылы байланысады және олардың мінез-құлқын бейімделу арқылы басқарады. IoE түйіндерінің ақылдылығы мен интеллектісі олардың есептеу қабілетінде емес, олардың байланыс және ақпарат алмасу қабілетінде. Байланыс сілтемелері бұл құрылғыларға олардың сезілген деректерінен үйренуге мүмкіндік береді. Ол осы құрылғыларды жаңа пайдалы тапсырмаларды орындау үшін өз ақпаратын пайдалануға үйретеді [3]. Мысалы, кірістірілген процессоры бар тоңазытқыш адамдармен, басқа тоңазытқыштармен және супермаркеттермен жетіспейтін заттарға тапсырыс беру мүмкіндігіне ие болмайынша, ақылды емес. Сонымен қатар, баға ұсыныстары бар заттарды сатып алу үшін әртүрлі супермаркеттерден таңдау керек. Бұл ақылдылық Интернет арқылы деректер алмасуынан пайда болды.

IoE - бұл ауқымды қолданбалар, армандар және мифтер бар күрделі тәсіл. Оның денсаулық сақтау, инженерия, информатика, маркетинг және тіпті әлеуметтік ғылымдарда сансыз қолданбалары бар [4, 5]. Дегенмен, оның қосымша зерттеуді қажет ететін көптеген мәселелері бар. IoE зерттеу саласында қауіпсіздік пен құпиялылық басым болды [6]. Деректер мен қолданбаларды қалай қорғауға болады - бұл IoE-де қызу зерттеу тақырыбы. Дегенмен, IoE парадигмасының кемшілігі ретінде адамдардың қауіпсіздігін зерттеу керек. Осы салада көптеген сұрақтар туындады. Қоршаған ортадан нені сезіну керек және Интернетке не жүктеу керек? Егер сенсорлар адамдардың өмірінде барлық жерде болса, құпиялылықты қалай жақсартуға болады? Адамдарды IoE-ге жауапкершілікпен қарауға қалай үйрету керек? IoE зиянды болуы мүмкін бе?

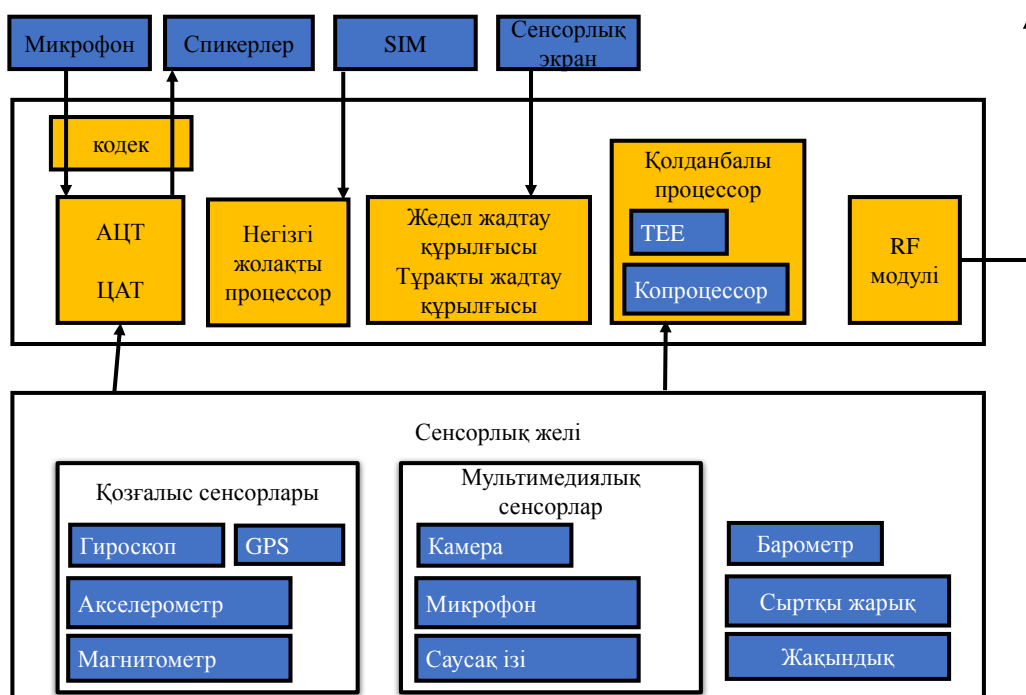
IoE-де смарт құрылғылар басты рөл атқарады [7]. Олар Wi-Fi, Bluetooth, жақын өріс байланысы (NFC) және ұялы байланыс сияқты мультимедиа коммуникациялық интерфейстермен жабдықталған. Сонымен қатар, олар сенсорлардың үлкен санымен жабдықталған. Сонымен қатар, оларда IoT ОЖ деп аталатын ендірілген операциялық жүйелер (ОЖ) бар [3]. Осы сауалнамада смартфондар туралы айтылғанда, біз смартфондарға, планшеттерге және смарт-сағаттарға сілтеме жасаймыз, өйткені олардың сипаттамалары бірдей, өндірістік айырмашылықтары аз. Statista (<https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-usersworldwide>) хабарлаған статистикаға сәйкес, 2019 жылы әлем бойынша смартфондар саны 2,8 миллиардтан асып, 5 миллиардқа жеткен. Смартфондар жүздеген смарт үй өнімдерінің процесін бақылау және бақылау үшін көп жұмыс істеді. Мысалы, WeMo (Belkin Wemo: үйді автоматтандыру, <http://www.belkin.com/us/Products/home-automation/c/wemo-home-automation/>) өнімі пайдаланушыларға үйлеріндегі көптеген мүмкіндіктерді басқаруға мүмкіндік береді, түрлі құрылғылардың электр қуатын пайдалануы сияқты. Бұл өнімді смартфондар басқарады. Тағы бір мысал қауіпсіздік және бақылау жүйелеріне арналған Apple HomeKit (<https://developer.apple.com/homekit/>). Үшінші мысал - үйлерді смарт үйлерге түрлендіретін Reemo (<http://www.getreemo.com/>). Смартфондар бұл қолданбаларда бақылау және басқару рөлін атқарады. Дегенмен, смартфонның мүмкіндіктері мен сенсорлары оларға денсаулық, сәйкестендіру, локализация және бақылауда үлкен рөл атқаруға мүмкіндік береді.

Сенсорлар смартфондардың ыңғайлылығын арттыру үшін қолданылады. Дегенмен, зерттеушілер мен әзірлеушілер бұл сенсорларды пайдаланушыны сәйкестендіру, жазылушыларды бақылау және тіпті жеке қасиеттер сияқты әлдеқайда күрделі қолданбаларда пайдалануға тырысты. Бұл қолданбалар смартфондардың сенсорлық деректерінің жасырын ақпаратын іздеуді қажет етеді. Басқаша айтқанда, сенсор деректері тікелей осы сенсорлармен бағалауға арналмаған жаңа мүмкіндіктерді болжау және бағалау үшін жаңа жанама әдістермен пайдаланылады. Смартфон сенсорларын пайдаланудың бұл жаңа парадигмасы құпиялылық пен қауіпсіздік мәселелерін ашады, өйткені смартфон пайдаланушылары жиналған деректерді олардан алынатын ақпаратты білмей-ақ жүктеп салуға дайын [8]. Бұл мәселе үлкен деректер апаты деп аталды [9]. Автор

[10] үлкен деректер апатының кемшіліктерін көрсету үшін қалыпты апат теориясына негізделген жүйені ұсынды. Ол тегін жүктелген ақпаратты өндіруде үлкен деректердің «жамандыққа» айналуы мүмкін екенін көрсетті. [8] авторы пайдаланушылардың жүктелген деректерге шектеулі бақылауы бар екенін көрсетті, бұл IoE-дегі негізгі құпиялылық мәселелерінің бірі. [9] жылы авторлар үлкен деректердегі құпиялылық пен қауіпсіздік мәселелерін және пайда болуы керек этиканы басшылыққа алатын он ережені ұсынды. Бұл жұмыстағы негізгі мотивация - IoE құрылғылары ретінде смартфондардың құпиялылық мәселелері туралы көбірек түсінік алу.

## 1.2 Смарт құрылғы архитектурасы

Бұл жұмыстағы смарт құрылғылар қол құрылғылары ретінде анықталады. Оларға смартфондар, планшеттер және смарт сағаттар жатады. Бұл құрылғылардың жылдамдығы, өлшемі, сенсорлар саны және сақтау сыйымдылығы бойынша айырмашылықтары бар шамамен бірдей ішкі архитектурасы бар. Сонымен қатар, олар бірдей операциялық жүйелер мен бағдарламалық қамтамасыз ету стектерін қабылдайды.



1.1 - сурет – Смарт құрылғының ішкі архитектурасы

Смартфонға арналған қолданбалар планшеттерде жұмыс істейді және жұмыс істейді. 1.1-суретте смарт құрылғының ішкі архитектурасының құрылымдық диаграммасы көрсетілген. Суретте көрсетілгендей, смарт құрылғылардың екі негізгі бөлігі бар: процессорлар және сенсорлар. Сондай-ақ

аналогты-сандық түрлендіргіштер (ADC), цифрлық-аналогтық түрлендіргіштер (DAC), дауыстық кодектер және смарт құрылғылардың қолданба нұсқауларын өңдеуге арналған негізгі жадтар сияқты сенсорларды процессорларға қосатын басқа интерфейс бөліктері бар..

### **1.3 Смартфон процессорлары**

Смартфонның заманауи архитектурасында екі немесе одан да көп процессорлар бар. Оларға қолданбалы және негізгі жолақты процессорлар жатады. Төменде бұл процессорлар енгізілген.

Бұл процессор дербес компьютерлердегі (ДК) немесе ноутбуктердегі орталық процессорға (CPU) ұқсас. Дегенмен, оның үш негізгі дизайн ерекшелігі бар. Біріншіден, оның қуатты үнемдейтін механизмі бар. Екіншіден, ол смартфонның барлық сенсорларын, SD картасын және байланыс модульдерін басқаруға жауапты. Смартфонға ендірілген сенсорлар аналогтық сенсорлар болып табылады. Бұл сенсорлар аналогты-сандық түрлендіргіштерді (ADC) қажет етеді. Осы компоненттердің барлығын жұқа смартфондарға орналастыру үшін микроконтроллерлердегідей чиптегі жүйе (SoC) технологиясы қолданылады. Сонымен қатар, шағын сенсорларды жобалау үшін микроэлектромеханикалық жүйе (MEMS) технологиясы қолданылады. Үшіншіден, ол деректерді сенімді, қауіпсіз және қорғалған аумақта сақтауға жауапты сенімді орындау ортасын пайдаланады [11]. Осы құрамдас бөліктерге қосымша Huawei Kirin 970, Apple M7 және Motorola X8 сияқты басқа сопроцессор ендірілген болуы мүмкін. Бұл сопроцессор өзінің құрылымы бар және табиғи тілді өңдеуге (NLP) және контекстік есептеулерді өңдеуге (CCP) қабілетті төмен қуатты электрондық компонент болып табылады. CCP нақты уақытта акселерометр, гироскоп және магнитометр сенсорының деректерін өңдейді. Қолданбалы процессор төмен қуат режимінде және сенсорлық экран өшірулі болса да, сопроцессор әрқашан қосулы және нақты уақытта сенсор деректерін өңдейді. Android смартфондарындағы Google «Google Go» аудио іздеуі NLP мүмкіндіктерінің жақсы мысалы болып табылады. Жаңа сопроцессорларда Huawei Mate 10-да табуға болатын Huawei Kirin 970 сияқты нейрондық желі мүмкіндіктері бар.

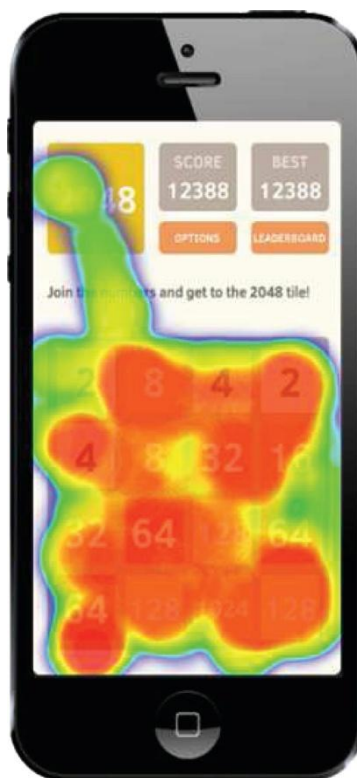
Бұл процессор абоненттік идентификациялық модуль (SIM) карталарымен, микрофонмен және динамиктермен байланысы бар аппараттық оқшауланған құрамдас болып табылады. Ол ұялы байланыс, SMS және ұялы желі арқылы деректер үшін жауап береді. Ол нақты уақыттағы операциялық жүйелермен (RTOS) жабдықталған. Бұл процессор смартфонның басқа компоненттері мен қолданбалары шамадан тыс жүктелсе де, дауыстық қоңырауларды қалыпты түрде жалғастыруға мүмкіндік беру үшін оқшауланған. Ақырында, бұл процессор ұялы желі ұяшықтары арасындағы тасымалдау процесіне жауап береді. Айта кету керек, бұл процессорлардың барлығы ортақ жадқа қол жеткізуге мүмкіндік беру үшін SoC әдісінде жасалуы мүмкін.

Смарт құрылғы сенсорлары бұл құрылғыларға олардың ыңғайлылығын, басқарылуын және басқаруын жақсарту үшін енгізілген. Мысалы, құрылғының қуатын басқаруды жақсарту үшін жақындық сенсоры қосылды; яғни, құрылғы пайдаланушының құлағына жақын болса, экран автоматты түрде өшеді. Тағы бір мысал - экранның орналасуын сезетін және оның мазмұнын пайдаланушылардың орындарына қарай бұратын акселерометр. Соңғы мысал - зарядтау процесін және батареяның температурасын басқаратын батарея сенсоры.

Смарт құрылғыларда жабдықталған байланыс және желілік бөліктерді жасырын деректерді жинау сенсорлары ретінде қалай пайдалануға болатынын көрсетеді. Бұл смарт құрылғы сенсорларын функционалдық мүмкіндіктеріне қарай белсенді және пассивті сенсорларға бөлуге әкеледі. Кез келген сенсор өзінің қолданылуына қарай белсенді немесе пассивті сенсор ретінде әрекет ете алады. Басқаша айтқанда, сенсордан жиналған деректер смарт құрылғы дизайнерлері немесе әзірлеушілері оны құрастырғандай пайдаланылса, ол белсенді функционалдылық деп аталады. Дегенмен, егер жиналған деректер жаңа жолдармен түсіндірілсе, бұл сенсорлар пассивті түрде жұмыс істейді. Егер сенсорлар осылай қолданылса, жасырын ақпарат мәселесі туындайды.

Сенсорлық экран – негізгі енгізу және шығару операцияларына жауап беретін электрондық компонент. Ол түрту және таңбаларды теру үшін қолданылады. Сенсорлық экран үшін үш негізгі өзара әрекеттесу процедурасы анықталған. Біріншіден, түрту немесе түрту таңбаны ашу, жабу немесе теру үшін кез келген жерде экранды басу процесі ретінде анықталады. Бұл сенсорлық экранның негізгі қызметі. Екіншіден, мультитач экранды бір уақытта бірнеше саусақпен түрту процесі ретінде анықталады. Бұл функция ойын қолданбаларында кеңінен қолданылады [12]. Үшіншіден, ым сенсорлық экранда белгілі бір үлгіні салу процесі ретінде анықталады. Қимылдарды бір саусақпен сүйреп апару немесе фотосуреттердің өлшемін өзгерту және камера масштабын өзгерту процесіндегі сияқты көп саусақпен орындауға болады. Кейбір жасырын деректерді алу үшін әртүрлі әдістерде осы үш әрекеттің деректерін пайдалану үшін көптеген ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстар жүргізілді. Сенсорлық экран деректерін визуализациялау әдістерінің бірі жылу карталары болып табылады.

(1) Жылу карталары. Смартфон экранында мультисенсордың немесе қимылдың деректерді визуализациялаудың жаңа әдістерінің бірі жылу карталары ретінде белгілі [13]. Әзірлеушілер бұл карталарды жасаудың бірнеше әдістерін әзірледі [14]. 1.2-суретте осы карталардың мысалы көрсетілген.



1.2-сурет – Жылу карталары (<https://uxcam.com/features/touch-heatmap>).

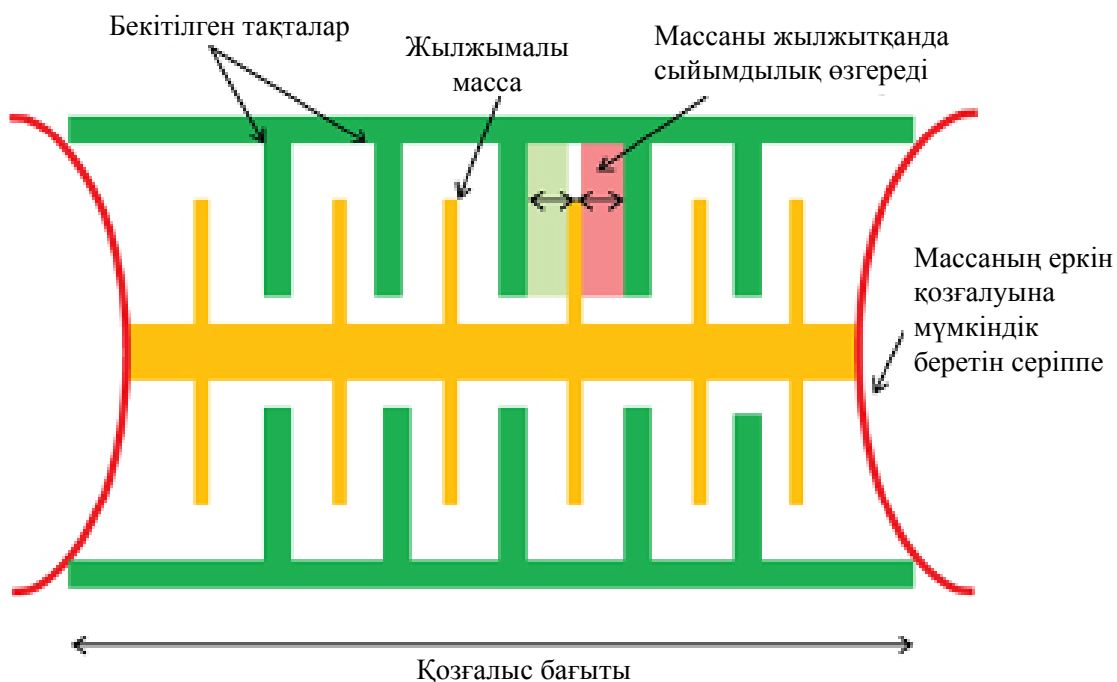
Жоғарыда айтылғандай бұл карталар деректерді визуализациялау мақсатында пайдаланылады. Көптеген смартфон қолданбалары осы карталарды жазбаша қолданбаларды жөндеу және Appsee [15] сияқты қолданба мәселелерін жөндеу кезінде пайдаланушы әрекеттерін зерттеу үшін пайдалану үшін жазылған. Сонымен қатар, Даун синдромы [16], қабылданатын қиындықтар [17] және ұсақ моторика мен көз [18] сияқты денсаулық диагнозы үшін сенсорлық карталарды қолданатын сенсорлық қимылдарды зерттеу бойынша көптеген жұмыстар жүргізілді.

(2) Сенсорлы экран пассивті сенсор ретінде. Біз көрсететін барлық мысалдар сенсорлық экранды белсенді түрде пайдаланады: түрту жылдамдығы, кідіріс, теру уақыты және қимылдар. Дегенмен, зерттеушілер сенсорлық экранның қанша рет ашылып, жабылатынын санау арқылы пайдаланушылардың ұйықтау тәртібін зерттеу үшін басқа смартфон сенсорларымен бірге пайдалануға болатын сенсорлық экраннан пайдалы деректерді алудың басқа әдісін тапты [19]. Сонымен қатар, оны пайдаланушылардың ояту дабылдарына қаншалықты жылдам жауап беретінін зерттеу үшін дабыл қолданбасымен пайдалануға болады [20].

#### 1.4 Қозғалыс сенсорлары

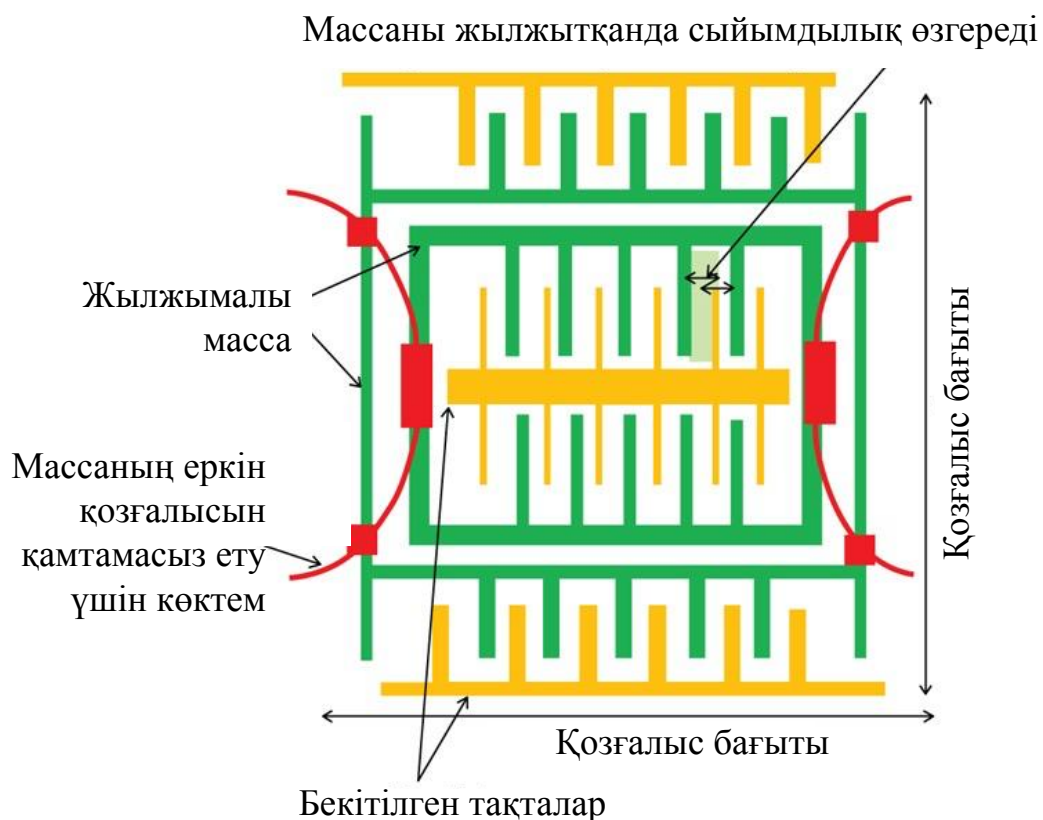
Үш негізгі сенсор қозғалысты анықтауға арналған заманауи смарт құрылғыларға енгізілген: акселерометр, гироскоп және магнитометр.

Акселерометр жеделдету күштерін өлшеу арқылы құрылғының орын ауыстыруындағы, бағдарлануындағы және үш осьтің айналасындағы еңкейтуіндегі өзгерістерді анықтайды. Оның жұмыс теориясы жылжымалы масса MEMS-тегі бекітілген пластиналар арасында еркін қозғалған кезде сыйымдылықтың мәнінің өзгеруіне байланысты. Барлық пластиналардағы жалпы кернеу өзгерістерін жазып алуға және пайдалануға болады. 1.3-суретте акселерометрдің қарапайым 2D құрылымы көрсетілген.



1.3 - сурет – Акселерометрдің ішкі құрылымы

Екінші жағынан, гироскоп құрылғының үш ось бойымен айналу жылдамдығын өлшейді [21]. Оның ішкі құрылымы акселерометрдің құрылымына ұқсас. Дегенмен, айналу күші ішкі бекітілген пластиналардың сыйымдылық мәндерін өзгерту үшін массаны жылжытады. 1.4-суретте гироскоптың қарапайым 2D құрылымы көрсетілген. Шындығында, гироскоптар мен акселерометрлер қолданбаларда жиі бірге пайдаланылады.



1.4-сурет – Гироскоптың ішкі құрылымы

Магнитометр - телефонның айналасындағы магнит өрісінің күшін өлшейтін сенсор, оның көмегімен телефон жердің геомагниттік өрісіне қатысты өзінің абсолютті бағытын ала алады [22]. Магнитометрлердің көпшілігі магнит өрісі болған кезде металл элементте анықталатын кернеу мөлшеріне байланысты. Сондықтан магнитометрлер негізінен электронды компасты қолдануда қолданылады [23, 24].

Қозғалыс сенсорлары аналогтық сенсорлар болып табылады. Бұл сенсорлардың шығысы кернеудің әртүрлі деңгейі болып табылады. Кернеудің өзгеруі ADC көмегімен цифрлық әлемде оқуға және көрсетуге болатын сандық санға түрлендіріледі. Қозғалыс сенсорларының әр секунд сайын қанша жаңа өлшем қабылданатынын анықтайтын әртүрлі жиіліктер бар. Қозғалыс сенсоры деректерінің пайдалы ақпаратын алу үшін мүмкіндіктер шығарылады. Бұл мүмкіндіктерді шығару үшін оқу жиілігі орнатылады. Сонымен қатар, көп оқу мәндері терезені құру үшін топтастырылған. Бұл терезелердің өлшемдері жүргізілген зерттеулерде 10-нан 120-ға дейін өзгерді. Соңында, осы терезелерден әртүрлі мүмкіндіктер есептеледі. Бұл мүмкіндіктер үш негізгі класқа бөлінеді: уақыт, жиілік және толқындық. 1.1-кестеде ең танымал уақыт доменінің мүмкіндіктері көрсетілген. Бұл белгілердің анықтамалары мен олардың теңдеулері [25].



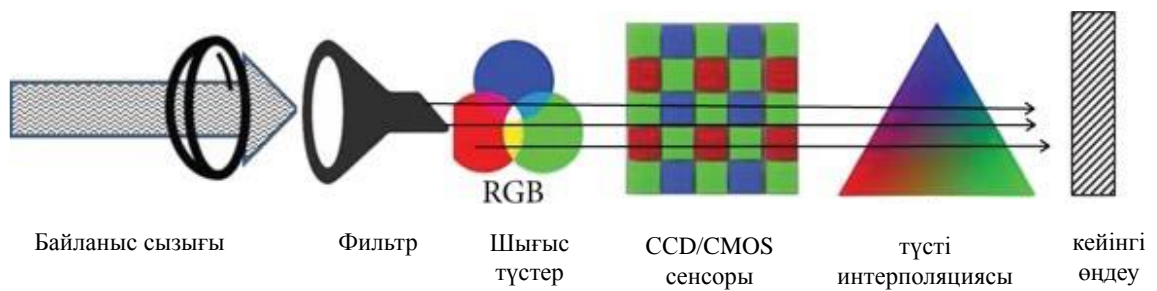
Кесте 1.1 – Уақыт доменінің мүмкіндіктері

Ерекшелік	Анықтама
Орташа	Деректер нүктелерінің қосындысы олардың санына бөлінеді
Std ауытқуы	Бұл дисперсияның квадрат түбірі
Орташа ауытқу	Деректер нүктелерінің олардың орташа немесе орташа мәнінен орташа алшақтығы
Қиғаштық	Орташа мәннен асимметрияны өлшейді. Ол орташа мәнді және дисперсияны пайдаланады
Куртоз	Экстремалды мәндердің жиілігін бағалайды. Ол өз формуласында орташа мәнді пайдаланады
RMS амплитудасы	Ол сигналдың қуатын есептеу үшін қолданылады. Ол жиынның максималды мәнін пайдаланады
Ең төменгі мән	Максималды деректер нүктесі
Ең жоғары мән	Минималды деректер нүктесі
ZCR	Нөлдік қиылысу жылдамдығы деректер нүктелерінің нөлдік мәннен қанша рет қиылысуының санаушысы
Теріс емес санақ	Жиындағы оң деректер нүктелерінің жалпы саны
Орташа абсолютті айырмашылық	Жиындағы барлық деректер нүктелері арасындағы жалпы айырмашылықтардың орташа мәні
Шыңдар арасындағы уақыт	Екі биік шыңдар немесе төмен шыңдар арасындағы нүктелер саны
Біріктірілген тарату	Деректер нүктелерін азырақ нүктелер санына немесе «қоқыс жәшіктеріне» топтастыру процестері

## 1.5 Мультимедиялық сенсорлар

Смарт құрылғыларға екі негізгі мультимедиялық сенсор енгізілген: камера, саусақ ізі және микрофон.

(1) Камера. Смарт құрылғы камерасымен фотосурет түсіру бес түрлі күрделі кезеңнен өтеді. Процесс камера объективі арқылы жарықты жинау және жарықты ішкі сүзгіге бағыттау арқылы басталады. Кейіннен шығыс RGB түстері негізгі камера сенсорына, CCD/CMOS сенсорына беріледі. Бұл кезеңде әрбір түс бөлек құрамдас бөліктер ретінде өңделеді. Соңғы кескінді көру үшін түс интерполяциясы және кескінді кейінгі өңдеу қадамы қажет. Осы кезеңдердің әрқайсысы алынған суретте саусақ ізін қалдырады. 1.5-суретте смартфон камерасының кескінді жинау процедурасы көрсетілген.

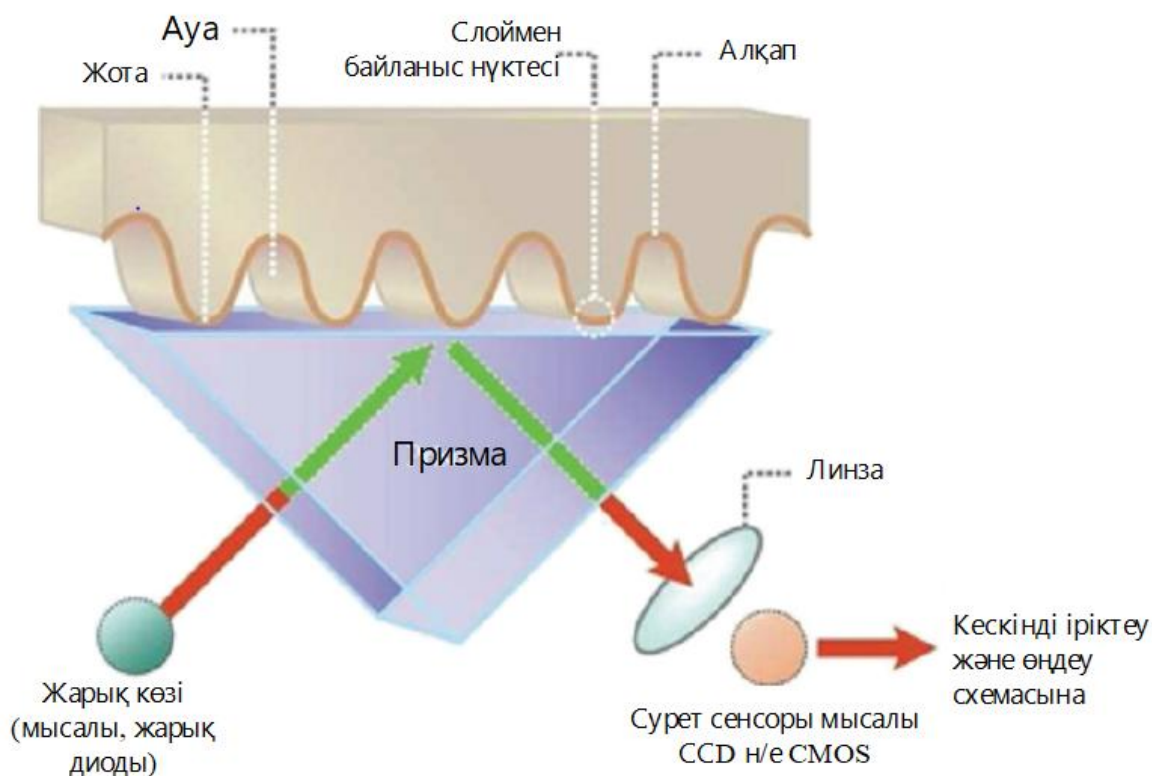


1.5-сурет – Камера кескінін жинау құбыры.

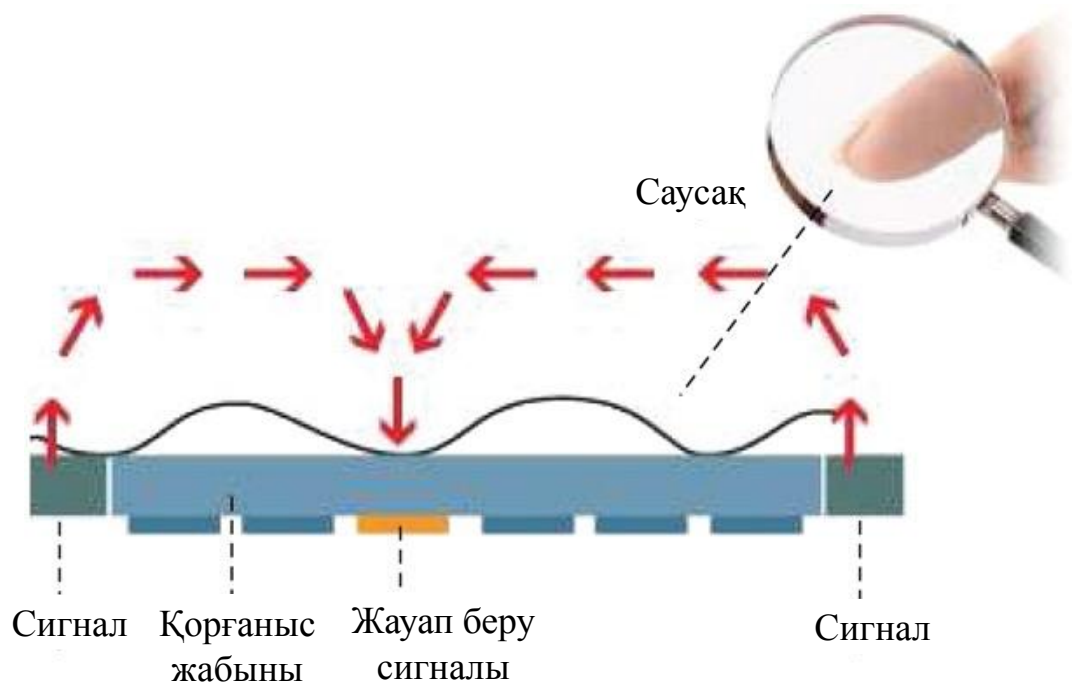
(2) Саусақ ізі. Саусақ ізі - биометриялық тану жүйелерінің бір түрі. Биометриялық тану сәйкестендіру немесе верификация арқылы пайдаланушының жеке басын анықтау процесі ретінде анықталуы мүмкін [26]. Ол танымалдылыққа ие болды, өйткені оның процесі басқа дәстүрлі қауіпсіздік жүйелері сияқты алып жүретін немесе есте сақтайтын нәрсе емес, пайдаланушылардың кім екеніне байланысты. Биометриялық тану мүмкіндігі негізінен саусақ ізі, ирис, бет, дауыс, тіпті дене иісі немесе дене қызуы сияқты пайдаланушылар денесінің физикалық, химиялық және мінез-құлық сипаттамаларына байланысты болады [27]. Делак пен Гриджич олардың көпшілігін қамтитын биометриялық тану әдістеріне жақсы сауалнама жүргізді [28]. Осы анықтайтын сипаттамалардың ішінде саусақ ізі пайдаланушыларды сәйкестендіру жүйелерінде ең жиі пайдаланылады, өйткені пайдаланушыларда әр саусақ үшін саусақ ізінің ерекше үлгілері бар [29]. Демек, саусақ ізі жүйелері негізінен саусақтарға арналған үлгіні тану жүйелері [30], мұнда сенсор қашықтықтарды өлшейді және саусақ ізін қалыптастыратын бұдырлар мен ойықтар арасындағы үлгілерді анықтайды [31]. Осыдан кейін жүйе нәтижені пайдаланушыдан бұрын алынған биометриялық деректермен салыстырады - тексеру процесі - немесе оны әртүрлі пайдаланушылардың саусақ ізі биометрикасының дерекқорымен салыстырады - сәйкестендіру процесі [26].

Саусақ ізі сенсорларының екі негізгі түрі әлі де танымал және әртүрлі биометриялық тану жүйелерінде кеңінен қолданылады [32, 33]: саусақ іздерінің жоталары мен аңғарларынан шағылысқан жарық түсірілетін және саусақ ізінің кескіні жасалатын оптикалық сенсорлар [32, 33]. 1.6-суретте көрсетілгендей және сыйымдылық сенсорлары, мұнда 1.7-суретте көрсетілгендей бірдей кескінді жасау үшін саусақ ізіндегі сыйымдылық айырмашылығын пайдалану арқылы бірдей процедура орындалады. Мұнда назар негізінен сыйымдылық сенсорларында болады, өйткені дерлік биометриялық тануды ұсынатын барлық смарт ұялы телефондар саусақ ізінің сыйымдылық сенсорларымен жабдықталған. Бұл пайдаланушы сәйкестендіру әдісі ұялы телефон пайдаланушылары арасында көбірек танымал болып келеді. Шын мәнінде, зерттеулер көрсеткендей, адамдардың шамамен 35%-ы саусақ ізін тануды телефондарында пайдаланушыны тексеру әдісі ретінде пайдаланады [36]. 2019 жылы сатылатын ұялы телефондардың жартысынан көбі саусақ ізі сенсорларымен жабдыкталады деген болжам бар [8]. Саусақ ізін ұялы телефонды

құлыптау және құлпын ашудың қауіпсіз әдісі деп санауға болатынына қарамастан, ұялы телефонды бұзу немесе құлпын ашу үшін саусақ ізі жалғандарын жасау үшін қолданылуы мүмкін кейбір әдістер мен әдістер бар. Сао және Jain бастапқы пайдаланушының 2D басып шығарылған саусақ ізі арқылы смартфонды бұзуға немесе құлпын сәтті ашуға болатындығын көрсетті [9]. Басқа зерттеулер ұсақ-түйектерден саусақ ізі кескінін жасау арқылы одан әрі дамыды. Нәтижелер түпнұсқа мен қайта жасалған саусақ ізі арасында өте жоғары ұқсастық бар екенін көрсетті [10]. Бен-Ашер және т.б. сенсорлық экранмен біріктірілген саусақ ізі пайдаланушыны тексеру немесе сәйкестендіру үшін қолданылатын екі сатылы аутентификация әдісін ұсынды [11].



1.6 - сурет – Оптикалық сенсор саусақ ізі



1.7-сурет – Сыйымдылық сенсорының саусак ізі

Сыртқы жарық сенсоры - смарт құрылғының қоршаған немесе сыртқы жарығын анықтайтын және смарт құрылғы экранының жарықтығын қайта конфигурациялайтын фотодетектор сенсоры. Ол сондай-ақ батареяның қуат тұтынуын азайту үшін экранды күңгірттеу үшін қолданылады. [12] жылы ол смарт сағаттарды пайдаланушылардың психикалық денсаулығын зерттеу үшін пайдаланылды.

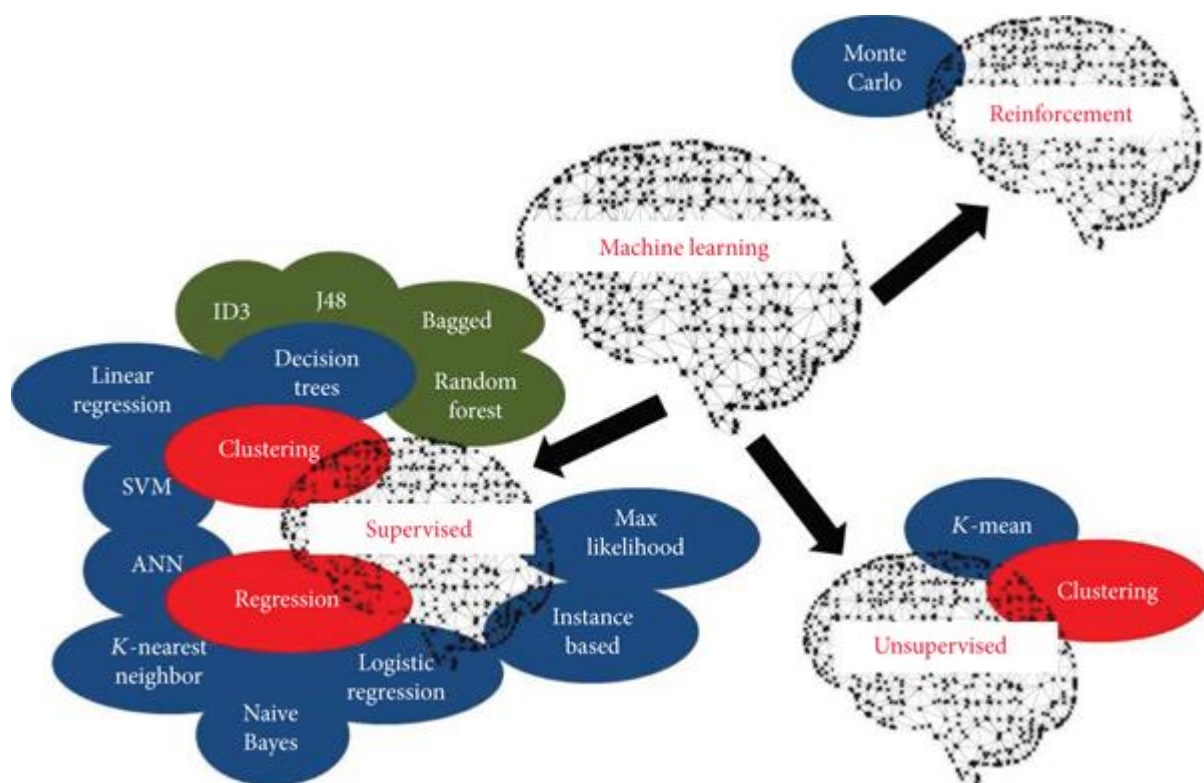
Смарт құрылғыларға жақындық және батарея температурасының сенсоры сияқты басқа сенсорлар енгізілген. Дегенмен, әдебиеттерде осы сенсорлармен байланысты қолданбалар аз. Батарея температурасының сенсоры денсаулық қолданбаларында дене температурасы тез төмендеген кездегі өлім жағдайларын шешу үшін пайдаланылды [13]. Жақындық сенсорлары үшін, біздің білуімізше, жиналған деректерден басқа ақпаратты шығару үшін ешқандай қолданбалар немесе зерттеулер жүргізілген жоқ.

## 1.6 Смартфондар, Data Mining және IoE

Деректерді өндіру - бұл үлкен деректер жазбалары мен репозиторийлерінен пайдалы ақпаратты қазу ғылымы. Бұл репозиторийлер пайдаланушы мазмұнынан және машина сенсорларынан жасалған. Мәселе бұл деректерді қалай жинауда емес. Мәселе оны қалай өндіруде. Смартфондар нақты уақыт режимінде деректерді генерациялайтын ондаған сенсорлармен және электрондық компоненттермен жабдықталған [14]. Бұл электрондық компоненттер мен сенсорлар осы құрылғылардың ыңғайлылығын арттыру үшін

смартфондарға енгізілген. Дегенмен, зерттеушілер әртүрлі ақпаратты алу үшін осы компоненттер мен сенсорларды пайдаланудың ауқымды әдістерін тапты. Көптеген ашық қол жетімді деректер жинақтары жылдар бойы жиналды. Оларды Интернеттен тегін жүктеп алуға болады. Осы деректер жиынының бірі LiveLab деректер жинағы [15] болып табылады, ол 14 айлық кезеңде 100 еріктінің мобильді журналдарынан тұрады. Деректер жинағы он бес түрлі SQL кестелерінен тұрады. Ол Google Scholar мәліметтері бойынша 278-ден астам ғылыми мақалада зерттелген. Одан әртүрлі жасырын ақпарат алынды. Оны жинауға 30 ерікті қатысты. Ол акселерометр сенсорына назар аударды. Ол [17] ұзартылды және тағы 130 дәйексөз алынды. Олар оны көбірек данаға ұзартты. Дегенмен, олар қосымша сенсорларды қоспады. Жиналған деректер жиынының тағы бір мысалы [18]. Бұл деректер жинағы смартфондағы, акселерометрдегі және гироскоптағы Wi-Fi модуліне бағытталған. Сонымен қатар, смарт-сағат деректері де жазылды. Соңғы мысал – екі ай ішінде 35 пайдаланушының өмір бойы тіркелген деректерінен тұратын ауқымды деректер жинағы [20]. Ол пайдаланушылардың смартфондағы барлық әрекеттерін тіркеді. Бұл деректер жинағы шамамен 100 дәйексөз алды. Бұл деректер жиындарының барлығының ортақ ерекшелігі - олар пайдаланушылардың ешбір мазмұнын немесе жеке деректерін жазбаған. Басқаша айтқанда, жиналған деректер смартфон пайдаланушыларының қалыпты деректері ретінде қарастырылады. Жеке емес мазмұндар мен деректердің осы деректер жиынынан алынған әртүрлі ақпаратпен жарияланған мыңнан астам қағазда бұл жеке емес деректер пайдаланушылардың әрекеттерін бақылай алатын және анықтай алатын ауқымды ақпаратты алуға қалай әкелгені анық.

Жоғарыда айтылғандай, мәселе деректерді жинауда емес. Нақты мәселе - басқа жасырын мағынаға назар аудару үшін әртүрлі сенсорлардан деректерді қалай қосу керек. Тау-кен өндіру процесі де мәселе емес; машиналық оқыту алгоритмдері қажетті бағытталған ақпараттың үлгілерін табуда пайдалы [34]. Бұл процесс жүйені бұзу сияқты. Ақпарат сенсор деректері сияқты белсенді және пассивті зондтаудан алынады. Одан кейін жүйедегі қателерді, бұзушылықтарды және қателерді табу үшін тау-кен өндіру қолданылады. Соңында, жүйені пайдалану үшін алгоритмдер жазылады. Үлкен деректер жүйесі үшін деректерді өндірудегі қиын қадам кірістерді қосу болып табылады. Басқаша айтқанда, деректерден пайдалы мүмкіндіктерді шығарып алыңыз және жиналған деректер туралы ақпаратты табыңыз.



1.8-сурет – Смарт құрылғы деректерін шығару процесінде MLA.

Бақыланатын және бақыланбайтын машиналық оқыту алгоритмдері (MLAs) спам сүзгілеу, сараптамалық жүйелер және әлеуметтік желідегі достар ұсыныстары сияқты әртүрлі танымал қолданбаларда кеңінен қолданылады. Барлық бағдарламалау тілдеріндегі көптеген бағдарламалау кітапханалары MLA-ны бірнеше жолда жүзеге асыруға мүмкіндік беру үшін жазылған. Бұл зерттеушілерге әзірленген қолданбаға және деректерді түсіндіруге назар аударуға мүмкіндік береді. 1.8-суретте смарт құрылғы сенсорының жасырын деректерді алу жұмыстарында қолданылатын ең танымал MLA көрсетілген. Суретте көрсетілгендей, бұл алгоритмдердің саны өте көп және оларды бір қағазға енгізу мүмкін емес. Үш негізгі алгоритм енгізіледі: кездейсоқ орман, тірек векторлық машина (SVM) және жасанды нейрондық желі (ANN). Бұл алгоритмдер осы жұмыста сұралған жүргізілген зерттеулердің 70%-дан астамында қолданылғандықтан таңдалған.

### 1.7 Жасанды нейрондық желі (ANN)

Кездейсоқ орман және SVM сияқты, ANN регрессия және жіктеу үшін пайдаланылуы мүмкін бақыланатын MLA болып табылады. ANN көптеген түрлері мен кластары бар. Ең қарапайым және кең тараған түрі – көпқабатты бағыттағы желілер. Бұл типте үш негізгі қабатта, кіріс, шығыс және жасырын қабаттарда әр түрлі түйіндер саны пайдаланылады. Бұл түр логистикалық регрессияны жақсарту болып табылады. SVM және ANN көптеген техникалық

салаларда ұқсас. Дегенмен, ANN жасырын қабаттардағы жасырын түйіндердің бекітілген санына және мүмкіндіктер санына плюс қиғаштыққа тең бірінші қабаттағы түйіндердің бекітілген санына ие. Екінші жағынан, SVM қолдау векторы болу үшін жаттығу деректерінен бірқатар деректерді таңдайды. Бұл SVM-дегі түйіндердің саны бекітілмегенін білдіреді. Сонымен қатар, ANN жалғыз шығысты қолдайтын SVM-ге қарағанда көп шығысты қолдайды.

Пернелерді басу аутентификациясы (КА) – пайдаланушының мінез-құлқы арқылы компьютер немесе смартфон пайдаланушысын аутентификациялайтын әдістер мен құралдар жиынтығы. Түрту үлгілерінің әртүрлі ерекшеліктері пайдаланушыларды қалай ажырата алатынын көрсету үшін мындаған зерттеу жұмыстары жазылған. КА-ны пернетақта арқылы зерттеудің алғашқы әрекеттерінің бірі [22]. Авторлар КА-ны статистикалық түрде зерттеуге тырысты. 15 түрлі пайдаланушыдан 43 таңбадан тұратын сөйлемді 11 рет теру сұралды. Бес түрлі мүмкіндіктер жиналып, салыстырылды: пернені басу ұзақтығы, пернені басу жылдамдығы, пернені басу салыстырмалы реті, Shift пернесі және оның сыныптары. Пернені басу ұзақтығы бірінші болып зерттелді. Олар бір қолданушылардың бір сөйлемді 11 рет терудегі мінез-құлқы өзгермегенін байқады; дегенмен, ол әр түрлі пайдаланушыларда өзгереді. Дегенмен, пайдаланушыларды анықтаудағы ең тиімді мүмкіндік - пернені басу жылдамдығы.

Бұл әрекеттер смартфонда жасалды. [23] жылы Android негізіндегі смартфон 20 пайдаланушының жанасу үлгісін жинау үшін пайдаланылды. Үш негізгі деректер бағандары жиналды: әрекеттер (төмен және жоғары басу) және экранның орны. Осы жиналған бағандардан 21 түрлі мүмкіндіктер алынды. Машиналық оқытудың екі классификаторы бағаланды: ANN және ұсынылған оңтайландырылған PSO-RBFN. Нәтижелерден қалыпты ANN 93%-дан астам дәлдікке қол жеткізгені байқалды. [24] КА үшін жеті ML алгоритмі салыстырылды. 664 таңбадан тұратын жол пайдаланылды. Үш түрлі деректер бағандары жазылды: таңба, пернені ұстау ұзақтығы және жүйе уақыты. Кейіннен осы деректерден -grams техникасы арқылы мүмкіндіктер құрастырылды. 4-, 3- және 2-грамдық мүмкіндіктер құрастырылды. Нәтижелер жоғары граммдар жақсы нәтижелерге және аз қателіктерге қол жеткізетінін көрсетеді. Соңында, [25] авторлар смартфондар үшін төрт түрлі мүмкіндіктерге негізделген КА ұсынды: ұстап тұру уақыты, аралық уақыт, қашықтық (басылған екі түрлі таңба арасындағы (пиксельде)) және жылдамдық. Сонымен қатар, олар КА ерекшеліктерін зерттеп, үш негізгі сыныпқа жіктегеннен кейін бұл мүмкіндіктерді таңдады. Бірінші санат - мүмкіндіктерді шығару үшін деректер жиналған сенсорлық экранда пайдаланушылардың хабарды теру жолы. Бұл стильді қолданып әртүрлі жұмыстар жүргізілді [25–27]. Әртүрлі ML алгоритмдері салыстырылды. Алынған нәтижелер үмітті. Екінші санат сенсорлық экраны бар қозғалыс сенсорларын [28] сияқты пайдаланады. Соңғы категория [29, 30] сияқты ым-ишараға негізделген. Айта кету керек, КА-ның смартфондардағы танымалдығы үшін көптеген сауалнамалар жазылған [31–33].

Сонымен қатар, [31], КА зерттеулері мен қағазды басып шығарудың танымалдылығы көрсетілген.

Смартфондардан басқа, КА смарт сағаттары соңғы жылдары қарқынды танымал болды. [34] авторлар пайдаланушыларды аутентификациялау үшін уақыт домені мүмкіндіктері бар смарт сағаттың қозғалыс сенсорларын пайдаланды. KNN алгоритмі 20 пайдаланушыға қолданылды. 80%-дан асатын дәлдік хабарланды. [35] жылы смарт сағаттар мен нейрондық желі алгоритмін пайдаланатын нақты уақыттағы үздіксіз пайдаланушы аутентификация жүйесі ұсынылды. [36] жылы қолмен бұлғау үлгілеріне негізделген смарт сағаттың құлпын ашу үшін КА пайдалану жүйесі ұсынылды. Басқа мысалдар [34] зерттелген. Гарнитуралар мен смарт сағаттарды смартфондарға қосу кезінде құрылғыдан құрылғыға аутентификация үшін тағы бір акселерометр жұмысы [37] жүргізілді.

КА әдістерін үш кадаммен қорытындылауға болады. Біріншіден, теру жылдамдығы, түрту кезінде әртүрлі таңбалар арасындағы кешігу уақыты және көп сенсорды пайдалану сияқты пайдаланушы енгізулерінен бірнеше мүмкіндіктер жиналады [38, 39]. Кейіннен бұл мүмкіндіктер нормаланады және кіріс мүмкіндіктері мен шығыс нәтижелерінің матрицасына түрлендіріледі. Соңында, бұл деректер оқыту үшін жасанды нейрондық желі (ANN), қолдау векторлық машинасы (SVM) немесе логистикалық регрессия (LR) сияқты машиналық оқыту алгоритміне беріледі. Шығару моделін аутентификация процесі үшін пайдалануға болады [35, 40]. Барлық жүргізілген әдістер әртүрлі мүмкіндіктермен немесе әртүрлі алгоритмдермен бірдей процедураны орындады.

Бұл жүйелер пайдаланушылардың аутентификациясының жоғары дәлдігін көрсетті. Дегенмен, дәлдік 100% болмағандықтан, ол смартфонның нақты пайдаланушысының түпнұсқалығын растамауы мүмкін. Бұл мәселені шешу үшін бұл жүйелер екінші аутентификация жүйесі және қайта аутентификация [27] немесе үздіксіз аутентификация жүйелері [31, 32] ретінде пайдаланылады. Бұл әдісте пайдаланушы аты мен құпия сөз әлі де аутентификация үшін пайдаланылады; дегенмен, сеанстар кезінде пайдаланушыны үздіксіз аутентификациялау үшін телефон пайдаланушының түрту және түрту әрекетін қадағалайды.

Смартфонды пайдаланудың жеке қасиеттерін болжау соңғы онжылдықта қарастырылды. Жүргізілген жұмыстар смартфон иелерінің психологиялық ерекшеліктері туралы көбірек білу үшін толтырған сауалнамалар мен сауалнамалардан басталды. [33] жылы үлкен бес деп аталатын бес түрлі белгі зерттелді. Бұл сипаттамаларға келісімділік, адалдық, экстраверсия, невротикалық және ашықтық жатады. Сауалнама нәтижелерін талдау үшін логистикалық регрессия және сызықтық регрессия қолданылды. Телефон қоңыраулары, мәтіндік хабарламалар, шолу және ойын ойнау жасына, жынысына және жынысына байланысты зерттелді. Авторлар келісім мен телефон қоңырауларының оң қатынасын, ал қысқа хабарламаларға теріс қатынасын айтады. Бұл қатынас [34]-те де хабарланған, бұл «телефонды азырақ



пайдалану» дегенді білдіреді. Сонымен қатар, олар көп ойын ойнау аз келісуді білдіретінін хабарлады [35].

Қарт адамдар мен смартфондардың өзара әрекеттесуін бағалау үшін басқа да жеке қасиеттер жүргізілді [36]. Үш смартфон қолданбасы үшін үлгілерді қолданатын сауалнамалар мен смартфондар жазылған. Олар жас пен экранды түрту үлгілерінің арасындағы байланысты зерттеуге тырысты. Нәтижелер қолданба дизайнын жақсарту немесе пайдаланушылардың жасын болжау үшін пайдаланылуы мүмкін. [37] 13-тен астам ML классификаторлары балаларды пернетақтаны түрту арқылы ересектерден ажырату үшін салыстырылды. 92%-дан астам дәлдікпен жүйенің болашақ мүмкіндіктері бар.

Сенсорлық экран арқылы смартфон пайдаланушыларының жағдайын сипаттайтын тағы бір қызықты мысал, саусақтардың температурасы төмендеген кезде суық ауа райында смартфон пайдаланушыларының ұсақ моторикасының төмендеуі болып табылады [38, 39]. Бұл жағдайды пайдаланушылардың орналасқан жерін, денсаулық жағдайын немесе басқа мәселелерді зерттеу үшін қолдануға болады. [40] авторлар гендерлік классификацияда 90%-дан асатын дәлдікке қол жеткізді. Алайда [40] олар тек 61% дәлдік туралы хабарлады. [40] қолданылған сенсорлардың саны [40] санынан асып кетсе де, таңдалған ML алгоритмі мен мүмкіндіктері оңтайландырылған.

Осы санаттағы тағы бір мысал [32] жұмысында орындалған жұмыс болып табылады, онда сенсорлық экран пайдаланушыларының ойын әрекеттері жиналып, ойнап жатқан пайдаланушыларды болжау үшін қолданылады. Бұл әдіс 80% дәлдікті тіркеді. Сонымен қатар, ұсынылған Falcon қолданбасы қолданбаларды іске қосу уақытын қысқарту үшін пайдаланушылардың мінез-құлқын пайдаланады [33].

Тағы бір қызықты жұмыс [34] жүргізілді, онда авторлар сенсорлардан жиналған деректерді пайдалана отырып, смартфон пайдаланушыларының көңіл-күйін анықтауға тырысты. Пайдаланушылардың көңіл-күйі жеке қасиеттер ретінде есептелмейді; дегенмен, болашақта адамдар өздерінің көңіл-күйлері арқылы жекелене алады.

Смартфондардан алынған басқа жеке қасиеттер - жыныс, салмақ, бой, жас, нәсіл және тіпті аяқ киім өлшемі сияқты физикалық қасиеттер. Бұл қасиеттер смартфонның әртүрлі сенсорлары арқылы бағаланған. Бұл қасиеттерді смартфон сенсорларынан болжау жұмсақ биометрия деп аталады. [35] жылы жұмсақ биометриялардың және олардың қолдануларының үлкен санына шолу жасалды. Оның үстіне [36] бұл саладағы қиындықтар мен мүмкіндіктер көрсетілді. Бұл салада акселерометр сенсорының мүмкіндіктері басым болғанын атап өткен жөн. Дегенмен, смартфонда қолданылатын саусақ ізі сенсоры жыныс пен жасты жіктеу үшін де қолданылған. 1.3-кестеде осы салада жүргізілген қызықты және ерте жұмыстардың кейбірі жинақталған. Айта кететін бір жайт, смартфон сенсорлары арқылы есептелетін жеке қасиеттерге киім мен аяқ киім әсер етеді.

Кесте 1.3 – Жеке қасиеттерді болжау

Датчик	Ерекше өзгешеліктері	Алгоритм	Қасиеттер	Нәтижелер
Акселерометр	Уақыт доменінің мүмкіндіктері	ANN, J48 шешім ағашының алгоритмдері [187] және данаға негізделген оқыту (IBk) [188]	Салмағы, бойы және жынысы	IBk қолданатын жыныс бойынша 71,2%, ANN көмегімен бой бойынша 85,7% және IBk көмегімен салмақ бойынша 78,9%
Акселерометр және сенсорлық экран	Уақыт доменінің мүмкіндіктері, сенсорлық қысым және өлшем	-ең жақын көршіні білдіреді	Пайдаланушы идентификациясы	Сәйкестендіру үшін 96%-дан астам
Сенсорлық экран	Екі түрлі пернені басу арасындағы кідіріс	ANN, ең жақын көрші, SVM, градиенттің төмендеуі bp, евклидтік қашықтық, сызықтық дискриминант талдауы және тағы 5 алгоритм	Балаларды ересектерден бөлу	SVM үшін 92% астам және сызықтық дискриминантты талдау үшін 89%
Сенсорлық экран	Басудың кешігуі және ұзақтығы	SVM	Гендерлік классификация	91% дәлдік
Сенсорлық экран, акселерометр және гироскоп	29 мүмкіндік, соның ішінде: арнайы пернелер, басылған жалпы пернелер, пайдаланылған кері бос орындар саны, өңдеу қашықтығы, жалпы аяқтау уақыты, пернелер арасындағы орташа уақыт	Шешім ағашы (кілттер саны), SVC сызықтық ядросы (жасы), SVC сызықтық ядросы (гендер), логистикалық регрессия, -ең жақын және Гаусс NB	Қолданылған саусақтардың саны, жынысы және жасы	Саусақтардың санына 80%, жасына 75%, жынысына 60%

Сенсорлық экран қимылдары, гироскоп, акселерометр	14 қимыл мүмкіндігі, жалпы ұзындық, жалпы уақыт, ең биіктік, аудан, қысым, жылдамдық, үдеу, доғаның қашықтығы және басынан аяғына дейінгі бұрыш	SVM, логистикалық регрессия, аңғал Бейс, J48	Гендерлік классификация	Логистикалық регрессия үшін 71% дәлдік
Саусақ ізі	Толқындық ерекшеліктері және сингулярлық мәннің ыдырауы	-ең жақын	Гендерлік классификация	Дәлдік 88%-дан асты
Сенсорлық экран	Қимыл жылдамдығын төрт бағытта сырғытыңыз және басқа мүмкіндіктер [189]	Статистикалық	Бас бармақ ұзындығы және пайдаланушылардың биіктігі	Бас бармақтың ұзындығы мен биіктігі арасындағы қатынастың 72% дәлдігі

## 1.8 Денсаулыққа арналған қолданбалар

Денсаулыққа арналған қосымшалардағы смарт құрылғылар соңғы онжылдықта кеңейді. Бұл қолданбалар үш негізгі доменге жіктеледі: нақты уақыттағы денсаулық мониторингі, денсаулық белсенділігін бақылау және денсаулық мәселесі мен ауруды анықтау. Денсаулықты бақылау қолданбаларында смарт құрылғыларды белсенді немесе пассивті режимдерде адам денесінің әртүрлі аспектілері мен бөліктерін бақылау үшін пайдалануға болады. Белсенді режимде пайдаланушы ішкі органикалық сигналдарды оқу үшін смарт құрылғыны пайдалану арқылы белгілі бір әрекетті орындауға жауапты. Мысалы, Cardio қолданбасында смартфонның камерасы қанның денеде айналуы кезінде тері түсіндегі өзгерістерді анықтау арқылы жүрек соғуын өлшеу үшін қабылданған. Контактсіз денсаулықты бақылау қолданбаларында дыбыстық сигналдар басым болды. Микрофондар мен үндеткіштер кеңінен қолданылды. [31] жылы жүрек соғысын бақылау үшін микрофон мен динамикті пайдалану үшін смартфон қолданбасы ұсынылды. [19] жұмысында дыбыстық сигналға негізделген ұйқы сапасын бақылау қолданбасы ұсынылды. Денсаулықты бақылаудың тағы бір қолданбасы - жарақаттан кейін қалпына келтіру процесін бақылау. [32] жылы тізе буынының жалпы

артропластикасының оңалту барысын бақылау үшін үйде гироскоп пен акселерометр деректері жазылған.

Денсаулықты бақылауда смарт құрылғылар мен олардың сенсорға негізделген қолданбалары әдебиетте көптеп кездеседі. [23] жылы инсультты бақылайтын және смартфонның алдын алатын қолданба әзірленген.

Ауруды анықтауда смарт құрылғылар үлкен әлеуетті көрсетті. Әртүрлі қолданбаларда әртүрлі смарт құрылғы сенсорлары пайдаланылды. [24] жылы смартфон камерасы анемияға қан гемоглобинін тексеру үшін пайдаланылды. 76%-дан 85%-ға дейінгі дәлдіктер тіркелді. Байланыс немесе белсенді камераны сынау қолданбаларының тағы бір мысалы [25] тері зақымдануын Бурули жарасы сияқты әртүрлі бактериялық ауруларға сынау үшін ұсынылған. [26] жылы барлық смартфондардың сенсорлық деректері психикалық денсаулықты бақылау және депрессияны, стрессті және жалғыздықты анықтау үшін жазылған. Смартфон қолданбасы ретінде ауруды анықтаудың тағы бір мысалы - саусақ ізін сәйкестендіру процесіне тері ауруларының әсерін анықтау. Кейбір тері ауруларының белгілері саусақ ізі сканерлеріне әсер етуі мүмкін терінің түсіне немесе папиллярлық жоталардың құрылымына әсер етуі мүмкін екендігі анықталды [27, 28]. Сонымен қатар, зерттеулер саусақ ізі үлгілері мен қант диабеті арасында корреляция бар екенін көрсетті. Қан және т.б. қант диабеті жынысы мен жасын түзетуді ескере отырып, бас бармақ пен кішкентай саусақ арасындағы орташа дерматоглифтік жота санының айырмашылығымен байланысты екенін анықтады [29]. Басқалары сонымен қатар қант диабетімен ауыратын науқастардағы саусақ іздерінің бұралулары, ілмектер және доғалары диабеттік емес адамдардан айтарлықтай ерекшеленетінін көрсетті [30, 31]. Саусақ ізінің үлгілері тек генетикалық аурулардың диагностикасымен байланысты болғанымен [32], бұл әлі де саусақ ізі сканерлерімен жабдықталған ұялы телефондар қант диабетінің дамуын болжау немесе кейбір түрлерін анықтау сияқты тапсырмаларды орындай ала ма деген сұрақты тудырады. пайдаланушылардағы тері аурулары.

Әртүрлі деректер жиынын оқыту үдерісіне негізделген көптеген пайдалы қолданбалар ұсынылған және әзірленген. Оқыту процесі және осы қолданбаларды тестілеу және тексеру бақыланатын ортада жүргізілді. Сонымен қатар, жиналған деректер MLA қолданбас бұрын сүзіледі. Бұл мәселелер нақты өмірде және басқарылатын ортадан тыс әзірленген қосымшалардың дұрыстығына қатысты сұрақтар туғызды [33].

Тағы бір анықталған мәселе - әртүрлі қолданбаларда шығарылған және пайдаланылған мүмкіндіктер саны. Жоғарыда айтылғандай, бірдей мүмкіндіктер әртүрлі қорытындыларды шығару үшін қайта-қайта пайдаланылды. Дәл осындай мүмкіндіктер жеке қасиеттер мен жеке әрекеттер үшін пайдаланылды. Егер бірдей мүмкіндіктер барлық ақпаратты ашса, жеке қасиеттер алынған әрекеттерге қалай әсер етпейді? Мысалы, [34] авторлар үлкен деректер смартфонның денсаулығына арналған қосымшалардағы шулы деректердің жаңылыстыратын қорытындыға әкелетінін көрсетеді. Авторлар Apple және Android смартфондарындағы қадамдарды санау қолданбасының дәлдігін

зерттеді. Олар екі платформада да осы қолданбаларда қателердің үлкен ауқымын анықтады. [35] жылы смартфонға арналған денсаулық қолданбаларының тәжірибесінің сапасын зерттеу жүргізілді. Алынған нәтижелер пайдаланушылардың ақпараттың дұрыстығына, дәлдігіне және құпиялылығына қатысты әртүрлі сұрақтарын анықтады. Бұл дәлдік пайдаланушыларды алаңдататын мәселелердің бірі екенін көрсетеді. [36] авторлар екі түрлі топтың, бірінші топ 20 жас және 37 қарт екінші топтың жеке күнделікті әрекеттерінің смартфон қолданбаларының классификациясын салыстырды. Олар бірінші топтан жиналған деректерден классификаторды оқытты және екінші топтағы модульді сынады. Дәл сол тәжірибе екінші топ деректерінен оқытылған басқа модульмен қайталанып, бірінші топта тексерілді. Олар екі сценарийдегі дәлдікке үлкен әсер еткенін хабарлады. Бұл жеке қасиеттерді осы зерттеулерге мүмкіндіктер ретінде қосу керек немесе барлық жастағы әртүрлі елдерден жаппай деректер жиынтығын жинау керек дегенді білдіреді. [37] авторлар тестілеу және валидация процесі үшін сол күндегі және әртүрлі күндердегі деректерді пайдалана отырып, смарт-сағаттар гироскопы мен акселерометрді пайдалана отырып, жүруді тану экспериментін жүргізді. Олар әртүрлі күндердегі деректерді пайдаланған кезде жүруді тану үшін хабарланған қателердің көбейгенін хабарлады.

Үшінші мәселе - деректер жиынтығының өлшемі. Егер бұл қолданбалар әртүрлі елдерде және әртүрлі жастағы адамдардан пайдаланылса, деректер жиынтығын қалай жинау керек және ол қаншалықты үлкен болуы керек? [38] авторлар елдердегі семіздік жағдайын зерттеу үшін 111 елден 700 мыңнан астам адам жинаған деректермен эксперимент жүргізді. Басқа зерттеулер тек 10-50 қатысушыны пайдаланды [34, 35].

MLA қолданатын смарт құрылғы қолданбаларының дәлдігі туралы сұрақ нақты өмірде тестілеу мен тексерудің әртүрлі процедураларын талап етеді.

## 2 Адамның жасын бағалау әдісі

### 2.1 Камера сенсорына және бет қозғалысының сенімділігі

Жас ерекшеліктерімен жасты бағалау үшін жіктеу қадамдары орындалады. Мұны үш тәсілге жіктеуге болады: жас топтарын жіктеу [12], бір деңгейлі жасты бағалау [5] және жасты иерархиялық бағалау [3,5,15]. Бірінші тәсіл – дәл жасты бағалаудың орнына шамамен жас тобын болжайтын әдіс. Екінші және үшінші тәсілдер нақты жасты бағалауға бағытталған. Осы екі тәсілдің ішінде бір деңгейлі жасты бағалау алдын ала жіктеусіз бүкіл деректер жинағындағы дәл жасты бағалау үшін қолданылады. Бұл жағдайда жасты бағалаудың дәлдігін төмендетуге болады, себебі жіктеу үшін көптеген деректер жиыны бар. Бұл мәселені шешу үшін жасты иерархиялық бағалау ұсынылады, ол алдын ала жіктеумен дәрежесінен-жұқаға дейінгі әдіс болып табылады және бұл жақсартылған өнімділікті береді [3,5,15]. Себебі кіші топтағы жасты бағалау классификацияның күрделілігін және есептеу жүктемесін жеңілдетуі мүмкін [15].

Бұл алдыңғы әдістер жақсы бағалау нәтижелерін бере алатынына қарамастан, олардың әлі де көптеген қиындықтары бар. Кейбір осындай қиындықтарға жыныс айырмашылығының, бет әлпетінің немесе түсірілген суреттердің сапасының жасты бағалауға әсері жатады. Мысалы, сол жаста әйелдің беті әдетте еркек бетінен жас көрінеді [7]. Тағы бір фактор - мимика. Сезімдерді ұсыну арқылы адам бетінің сыртқы түрі текстурада да, пішінде де өзгереді.

Сонымен қатар, алдыңғы әдістердің көпшілігінде авторлар жасты бағалау үшін тек бағытталған және жақсы сапалы кескіндерді пайдаланды. Демек, жүйеде сапасыз кескіндер пайдаланылғанда, бағалау нәтижелері сенімсіз болады. Бұлыңғырлық - бет кескіндерінің сапасының нашарлауына әкелетін негізгі факторлардың бірі. Бет кескіндеріне бұлдырату әсерлерін қосу арқылы бет пішіні мен текстурасы туралы ақпарат өзгереді және/немесе жоғалады. Бұлыңғырлықтың екі түрі бар, камераның оптикалық бұлыңғырлануы және камераның және бақыланатын объектілердің салыстырмалы қозғалысы нәтижесінде пайда болатын қозғалыс бұлыңғырлығы. Оптикалық бұлыңғырлықты автофокустау алгоритмі арқылы өтеуге болатынына қарамастан, қозғалыстың бұлдырлануы адамдардың табиғи және кездейсоқ әрекеттері немесе камера қозғалыстары салдарынан кескінде жиі болады. Нәтижесінде түсірілген сурет бұлыңғыр болады және бұл жасты бағалау өнімділігінің төмендеуіне әкеледі. Дегенмен, біздің білуімізше, қозғалыстың бұлыңғырлануының жасты бағалау жүйелеріне әсерін қарастыратын алдыңғы зерттеулер жоқ.

Басқа зерттеулерде олар терең конволюционды нейрондық желіні (CNN) [16] және тірек векторлық машинасымен (SVM) CNN [17] мүмкіндіктерін шығару және үлгіні үйрету және кіріс кескінді белгілі бір жас пен жыныс тобына жіктеу үшін пайдаланды. Олардың әдістері сүзгіден өтпеген кескін, интернет

кескіндері үшін пайдаланылуы мүмкін және оның өнімділігі алдыңғы зерттеулерден жоғары. Дегенмен, олардың әдістері күрделі архитектураны және желіні оқыту үшін уақытты қажет ететін процедураны қажет етеді. Сонымен қатар, бұл зерттеу жасты нақты бағалауға емес, жас классификациясына арналған.

[18] олар көп масштабты CNN негізіндегі мүмкіндіктерді шығару әдісін қолданып жасты бағалауды ұсынды. Алдыңғы зерттеулерде [19] олар CNN негізіндегі ерекшеліктерді шығару әдісін және SVM/қолдау векторлық регрессиясына (SVR) негізделген жас классификациясын/бағалауын қолдана отырып, адамның жасын бағалау әдісін ұсынды. Олардың жасын бағалаудың өнімділігі бұрынғы әдістерге қарағанда жоғары болғанымен, олар күрделі архитектураны және желіні оқыту үшін уақытты қажет ететін процедураны қажет етеді [18,19]. Сонымен қатар, белсенді пішін үлгісіне (ASM) негізделген бағдарды анықтау фондық және біркелкі емес жарықтандыруға әсер етеді және өңдеуге көп уақытты қажет етеді [18].

Қозғалыс бұлдырату әсерінен туындайтын сапасыз кескіндердегі бұрынғы жасты бағалау жүйелерінің мәселесін шешу үшін біз қозғалыс бұлдырының әсеріне төзімді жасты бағалау әдісін ұсынамыз. Біздің зерттеуіміз алдыңғы әдістермен салыстырғанда келесі төрт жолмен жаңа. Біріншіден,  $\rho$  диапазонына негізделген қосу және фитинг әдісімен модификацияланған радон түрлендіруіне негізделген қозғалыс бұлыңғырлығының параметрлерін (қозғалыс бұлыңғырлығының бағыты мен мөлшері) бағалау әдісін ұсынамыз. Екіншіден, кіріс бет кескіні қозғалыс бұлыңғырлығы параметрлерін бағалау нәтижелеріне негізделген қозғалыс бұлыңғырлығының бірнеше топтарының біріне алдын ала жіктеледі, бұл әр топтағы қозғалыстың бұлыңғырлануынан туындаған бет кескіндерінің вариациясын азайта алады. Үшіншіден, адамның жасын бағалау үшін көп деңгейлі жергілікті екілік үлгіге (MLBP), Габор сүзгісіне, PCA және SVR негізіндегі жаңартылған жасты бағалау жүйесі пайдаланылады. Төртіншіден, қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің әрбір тобы үшін сәйкес жас бағалаушысы қолданылады. Бұл схеманы пайдалана отырып, қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің әрбір тобы үшін пайдаланылатын жас бағалаушысы сол топтағы кескіндердің жас ерекшеліктерін тиімді сипаттай алады. Демек, жасты бағалау өнімділігін тіпті қозғалыстың бұлыңғырлануын қамтитын кескінмен де айтарлықтай жақсартуға болады.

2.1-кестеде жасты бағалау бойынша алдыңғы және ұсынылған зерттеулердің салыстырулары келтірілген.

Кесте 2.1 – Жасты бағалау бойынша алдыңғы және ұсынылған зерттеулердің қысқаша мазмұны

Санат	Әдіс	Күш	Әлсіздік
Қозғалыс бұлдырату әсерін ескермейтін жасты бағалау	-ААМ [3,4,5] немесе ААМ емес [7,8,9] негізделген әдістер, жергілікті ерекшеліктер [10,11], ғаламдық мүмкіндіктер [12,13], гибридтік мүмкіндік [14] негізіндегі әдістер, жас тобы классификация [10,12], бір деңгейлі жасты бағалау [5], иерархиялық жасты бағалау [3,5,15], терең CNN негізіндегі әдістер [16,17,18,19]	-Анық және сапалы кіріс кескіндерімен жақсы бағалау нәтижелерін жасаңыз	- Қозғалыс бұлдыр кескіндер кезінде бағалау дәлдігі айтарлықтай төмендейді
Қозғалыс бұлдырату әсерін ескере отырып жасты бағалау (Ұсынылған әдіс)	-Қозғалыс бұлыңғырлығының параметрлері $\rho$ диапазонына негізделген жинақтау және фитинг әдісімен модификацияланған радондық түрлендіру негізінде бағаланады.	- Кескін қозғалысының бұлдырлануына төзімді	- Кескін үшін қозғалыс бұлыңғырлығы параметрлерін бағалаудың қосымша процедурасы қажет

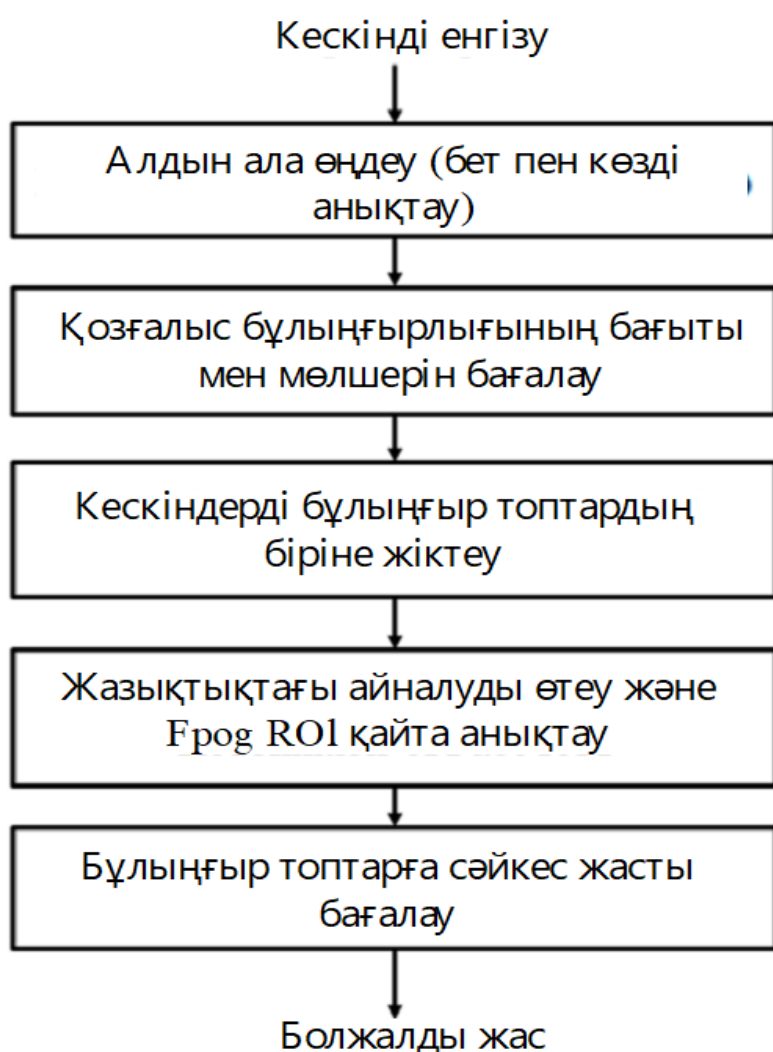
## 2.2 Қозғалыс әсерлері үшін адамның жасын бағалау әдісі

Қозғалыс бұлыңғырлану әсеріне төзімді адамның жасын бағалау жүйесі әдісімізге арналған жалпы процедура 2.1-суретте көрсетілген. Суретте көрсетілгендей, біз алдымен бет пен көз аймағын локализациялау үшін алдын ала өңдеу қадамын орындаймыз. бет кескінін енгізу. Бұл қадам бет аймағын окшаулау және кіріс кескіндеріндегі фондық аймақтарды жою үшін қажет. Бет пен көз аймақтарының анықталған позициясымен  $\rho$  диапазонына негізделген қосындысы бар өзгертілген радон түрлендіруіне негізделген әдісті пайдалана отырып, фокусталған және қозғалыс бұлыңғыр кескіндерді жіктеу үшін қызығушылық танытатын бет аймағын (ROI) шамамен анықтаймыз. Қозғалыс бұлыңғырлығы бар кескіндер жағдайында біз өзгертілген радонды түрлендіру және фитинг әдістерін пайдалана отырып, қозғалыс бағыты мен қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшерін қоса, қозғалыстың бұлыңғырлану параметрлерін



әрі қарай бағалаймыз. Бұл зерттеуде біз қозғалыстың бұлдырлығы сызықтық қозғалыстың бұлыңғырлануы түрінде болады деп есептейміз

Бұл қадамнан қозғалыс бағытының болжалды параметрлерін және қозғалыс бұлыңғыр кескіндегі қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшерін аламыз. Осы параметрлерді пайдалана отырып, біз кіріс бет кескіндерін қозғалыстың бұлдырлануының бірнеше топтарының біріне алдын ала жіктейміз, мысалы, фокусталған топ, тек фокусталған кескіндерді және тривиальды бұлыңғыр кескіндерді қамтитын және қозғалыстың жоғарырақ дәрежедегі кескіндерді қамтитын бұлыңғыр топтары параметрлері (қозғалыс бағыты және қозғалыс ұзындығы). Нәтижесінде біз қозғалыстың бұлыңғырлануынан туындаған кескіннің вариациясы шағын диапазонда болатын бет кескіндерінің бірнеше тобын аламыз.



2.1 - сурет – Ұсынылған әдістің жалпы процедурасы

Соңында, жасты бағалау жүйесінің жұмысын жақсарту және сәйкес жас бағалаушысын алу үшін біз MLBP, Gabor сүзгілеу, PCA және SVR негізінде

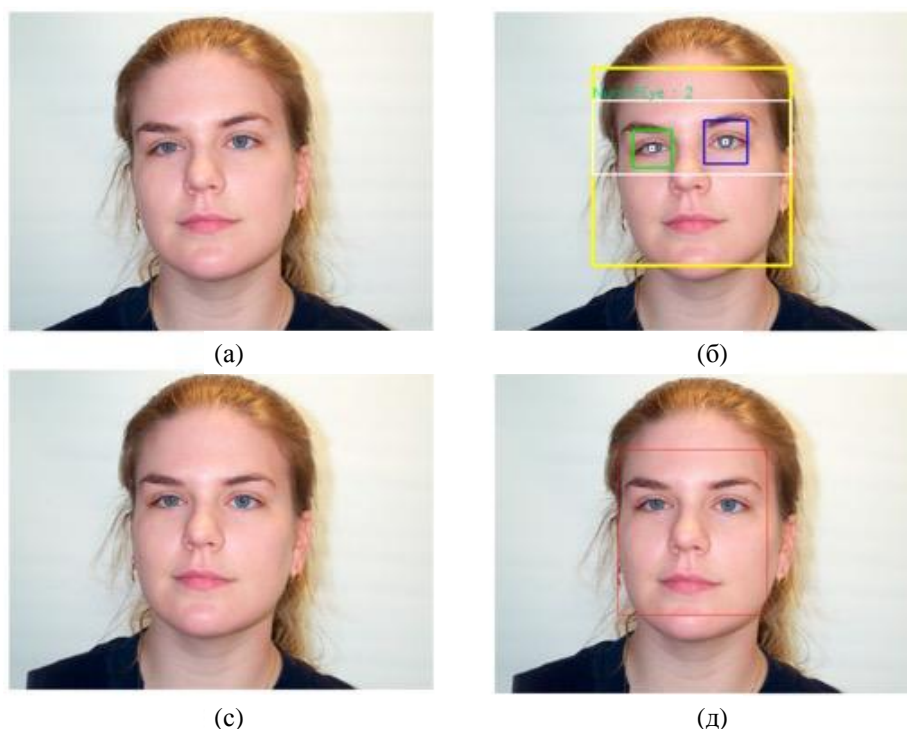
жасты бағалау әдісін пайдалана отырып, қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің әрбір тобымен жаттығу процедурасын орындаймыз. Қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің әрбір тобы қозғалыс бұлыңғырлығының шағын диапазонындағы кескіндерді қамтитындықтан, бет өзгерісі аз. Демек, сол топтың суреттерімен дайындалған жас бағалаушысы сол топтағы суреттердің сипаттамаларын жақсы сипаттай алады.

### **2.3 Адамның бетін анықтауға және жазықтықтағы айналуды өтеуге арналған алдын ала өңдеу қадамдары**

Қалыпты жағдайларда түсірілген бет кескіндері 2.2а-суретте көрсетілгендей адам бетін де, фондық аймақтарды да қамтуы мүмкін. Фондық аймақта жас туралы ақпарат болмағандықтан, оны келесі өңдеу қадамдарын орындамас бұрын алдымен жою керек. Осы мақсатта адаптивті күшейту (Adaboost) әдісі арқылы беттің орналасуын және екі көздің орнын анықтау үшін алдын ала өңдеу қадамын орындаймыз [20]. Бет кескінінен бетті анықтау үшін Adaboost әдісі кіріс бет бейнесінен бет мүмкіндігін шығарып, бірнеше әлсіз бет жіктеуіштерін құрастырады. Соңында, бейімді күшейту әдісін қолдана отырып, осы әлсіз жіктеуіштерді біріктіру арқылы күшті бет классификаторы жасалады. Дәл осы әдіс анықталған бет аймағында Adaboost көз классификаторын қолдану арқылы көз аймағын анықтау үшін қолданылады. 2.2б-суретте біз Adaboost әдісімен бет пен көзді анықтау үлгісін көрсетеміз.

Жасты бағалау өнімділігіне бет аймағының сәйкес келмеуі әсер етуі мүмкін [21]. Сондықтан, біздің әдіс 2.2б-суретте көрсетілгендей екі көздің анықталған қалпын пайдалана отырып, бет-жақ аймағының жазықтықтағы айналуын өтейді. Жалпы, жазықтықта айналу кескінді алу кезінде адамның басының позасына байланысты болуы мүмкін. Алдыңғы зерттеулерге [7] сүйене отырып, бет аймағын (2.1) теңдеуімен есептелген  $\theta$  бұрышымен айналдыру арқылы жазықтықтағы айналуды өтейміз. (2.1) теңдеуінде  $(R_x, R_y)$  және  $(L_x, L_y)$  сәйкесінше оң және сол көздің анықталған позицияларын көрсетеді. Бет аймағын  $\theta$  бұрышымен айналдыру арқылы бет аймақтары тураланады. Нәтижесінде бет аймағын тиімді бағалауға болады; содан кейін біз мүмкіндігінше бет ақпаратын түсіріп, мүмкіндігінше фондық және шу аймақтарын жоюға тырысамыз. 2.2с-суретте жазықтықтағы айналу компенсациясының үлгі нәтижесін көрсетеміз. Екі көздің орналасуына және жазықтықтағы айналу компенсациясының нәтижесіне сүйене отырып, 2.2д суретте көрсетілгендей бет аймағын бет аймағына сәйкестендіру үшін қайта анықтаймыз. Бет аймағы дұрыс бет аймағына сәйкестендіру үшін қайта анықталғандықтан, Adaboost әдісімен анықталған бет ROI орнына, қайта анықталған бет ROI Adaboost әдісімен анықталған бет ROI-ге қарағанда жас туралы көбірек ақпаратты қамтиды. Демек, жасты бағалау өнімділігін арттыруға болады.

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{R_y - L_y}{R_x - L_x} \right) \quad (2.1)$$



2.2 сурет – Жазықтықтағы айналу компенсациясын және бет аймағын қайта анықтауды көрсету: (а) бет бейнесін енгізу; (б) Adaboost әдісін қолдану арқылы бет пен көзді анықтау нәтижелері; (в) жазықтықтағы айналу компенсациясы; және (д) бет аймағын қайта анықтау

## 2.4 Анық емес қозғалыс параметрлерін бағалаудың әдісі

### 2.4.1 Motion Blur модельдеу және оның нүктелік тарату функциясы

Түсірілген кескіндердің сапасына түсіру шарттары, қоршаған орта және түсіру құрылғылары сияқты көптеген факторлар әсер етуі мүмкін. Қозғалыс бұлыңғырлығы – камера мен бақыланатын нысандар арасындағы салыстырмалы қозғалыстан туындаған кескін сапасының нашарлауының кең таралған түрі [22]. Камера сенсорларының оптикалық бұлыңғырлануына ұқсас, қозғалысты бұлдырлау түсірілген кескіндерді бұлыңғыр етіп көрсетеді және қозғалыс бағыты мен қозғалыс көлеміне (қозғалыс ұзақтығы) сәйкес кескін құрылымын өзгертеді. Демек, ол кескін сапасы мен кескінді өңдеу жүйелерінің өнімділігін төмендетеді. Қозғалыстың бұлдырлануын басқару үшін ол әдетте нүктені тарату функциясының (PSF) терминімен модельденеді [22]. PSF терминін ұсыну арқылы қозғалыстың бұлыңғырлануы кезінде байқалатын кескін (2.2) теңдеуімен модельденеді. Бұл теңдеуде байқалған кескін  $g(x,y)$  бастапқы көрініс  $f(x,y)$  және қозғалыс бұлыңғыр PSF функциясы  $h(x,y)$ , мұндағы  $x$  және  $y$

көлденең және тік позицияларды айналдыру арқылы алынады. тиісінше кескін пикселінің. Сонымен қатар, шу термині  $(x, y)$

нақты жағдайда байқалған кескінді жасау үшін қосылады. «\*» таңбасы осы теңдеудегі конвульсия операциясын көрсетеді. Жиілік аймақта (2.2) теңдеу (2.3) теңдеумен берілген:

$$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y) + \eta(x, y) \quad (2.2)$$

$$G(u, v) = F(u, v) \times H(u, v) + N(u, v) \quad (2.3)$$

Жалпы, қозғалыстың бұлыңғырлану түрлеріне және шу әсерлеріне байланысты қозғалыстың бұлыңғырлануын басқару өте қиын. Біз өз зерттеулерімізде сызықтық қозғалыстың бұлыңғырлануы деп аталатын қозғалыстың жалпы жалпы түрін қарастырамыз және PSF (2.4) [22] теңдеуімен берілген:

$$h(x, y) = \begin{cases} \frac{1}{L} \text{ егер } \sqrt{x^2 + y^2} \leq \frac{L}{2} \text{ және } \frac{x}{y} = -\tan(\theta) \\ 0 \text{ расталды} \end{cases} \quad (2.4)$$

мұндағы,  $L$  – қозғалыс ұзындығы деп аталатын қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшері, ал  $\theta$  – қозғалыс бағыты. Жиілік доменінде қозғалыс бұлыңғырлығының PSF функциясы (2.5) [22] теңдеуімен берілген. Сонымен қатар, егер шу терминін елемейтін болсақ, (2.3) теңдеудегі жиілік облысындағы кейінгі байқалатын кескін (2.6) теңдеуге келтіріледі. Есептеу мақсатында жиілік доменіндегі кескіндердің қуат спектрі журнал операторының көмегімен (2.7) теңдеумен берілген:

$$H(u, v) = \frac{\sin(\pi L(ucos\theta + vsin\theta))}{\pi L(ucos\theta + vsin\theta)} \quad (2.5)$$

$$G(u, v) = F(u, v) \times H(u, v) \quad (2.6)$$

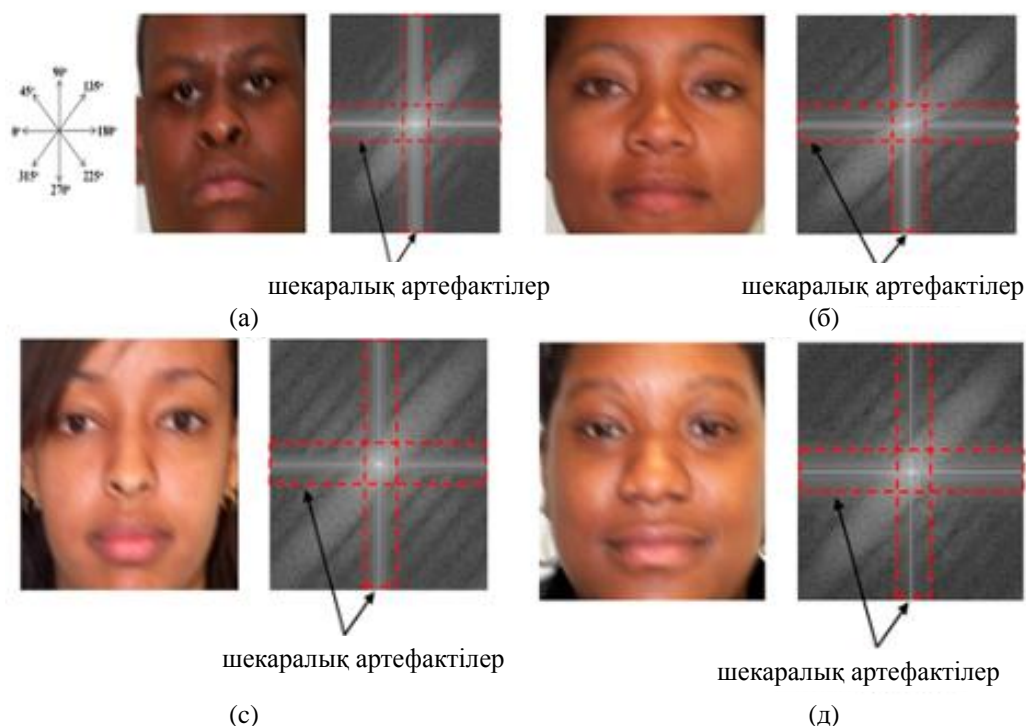
$$\log(G(u, v)) = \log(F(u, v)) + \log(H(u, v)) \quad (2.7)$$

$$G(u, v) = F(u, v) \times H(u, v)$$

$$\log(G(u, v)) = \log(F(u, v)) + \log(H(u, v))$$

2.3-суретте біз қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің кейбір мысалдарын және олардың жиілік доменіндегі сәйкес көріністерін көрсетеміз. (2.6) теңдеуден және 2.3-суреттен қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің қуат спектрі қозғалыстың бұлыңғырлық бағытына ортогональды басым параллель сызықтарды ұсыну арқылы бағытталған сипаттамаға ие екенін байқауға болады. Себебі кескіндегі

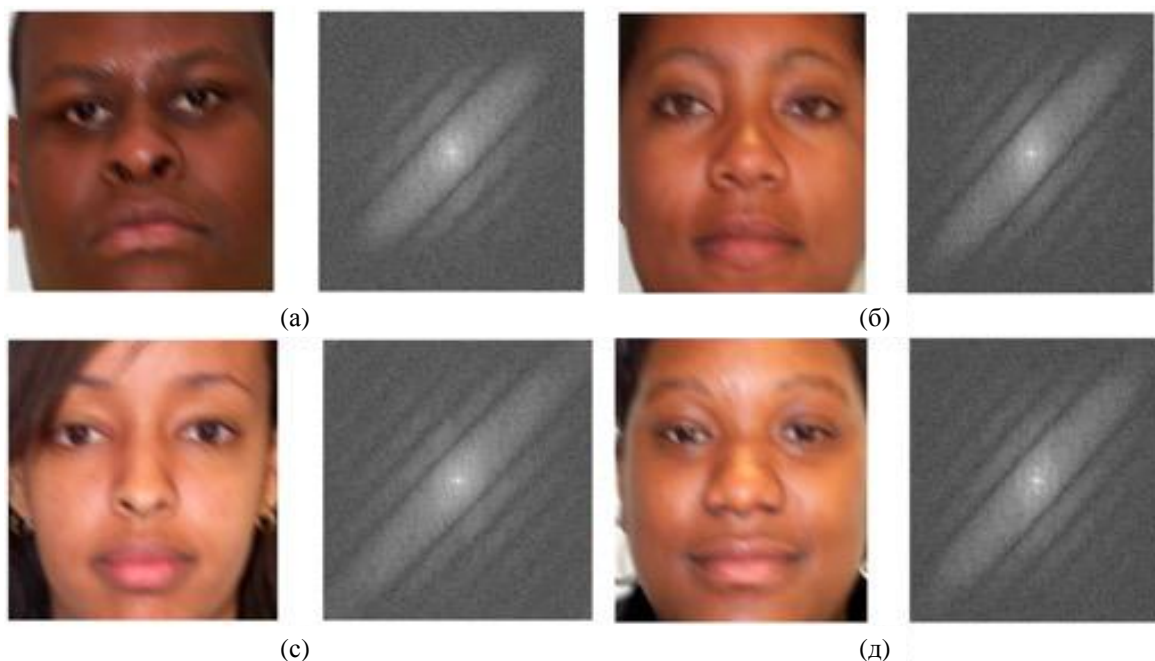
қозғалыс бұлыңғырлық бағытында жиек ұзарады, бұл ортогональды бағытта жоғары жиілікті компоненттерді ұзартылған жиек бағытына дейін арттырады. Бұл сипаттама қозғалыс бұлыңғырлығының параметрлерін бағалауда шешуші рөл атқарады.



2.3-сурет – Қозғалыс ұзындығы 7 және қозғалыс бағыты  $45^\circ$  болатын бұлыңғыр қозғалыс кескіндерінің мысалдары және олардың сәйкес қуат спектрлері: (а) қозғалыс бағытының индикаторы бар бұлыңғыр қозғалыстың бірінші жағдайы және оның сәйкес қуат спектрлері; (б–д) қозғалыстың басқа жағдайлары бұлыңғыр кескіндер және олардың сәйкес қуат спектрлері

2.3-суретте көрсетілгендей, қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің қуат спектрі кескін шекараларынан туындаған көлденең және тік жиілік осьтеріндегі шекаралық артефакті қамтиды. Шекаралық артефакт қозғалыс бұлыңғыр кескіннің қуат спектрінің бағыттық сипаттамасын төмендететінін байқау оңай. Демек, қозғалыстың бұлыңғыр бағыты мен қозғалыс ұзақтығын бағалау өнімділігі азаяды. Шекара артефактісін жою үшін Ханн терезелеу әдісін қолданамыз [22]. 1-D Ханн терезесі (2.8) теңдеуде анықталған. Бұл теңдеуде N - Ханн терезесінің өлшемі. Ханн терезелеу әдісін көлденең және тік бағытта қолдану арқылы кескінді мерзімді сигналға айналдырамыз және кескіннің шекаралық артефактісін алып тастаймыз. Ханн терезелеу әдісінің нәтижелерінің мысалдары 2.4-суретте келтірілген. 2.4-суретте көрсетілгендей, Ханн терезелеу әдісін қолдану кескіндердегі шекаралық артефактілерді тиімді жоюға және бағыт сипаттамаларын айқын етуге мүмкіндік береді:

$$W(x) = \frac{1}{2} \left[ 1 - \cos \left( \frac{2\pi x}{N} \right) \right] \quad (2.8)$$

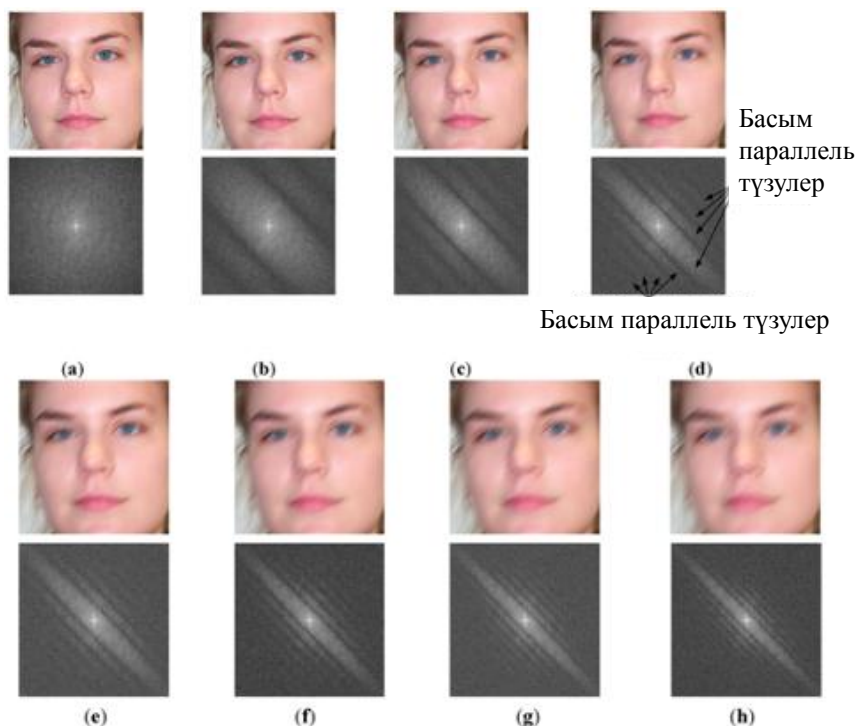


2.4-сурет – 2.3-суреттегі кескіндердегі шекаралық артефактілерді жоюға арналған Ганн терезелеу әдісі үшін енгізу нәтижесінің мысалдары: (а–д) Ганн терезелеу әдісі бойынша нәтижелердің төрт мысалы.

2.4.2 р диапазонға негізделген қосындысы бар модификацияланған радондық түрлендіруге негізделген қозғалыс бағытын бағалау

Қозғалыс бұлыңғырлығының параметрлерін бағалау үшін алдымен қозғалыс бағытын бағалау керек. Алдыңғы зерттеулерде қозғалыс бағыты 2.4-суретте көрсетілгендей бағыттаушы сипаттама арқылы бағаланады. Hough түрлендіруі, радондық түрлендіру және басқарылатын сүзгілер сияқты бірнеше әдістер қолданылды [22]. Hough түрлендіруге негізделген әдістерінің идеясы мынада: олар бұлыңғыр кескіндердің қуат спектріндегі сызықтарды анықтауға тырысады және қозғалыстың бұлыңғырлану бағыты ретінде ең ұзын сызыққа ортогональды бағытты таңдайды. Интуитивті түрде бұл әдіс қозғалыстағы бұлыңғыр кескіндердің қуат спектрінің бағыттық сипаттамасына байланысты жақсы жұмыс істейді. Дегенмен, бұл әдіс бірнеше шектеулерге ие, олардың ең үлкені - қуат-спектрлік кескіннің шеткі картасын (бинаризация картасын) есептеу. Қозғалыс бұлыңғырлығының көлеміне және қозғалыс бағытына сәйкес үстем параллель түзулердің өлшемі 2.5-суретте көрсетілгендей әр түрлі болады. Сонымен қатар, (2.6) теңдеуден басым параллель түзулердің ұзындығын да қалауға болады. фокусталған кескіндегі жоғары жиілікті құрамдастардың саны мен таралуына тәуелді болуы (бұлыңғырлау әсері мен шуылсыз сахналық сурет). Демек, бинаризация қадамының шегі қозғалыс бағыты мен қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшеріне байланысты өзгеруі мүмкін. Демек, әдістің

өнімділігі күшті спектрлік кескіннің бинаризациясының табалдырығына байланысты.



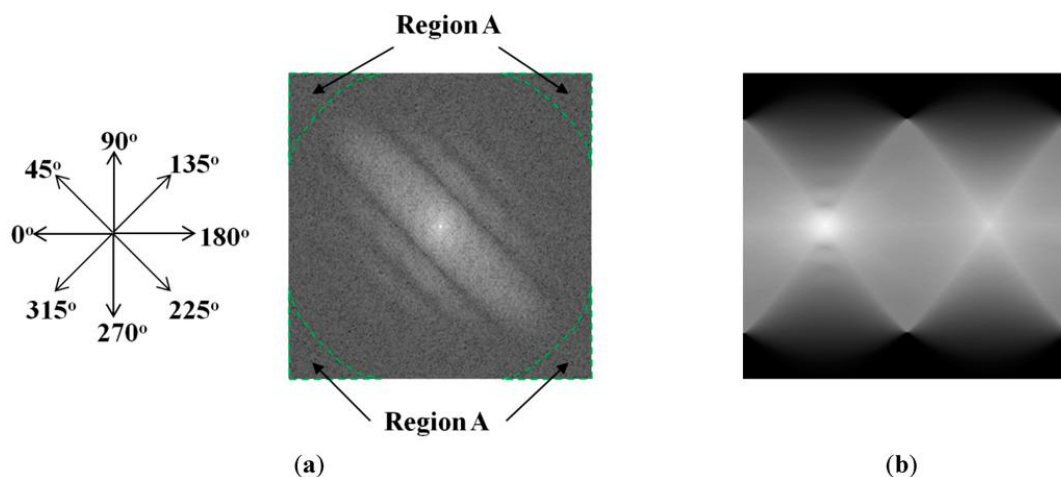
2.5 - сурет – Қозғалыс бұлдыратылған кескіндердің мысалдары (a–h жоғарғы фигуралары) және сәйкес қуат спектрі (төменгі a–h суреттері) қозғалыс бұлыңғырлығы мен қозғалыс бағыттары әртүрлі: (a) қозғалыс бұлдыры жоқ жағдай; (b–h) қозғалыс ұзындығы 3-тен 15-ке дейін, тиісінше 2 қадаммен және қозғалыс бағыты  $135^\circ$  болатын қозғалыстың бұлыңғырлану жағдайлары

Бағытты бағалаудың тағы бір әдісі – радонды түрлендіруге негізделген әдіс [22,23]. Бұл әдіс радондық түрлендіру кескінінің максималды шыңын табу арқылы басым параллель сызықтарды табу үшін қуат спектрінің кескінінде Радон түрлендіруін қолданады. Бинаризацияланған кескіннің орнына қуат спектрінің кескіні пайдаланылғандықтан, Радон түрлендіруге негізделген әдіс бинаризация қадамындағы Хоф түрлендіруге негізделген әдістің шектеулерін еңсереді. Дегенмен, бұл әдістің де өз шектеулері бар. Бұл әдіс проекция бағыттары бойынша кескін пикселдерінің интегралды мәндерін есептейтіндіктен, әр бағытта пикселдер алынатын жиілік аймақтарының айырмашылығы мәселесі бар. Мысалы, 2.6a-суретте пикселдер көлденең ( $0^\circ$  және  $180^\circ$ ) салыстырғанда диагональдық бағыт ( $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$  және  $315^\circ$ ) жағдайында қосымша жиілік аймағынан (А аймағы) алынады. ) және тік ( $90^\circ$  және  $270^\circ$ ) бағыттар. Сондықтан максималды шыңды табу қозғалыс бағытын бағалаудың жақсы нәтижелерін қамтамасыз ете алмайды. Бұған қоса, қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшері аз болғанда, бағыт сипаттамасы анық емес, бұл қозғалыс бағытын қате бағалауға да себеп болуы мүмкін.

Қозғалыс бағытын бағалаудың алдыңғы әдістерінің шектеулерін еңсеру үшін біз қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің бағытын бағалаудың жаңа әдісін ұсынамыз. Бұл әдісте басым параллель сызықтардың статистикалық сипаттамасын алу арқылы дәстүрлі радондық түрлендіру әдісінің шектеуін еңсеру үшін радон түрлендіруін өзгертеміз.

Радонды түрлендіру – кескінді өңдеудің медициналық жүйелерінде кеңінен қолданылатын кескінді түрлендірудің тиімді әдісі. Бұл әдіс 2-D кескін деректерін белгілі бір бағыт бойынша проекциялау арқылы қалыпты 2-D кескін деректерінен 1-D кескін деректерін шығарады. 2.6-суретте қуат спектрінің кескінінде қолданылатын радон түрлендіруінің визуализациясы көрсетілген. Математикалық өрнекті пайдаланып, радон түрлендіруі (2.9) теңдеуімен өрнектеледі. Бұл теңдеуде  $\delta(x)$  - дельта функциясын көрсетеді,  $f(x,y)$  - кіріс кескіні болып табылады (2.6а-сурет),  $\theta$  - проекция бағыты болып табылады және  $\rho$  - қашықтық болып табылады:

$$R(\rho, \theta) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - \rho) \quad (2.9)$$



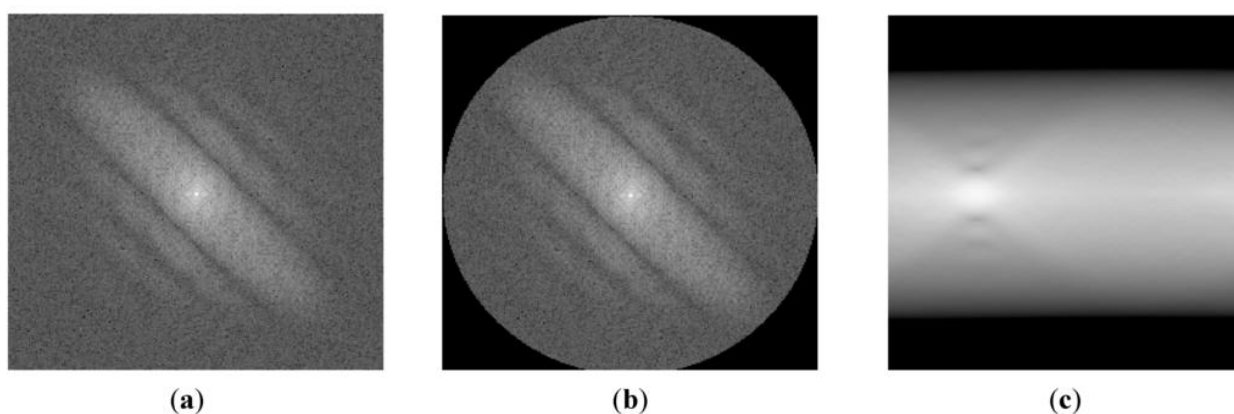
2.6 - сурет – Радонды түрлендіру әдісінің мысалы: (а) кіріс қуаттылық спектрінің кескіні; (b) Радонның барлық бағыттағы кескіні (көлденең және тік осьтер және  $\rho$  (2.9) теңдеуінің)

2.6-суретте проекциялық бағыттар бойынша алынған пиксельдер саны мәселесіне байланысты радондық кескінде бірнеше ұқсас шыңдар бар екенін байқауға болады, ал максималды шыңды табу бағытты дәл бағалау үшін тиімді емес. Дәстүрлі радонды түрлендіру әдісінің шектеуін еңсеру үшін біз бүкіл кескінді пайдаланудың орнына тек қуат спектрі кескіндерінің шеңберінің ішіндегі кескін аймағын пайдалана отырып модификацияланған радонды түрлендіру әдісін ұсынамыз.

(2.6) теңдеуде түсіндірілгендей, қозғалыс бұлыңғырлығының қуат спектрінің кескіні фокусталған кескіннің қуат спектрін (бұлыңғырлық әсері мен



шуы жоқ көрініс бейнесі) sinc функциясына көбейту арқылы қалыптасады. Қуат спектрі кескінінің орталық орны төмен жиілікті құрамдастарды көрсетеді, ал орталықтан алыс орналасқан орындар жоғары жиілікті құрамдастарды көрсетеді. Әдетте кескіндегі өте жоғары жиілікті құрамдас бөліктер төменгі жиілікті құрамдастардан кішірек болады. Сонымен қатар, қуат спектрін sinc функциясымен көбейту арқылы жоғары жиілікті құрамдас бөліктер кіші мәндерге айналады. Демек, бағыттық сипаттама негізінен 2.7a-суретте көрсетілгендей төмен жиілікті компоненттердің айналасындағы аймаққа шоғырланған. Осы бақылауға сүйене отырып, дәстүрлі радонды түрлендіру әдісінің есебін шешу үшін 2.7b суретте көрсетілгендей тек қана шеңбер ішіндегі кескін аймағына радон түрлендіруін орындаймыз. 2.7b-сурет үшін алынған радон кескіні 2.7b-суретте келтірілген.



2.7 - сурет – Біздің зерттеуімізде радондық түрлендіру үшін таңдалған аумақты көрсету: (a) қозғалыс бұлыңғыр кескіннің бастапқы қуат спектрі; (b) қозғалыс бағытын бағалау үшін таңдалған аймақ және (c) таңдалған аймақтың радондық түрлендіруі (көлденең және тік осьтер –  $\theta$  және  $\rho$ ) (2.9) теңдеуі

Бұрын түсіндірілгендей, фокусталған кескіннің жоғары жиілікті құрамдас бөліктерінің таралуына және қозғалыс бұлыңғырлығының көлеміне байланысты қозғалыс бұлыңғырлығының қуат спектрінің басым параллель сызықтары қозғалыс бұлыңғырлығының дұрыс бағытында бола алмады. Қозғалыс бұлдырының дұрыс бағытын алу үшін біз  $\rho$  әдісін ұсынамыз

(2.10) теңдеуде көрсетілгендей диапазонға негізделген қосынды. Бұл теңдеуде “маржа”  $\rho$  мәнінің маржа мәні болып табылады. Осы әдіспен алынған кескін фильтр өлшемі  $(2 \times \text{жиегі} + 1)$  әрбір қозғалыс бағытында өзгертілген радон түрлендіру кескінінің қосындысына сәйкес келеді. Демек, біз шу әсерлерін, фокусталған кескіндердің жоғары жиілікті құрамдас бөліктерінің кездейсоқ таралуын және қозғалыс бұлыңғырлығының әсерлерін бағалай аламыз. Басқа интерпретацияда өзгертілген радон  $\rho$  арқылы түрленеді

диапазонға негізделген қосынды дәстүрлі радонды түрлендіруге негізделген әдіс сияқты бір аймақтың орнына қуат спектрінің мәндерін үлкенірек аймақ ішінде жинақтау арқылы дәлірек бағалау нәтижесін алу үшін басым

параллель сызықтардың статистикалық сипаттамасын алады. Соңында, қозғалыстың бұлыңғырлану бағыты (2.11) теңдеуінің  $C$ -де көрсетілгендей ең үлкен мәнді (ең жоғары мән) табу және ортогональды мәнді алу арқылы бағаланады. Біздің зерттеуіміздегі қозғалыстың бұлыңғыр бағытын бағалаудың жалпы тәртібі 1-алгоритмде келтірілген.

$$P(\theta) = \sum_{\rho=-\text{маржа}}^{\text{маржа}} R(\rho, \theta) \quad (2.10)$$

$$C = \arg \max_{\theta} (P(\theta)) \quad (2.11)$$

1-алгоритм:  $\rho$  ауқымына негізделген қосындысы бар модификацияланған радондық түрлендіруді қолдану арқылы қозғалыс бағытын бағалау

Бұлыңғыр кескінді сұр деңгейлі кескінге түрлендіру

Шекара артефактілерін жою үшін Нанн терезесін жасауды орындау

2-қадамдағы кескінді  $F(u,v)$  жиілік облысындағы кескінді алу үшін Фурье түрлендіруі арқылы кеңістіктік аймақтан жиілік аймағына түрлендіріңіз.

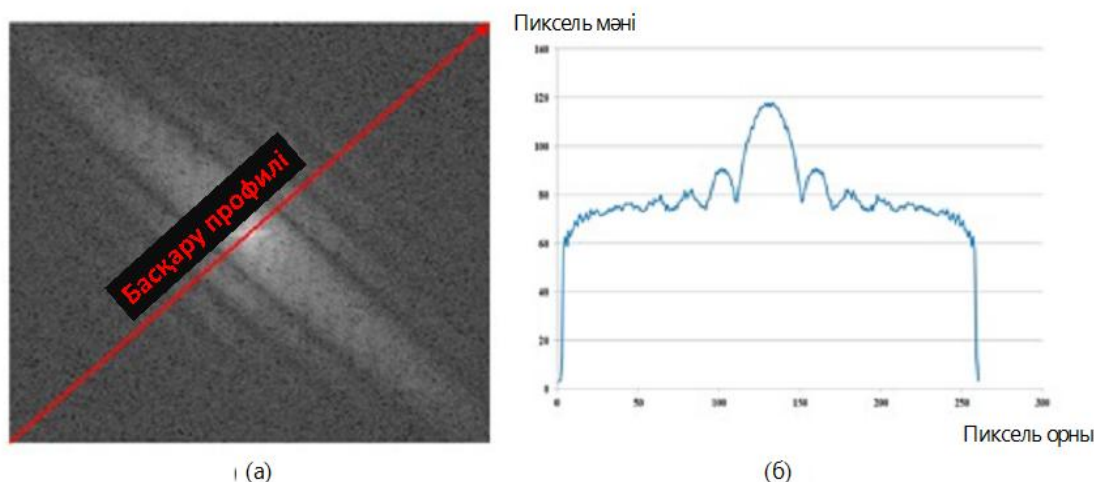
3-қадамдағы  $F(u,v)$  қуат спектрінің журналын есептеңіз және 2.7б-суретте көрсетілгендей өте жоғары жиілікті құрамдастарды алып тастаңыз.

(2.10) теңдеуін пайдаланып  $\rho$  ауқымына негізделген қосындыны есептеңіз

(2.11) теңдеудің  $C$ -де көрсетілгендей ең үлкен мәнді (ең жоғары мән) табыңыз және басым параллель түзудің бағытын көрсетіңіз.

#### 2.4.3 Қозғалыс бұлыңғырлығын бағалау (қозғалыс ұзындығы)

(2.6) теңдеуде көрсетілгендей, шу терминін елемеу арқылы жиілік облысындағы қозғалыс бұлыңғыр кескіндерді көрсету жиілік облысындағы фокусталған кескінді және синк функциясын көбейту болып табылады. (2.6) теңдеу журналын ала отырып, қозғалыс бұлыңғыр кескіннің қуат спектрі фокусталған кескіннің қуат спектрінің журналы мен қозғалыс бұлыңғырлық ядросының қосындысы болып табылады. Қозғалыс бұлдырату ядросының қуат спектрі sinc функциясының пішінінде болғандықтан, қозғалыс бағыттағы қуат спектрінің профилі (яғни қуат спектрі кескінінің басым бағытына ортогональ) сонымен қатар sinc функциясының пішініне ие [22,23]. 2.8-суретте қозғалыс бағытында қуат спектрінің профилінің мысалын көрсетеміз.



2.8-сурет – Қозғалыс бағыты  $135^\circ$  және қозғалыс бұлыңғырлығы 9 болатын қозғалыс бағытындағы профильдің мысалы: (а) қуат спектрінің кескіні; және (б) қозғалыс бағыты бойынша профиль

Қозғалыс бұлыңғырлығының көлемін бағалау үшін алдыңғы зерттеулерде екі жалпы әдіс, соның ішінде радон түрлендіру негізіндегі және Цепстраль негізіндегі әдістер қолданылған. Радонды түрлендіруге негізделген әдіс қуат спектрі кескінінің қозғалыс бағыты бойынша профильді шығарады және профильдің барлық жергілікті минималды нүктелерін табуға әрекет жасайды. Содан кейін осы жергілікті ең төменгі нүктелер арасындағы орташа қашықтық өлшенеді және қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшерін есептеу үшін пайдаланылады [22]. Қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшерін бағалаудың тағы бір тәсілі - қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің қуат спектрінің журналының кері Фурье түрлендіруіне негізделген Цепстралды түрлендіруді пайдалану. Дегенмен, бұл әдістер фокусталған кескіндердегі шу мен жиілікті бөлудің әсерлеріне ие. Осы факторларға байланысты алынған профиль синк пішінінде бірдей емес; бұл 2.8б-суретте көрсетілгендей жай ғана синк тәрізді пішін. Нәтижесінде бағалау қателері орын алуы мүмкін.

Алдыңғы әдістердің шектеулерін еңсеру үшін фитинг әдісі арқылы қозғалыстың бұлыңғырлығының мөлшерін бағалау әдісін ұсынамыз. Шудың әсерлері мен фокусталған кескіннің жиілік құрамдас бөліктерінің таралуына байланысты қуат спектрі кескіндерінің қозғалыс бағытында алынған профиль 2.8б-суретте көрсетілгендей синк пішінінің орнына синк тәрізді пішін болып табылады. Сондықтан профильдегі жергілікті минимум нүктелерді табудың немесе кері Фурье түрлендіруін жасаудың орнына біз алынған профильге ең жақсы сәйкес келетін синк пішінін табу үшін фитинг әдісін орындаймыз. Орнату процесі алынған профиль мен таңдалған sinc функциясы арасындағы қатені азайтатын sinc функциясын таңдау арқылы орындалады. Алынған профильге ең жақсы орнатылған sinc функциясын бағалау арқылы біз орнатылған функциядан жергілікті минималды нүктелерге негізделген қашықтықты (2.9-сурет)

бағалаймыз. Соңында, кескіндегі қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшері  $N/d$  ретінде бағаланады, мұнда  $N$  - кескіннің көлденең немесе тік ұзындығы [22]. 2.9-суретте шығарылған профильге ең жақсы сәйкестендірілген sinc функциясын табу үшін фитинг процесінің мысалын көрсетеміз. Сонымен қатар, біздің зерттеуіміздегі қозғалыс бұлдырының мөлшерін (ұзындығын) бағалаудың жалпы алгоритмі 2-алгоритмде келтірілген.

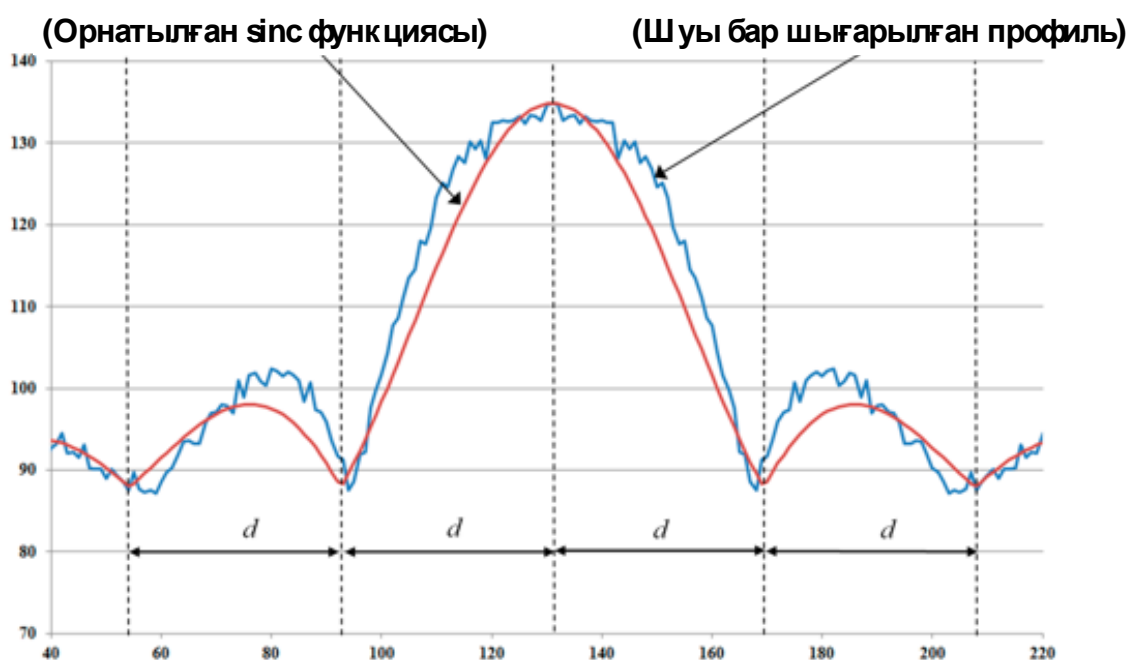
2-алгоритм: Motion Blur мөлшерін (ұзындығын) бағалау

1-алгоритмді пайдаланып қозғалыстың бұлыңғырлау бағытын бағалаңыз.

Қуат спектрі кескінінің қозғалыс бұлыңғырлық бағытында қиылысу профилін шығарыңыз

sinc функциясының параметрін жуықтау және  $d$  қашықтықтың мәнін есептеу үшін sinc фитинг процесін орындаңыз.

$N \times N$  өлшемді кескін үшін қозғалыс ұзындығы  $N/d$  арқылы есептеледі



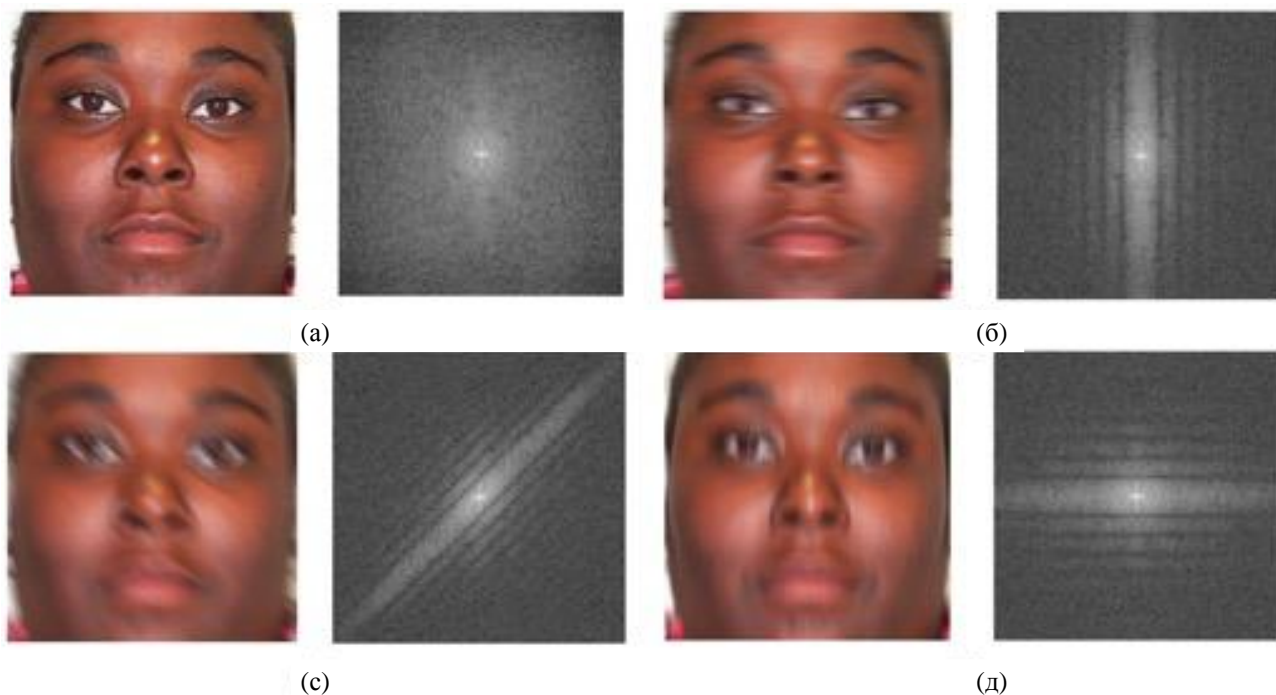
2.9-сурет – Алынған профильге ең жақсы сәйкестендірілген sinc функциясын табу үшін орнату процесінің мысалы

2.4.4 Фокусталған және қозғалыс бұлыңғыр кескіндерді жіктеу үшін ұсынылған фокустық баллды өлшеу

Қозғалыс бұлыңғырлығының параметрлерін бағалау әдісіне қоса, біз фокусталған және қозғалыс бұлыңғыр кескіндерді жіктеу үшін фокус ұпайының өлшемін де ұсынамыз. 2.10-суретте біз фокусталған кескіннің қуат-спектрлік кескіндерінің мысалын және қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің әртүрлі бағыт мәндері мен қозғалыс бұлдырлығының (қозғалыс ұзындығы) шамасы бар қуат спектрлерін көрсетеміз.

Теңдеу (2.6) және 2.10-суретте көрсетілгендей, фокусталған кескінде қозғалыс бұлыңғырлық әсері болмағандықтан, оның қуат спектрінде қозғалыс

бұлыңғыр кескіндердің қуат спектрі сияқты басым параллель сызықтар болмайды. Қозғалыс бұлыңғыр кескіндер жағдайында, 2.10-суретте қуат спектрінің кескіндеріндегі қозғалыс бұлыңғырлық бағыты бойынша пикселдердің сұр деңгейі ортогональды бағыттағыдан әлдеқайда төмен екендігі көрсетілген. Демек, басым және басым емес бағыттардағы кескін пикселдерінің жалпы сұр-деңгейі арасындағы айырмашылық өте үлкен болады.



2.10 - сурет – Қозғалыс бұлыңғырлығының әртүрлі бағыттарындағы фокусталған және қозғалыспен бұлыңғыр кескіндердің қуат спектрі кескіндерінің мысалы: (а) қозғалыс бұлдырысыз фокусталған кескін; (б)  $0^\circ$  бағыты және қозғалыс ұзындығы 15 болатын қозғалыс бұлыңғырлығы; (с)  $45^\circ$  бағыты және қозғалыс ұзындығы 15 болатын қозғалыс бұлыңғырлығы; (д)  $90^\circ$  бағыты және қозғалыс ұзындығы 15 болатын қозғалыс бұлыңғырлығы

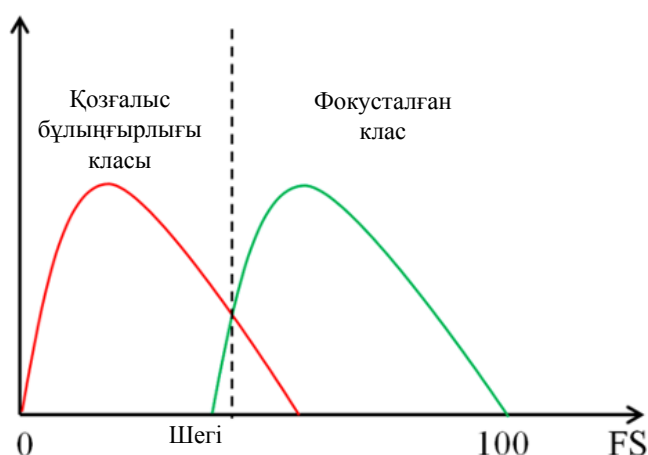
Сонымен қатар, бағытталмаған сипаттамаларға байланысты фокусталған кескіннің қуат спектрі тек басым және басым емес бағыттардағы кескін пикселдерінің жалпы сұр деңгейі арасындағы айырмашылық өте аз болатын сипаттамаға ие. Осы сипаттамаға сүйене отырып, біз (2.12) теңдеуде көрсетілгендей фокусталған және қозғалыс бұлыңғыр кескіндерді жіктеу үшін фокус ұпайының өлшемін ұсынамыз. Бұл теңдеуде  $S\theta$  басым бағыт бойынша қуат спектрінің сұр деңгейлерінің қосындысын көрсетеді және  $S\theta+90^\circ$  ортогональды бағыты бойынша қуат спектрінің сұр деңгейлерінің қосындысын көрсетеді. (2.12) теңдеудегі ұсынылған фокус ұпайын өлшеуді пайдалана отырып, фокусталған кескіндердің фокус ұпайлары әдетте 100-ге жақын болады, ал қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің фокус ұпайлары бағыттық сипаттамаға байланысты төменірек болады:

$$FS = 100 \times \frac{S_{\theta+90}}{S_{\theta}} \quad (2.12)$$

2.11-суретте біз фокусталған және қозғалыспен бұлыңғыр кескіндердің фокус ұпайын өлшеудің кейбір мысалдарын көрсетеміз. Ұсынылған фокус ұпайын өлшеу әдісін пайдалана отырып, 2.12-суретте көрсетілгендей, кіріс кескіндерді фокусталған немесе қозғалыс бұлдыр классқа жіктей аламыз. Жаттығу деректер базасын пайдалану арқылы жіктеудің оңтайлы шегі анықталады, оның көмегімен ең аз жіктеу қатесі алынады. Содан кейін бұл оңтайлы шек жаңа кіріс кескіндерін жіктеу үшін пайдаланылады.



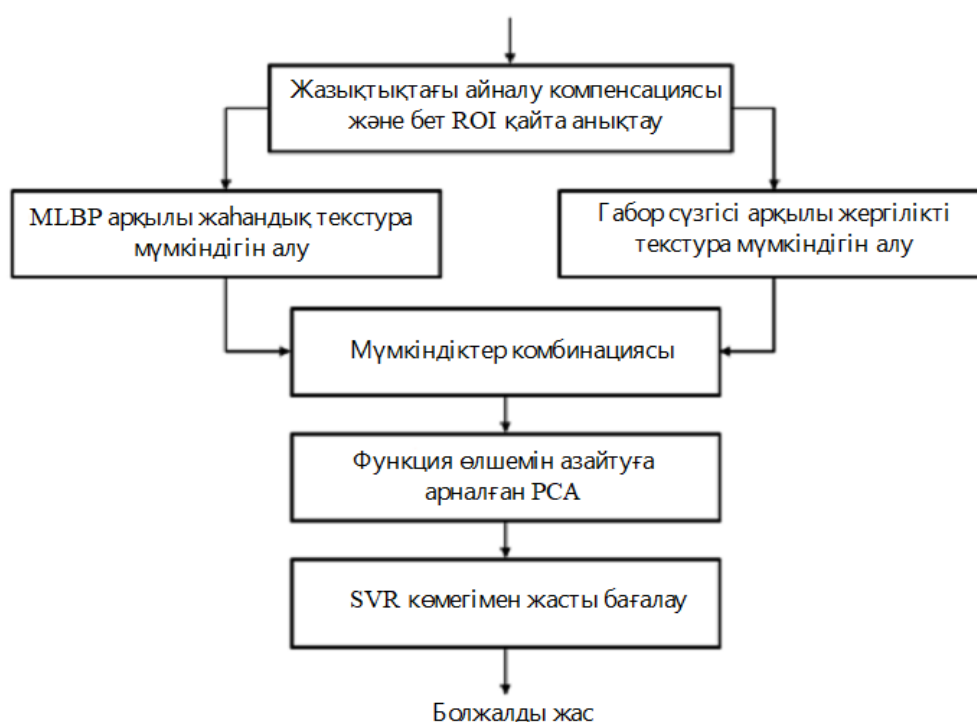
2.11 - сурет – Фокусталған кескінмен және сәйкес қозғалыс бұлдыр кескіндерімен әдісімізді қолданатын фокус ұпайын өлшеу мысалы ( $\theta$  - қозғалыс бағыты; LEN - қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшері (ұзындығы))



2.12 - сурет – Ұсынылған фокус ұпайын өлшеу (FS) арқылы фокусталған және қозғалыс бұлыңғырлығы сыныптарының жіктелуі

## 2.5 MLBP, Gabor Filtering, PCA және SVR негізіндегі адамның жасын бағалау

2.1-суретте көрсетілгендей, біздің әдісіміз MLBP, Габор сүзгісі, PCA мүмкіндіктерін алу әдісі және SVR негізінде жасты бағалау әдісін пайдаланады. Бұл әдістің егжей-тегжейлі процедурасы 2.13-суретте бейнеленген. Adaboost әдісі арқылы анықталған бет ROI әдетте нақты бет аймағына сәйкес келмейді. Сондықтан, біз адам бетінің геометриялық сипаттамаларына негізделген дұрысырақ бет аймағын алу үшін бет ROI аймағын қайта анықтау үшін келесі алдын ала өңдеу қадамын орындаймыз [7]. Адамның жасына сәйкес адамның бетінде пайда болатын әжімдер, дақтар, дөрекі тері және т.б. сияқты бірнеше белгілер бар. Осы сипаттамаларға сүйене отырып, біз бағалау мәселесі үшін тері ерекшеліктерін аламыз. Жас ерекшелігін шығару үшін қолданылатын жас ерекшелігін шығару әдістерінің екі түрі бар, соның ішінде MLBP әдісімен алынған ғаламдық мүмкіндік және Габор сүзгілеу әдісімен алынған жергілікті әжім мүмкіндігі [7,14]. Алдыңғы зерттеулерде [7] SVR әдісі MLBP және Gabor сүзгілеуімен біріктірілген мүмкіндікке тікелей қолданылады. Бұл тәсілде жоғары өлшемді мүмкіндіктер мен шу әсерлерінің шектеулері бар. Сондықтан мүмкіндік өлшемін азайту және PCA негізінде оңтайлы мүмкіндіктерді таңдау орындалады. Соңында, адамның жасын бағалау үшін PCA мүмкіндіктерімен SVR әдісін қолданамыз.



2.13 - сурет – MLBP, Gabor сүзгілеу, PCA және SVR негізінде жасты бағалау әдісінің процедурасы

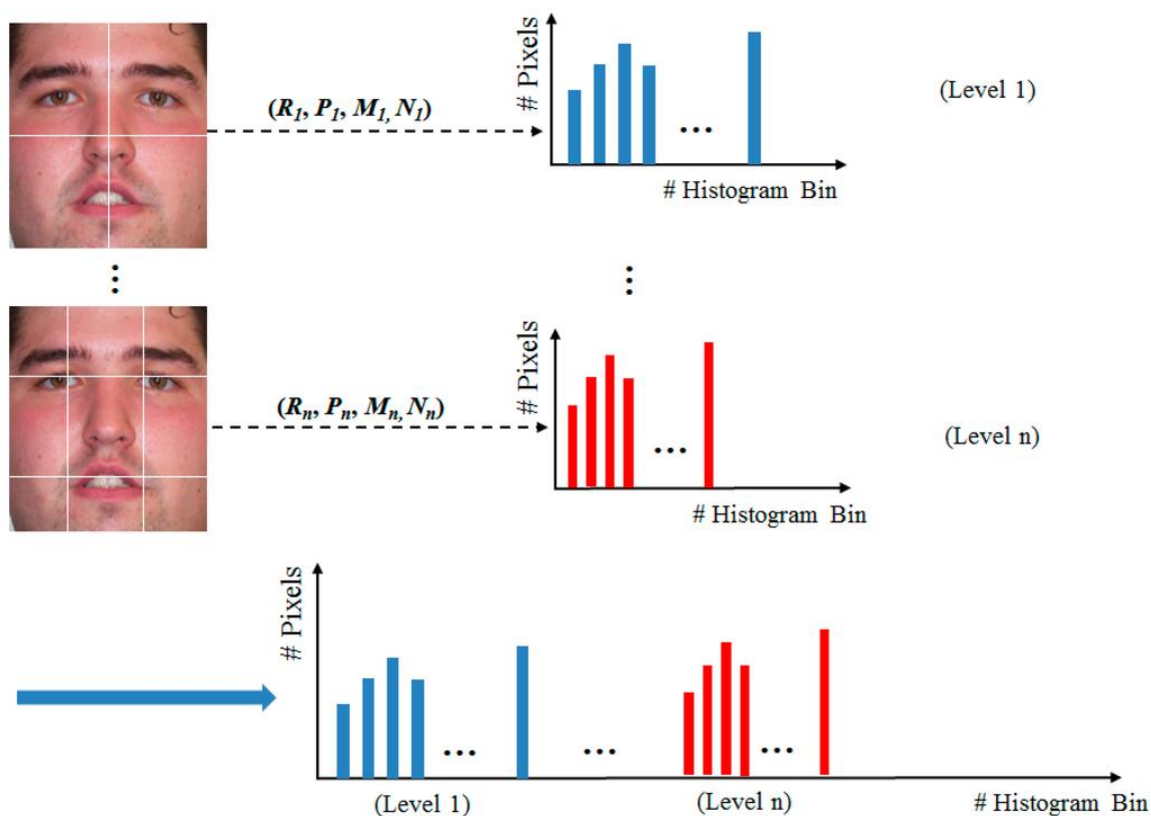
## 2.5.1 MLBP әдісі арқылы ғаламдық жас ерекшелігін шығару

LBP бетті сипаттау [28], саусақ-венаны тану [29,30], бетті тану [31], бет әлпетін тану [32] және адамның жасын бағалау [7,8] сияқты көптеген компьютерлік көру жүйелерінде кеңінен қолданылды. [9]. Бұл жарықтандыру мен айналу өзгерістеріне төзімді кескін текстурасының дескрипторын ұсынатын текстураны сипаттаудың қуатты әдісі. Математикалық тұрғыдан LBP әдісі (2.13) теңдеумен сипатталған. (2.13) теңдеуде R айнымалысы айналадағы пикселдер алынатын шеңбердің радиусын көрсетеді; P айнымалысы айналадағы пикселдердің санын көрсетеді; және  $s(x)$  - егер кіріс мәні нөлге тең немесе одан үлкен болса, 1 мәнін қабылдайтын шекті функция; әйтпесе, ол 0 мәнін қабылдайды. Интуитивті түрде LBP әдісі қоршаған пикселдерді орталық пикселмен салыстыру арқылы әрбір кескін пикселін екілік кодқа кодтайды:

$$LB P_{R,P} = \sum_{i=0}^{P-1} s(g_i - g_c) \times 2^i \quad (2.13)$$

Алдыңғы зерттеулерде [7,8,9,14] LBP әдісі адамның жасын бағалау мәселесі үшін қолданылған. Осы мақсатта LBP кодтары алдымен біркелкі және біркелкі емес кодтарға бөлінеді. Содан кейін мұндай кодтардың гистограммалық ерекшелігі алынады және жасты бағалау үшін пайдаланылады. Біркелкі кодтар 0-ден 1-ге дейін (немесе 1-ден 0-ге дейін) ең көбі екі разрядтық өзгерістердің сипаттамасына ие. LBP кодының бұл түрі беттің әжімдер мен дақтар сияқты микротекстуралық ерекшеліктерінің көрінісін тиімді сипаттайды. 0-ден 1-ге (немесе 1-ден 0-ге дейін) екіден көп биттік ауысуы бар LBP кодтарының басқа түрлері біркелкі емес кодтар ретінде жіктеледі. Бұл LBP кодтары әдетте шуммен байланысты өте күрделі құрылымдық мүмкіндіктерді білдіреді. Сондықтан оларда жасты бағалау үшін жеткілікті ақпарат жоқ. Демек, біркелкі және біркелкі емес кодтардың гистограммалық ерекшелігін жасау арқылы біз адам бетіндегі жас ерекшеліктерінің сипаттамасын көрсете аламыз. Бет ROI-нің LBP гистограммасының мүмкіндігі бет ROI кескінінің көптеген қабаттаспаған ішкі блоктарының LBP гистограммаларын алу және біріктіру арқылы қалыптасады. Сонымен қатар, қосалқы блок өлшемі мәселесін шешу үшін 2.14-суретте көрсетілгендей LBP мүмкіндігінің орнына MLBP мүмкіндігі алынады [7].





2.14 - сурет – MLBP әдісін қолдану арқылы мүмкіндіктерді шығару әдістемесі

2.14-суретте көрсетілгендей, MLBP мүмкіндігі радиустың ( $R$ ), пикселдердің санының ( $P$ ) және ішкі блоктар санының ( $M_n, N_n$ ) әртүрлі параметрлері арқылы алынатын бірнеше LBP мүмкіндіктерін біріктіру арқылы құрастырылған гистограмма мүмкіндігі болып табылады. Демек, MLBP мүмкіндігін пайдалана отырып, біз LBP мүмкіндігімен салыстырғанда неғұрлым бай жас ақпаратын пайдаланатын жас ерекшелігін шығара аламыз.

### 2.5.2 Габор сүзгісі арқылы жергілікті жас ерекшелігін алу

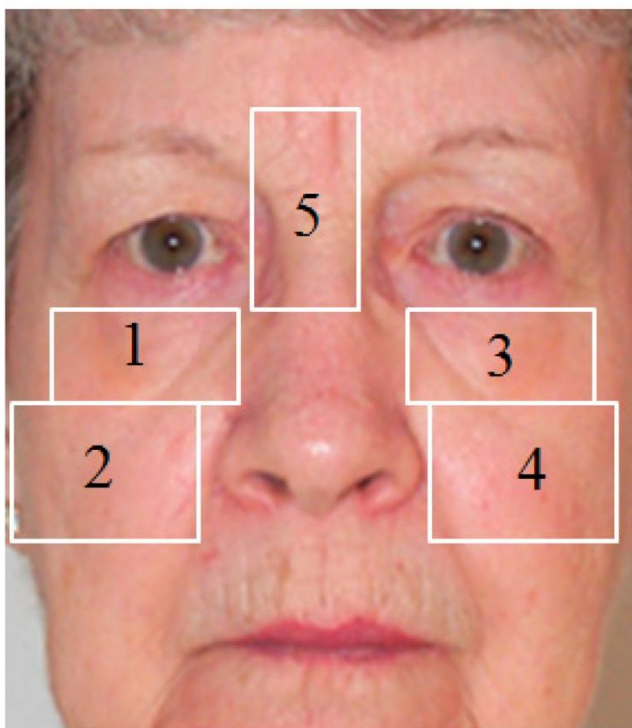
MLBP мүмкіндігі текстура мүмкіндігінің көрінісін сипаттайтын гистограмма мүмкіндіктерін жасауда жақсы жұмыс істегенімен, ол әжім мүмкіндігінің күшін жеткілікті түрде өлшей алмайды. Адамның жасы ұлғайған сайын әжімдер беттің кейбір жергілікті аймақтарында, мысалы, маңдайда, көздің сол және оң жағында, көздің төменгі бөлігінде және т.б. көрінеді. Бұл жас ерекшелігі жас бетінде әлсіз. адамдар, бірақ ол егде жастағы адамдарға карағанда күшейе түседі. Сондықтан, біздің жасты бағалау әдісіміз әжімдерді алу үшін Габор сүзгісін пайдаланады. Мұндай мүмкіндік адамның жасына сәйкес әртүрлі бағыттар мен өлшемдерде жиектер ретінде көрінетіндіктен, біз әртүрлі масштабтар мен бағыттардағы Габор толқындық сүзгісін қолданамыз. Математикалық тұрғыдан Габор сүзгілеуі (2.14) [7,14,33] теңдеуінде көрсетілгендей синусоидтық толқынға көбейтілген Гаусс функциясы арқылы

модельденеді. Бұл теңдеуде  $\sigma_x$  және  $\sigma_y$  сәйкесінше  $x$  және  $y$  осьтеріндегі сүзгінің стандартты ауытқулары болып табылады;  $W$  - синусоидтық жиілік. Тәжірибеде біз (2.15) теңдеуде көрсетілгендей әжімдерді алу үшін төрт масштабта және алты бағытта Габор сүзгісінің нақты бөлігін ғана қолданамыз:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right) + j2\pi Wx\right\} \quad (2.14)$$

$$R(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\right\} \cos(2\pi Wx) \quad (2.15)$$

Екі көздің анықталған позицияларына сүйене отырып, біз алдымен 2.15-суретте көрсетілгендей бірнеше жергілікті әжім аймақтарын анықтаймыз. Бұл аймақтар адамның жасы ұлғайған сайын әжімдердің әдетте пайда болатын жеріне қарай таңдалады. Әрбір таңдалған аймақ үшін сүзгіленген кескін әжім аймағының және Габор сүзгінің конволяциялық әрекеті арқылы есептеледі. Содан кейін сүзілген кескіннің орташа және стандартты ауытқуы екі әжімдік ерекшелік ретінде пайдаланылады. Біздің эксперименттерімізде біз бес жергілікті аймақты және төрт масштабта және алты бағытта Габор сүзгісін қолданамыз. Демек, әжім мүмкіндігін көрсету үшін 240 өлшемді кеңістіктегі (5 (аймақ)  $\times$  4 (масштаб)  $\times$  6 (бағыттар)  $\times$  2 (мүмкіндіктер)) мүмкіндік векторы алынады [7].



2.15 - сурет – Әжім ерекшеліктерін алу үшін таңдалған бірнеше жергілікті әжім аймақтарының мысалы

### 2.5.3 SVR бойынша жасты бағалау

Функцияларды шығарудың екі әдісін пайдалана отырып, біздің әдіс екі мүмкіндік векторын алады, соның ішінде MLBP мүмкіндік векторы және Габор сүзгілеу ерекшелігі векторы. Соңғы мүмкіндік векторы екі мүмкіндік векторын біріктіру арқылы құрылады. Функциялар векторының комбинациясын орындау үшін алдымен Z-балы қалыпқа келтіру әдісі арқылы әрбір мүмкіндік векторы қалыпқа келтіріледі. (2.16) теңдеуде  $\mu_i$  және  $\sigma_i$  мәндері сәйкесінше  $f_i$  [7,14] шикі мүмкіндік векторларының орташа және стандартты ауытқу векторлары болып табылады. Содан кейін біріктірілген жас ерекшелігі ( $f$ ) MLBP және Габор сүзгісінің (2.17) теңдеуінің көмегімен екі нормаланған мүмкіндік векторын біріктіру арқылы құрастырылады:

$$f_i^* = \frac{f_i - \mu_i}{\sigma_i} \quad (2.16)$$

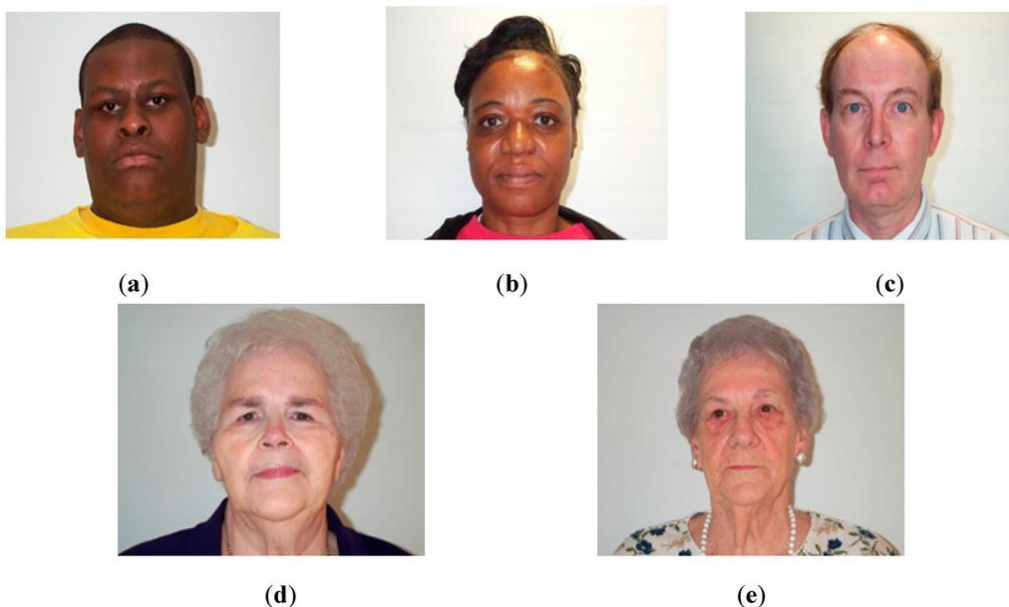
$$f = [f_1^*, f_2^*] \quad (2.17)$$

Алдыңғы зерттеулерде [7] біріктірілген мүмкіндік адамның жасын бағалау үшін SVR құрылғысына кіріс ретінде тікелей пайдаланылады. Бұл тәсілде өте жоғары өлшемді мүмкіндік векторы мен шу әсерлерінің шектеуі бар. 2.14-суретте көрсетілгендей, MLBP мүмкіндігі бірнеше LBP мүмкіндік векторларын біріктіру арқылы құрастырылған. Демек, MLBP мүмкіндігі өте жоғары өлшемді кеңістіктегі вектор болып табылады. Жоғары өлшемді мүмкіндік векторын өңдеу өңдеу уақытын арттырады. Бұған қоса, бағалау жүйесінің өнімділігіне беттің ROI бағалауы мен шуылдың жетілмегендігінен туындаған артық ақпарат әсер етуі мүмкін. Бұл мәселені шешу үшін біздің зерттеуімізде ерекшелік векторын талдау үшін PCA әдісі [34,35,36] қолданылады және мүмкіндік векторындағы барлық құрамдастардың орнына аздаған негізгі құрамдас бөліктер қолданылады. Бұл схеманы пайдалана отырып, біз ерекшеліктер векторының өлшемін азайтып қана қоймай, сонымен қатар алынған ерекшеліктер векторынан кейбір маңызды емес құрамдастарды алып тастау арқылы жасты бағалау жүйесінің өнімділігін арттырамыз. PCA арқылы алынған мүмкіндік векторы SVR құрылғысына кіріс ретінде пайдаланылады, содан кейін адамның жасы SVR көмегімен бағаланады. LibSVM бағдарламалық пакеті біздің тәжірибемізде іске асыру үшін пайдаланылды [37].

### 3 Жасты бағалау әдісінсін жобалау

#### 3.1 Деректер қорының сипаттамасы және өнімділікті өлшеу

Бұл бөлімде біз қозғалыс бұлыңғырлығының параметрлерін бағалау және жасты бағалау жүйесі бойынша әдістеріміздің эксперимент нәтижелерін ұсынамыз. Ол үшін PAL деп аталатын ашық мәліметтер қорын қолданамыз [38,39]. PAL дерекқорында 18 бен 93 жас аралығындағы әр түрлі жыныстағы (ерлер мен әйелдер) және нәсілдердің (кавказдық, афроамерикалық және т.б.) 580 адамның бет бейнесі бар. Жүйенің өнімділігін бағалау үшін, екі еселік кросс-валидация схемасын орындау үшін PAL дерекқоры алдымен оқу және тестілеу деректер базасына екі рет бөлінеді. Егжей-тегжейлі сипатталған, әр бөлімде суреттердің жартысы оқу деректер базасына, ал қалған жартысы тестілеу деректер базасына тағайындалады. 3.1-кестеде PAL дерекқорының және оқу және тестілеу қосалқы дерекқорларының толық сипаттамасы берілген. PAL дерекқорындағы кейбір үлгі суреттер 3.1-суретте көрсетілген.



3.1 - сурет – PAL дерекқорынан алынған үлгі суреттер: (a) 22 жастағы ер адам; (b) 49 жастағы әйел; (c) 52 жастағы ер адам; (d) 67 жастағы әйел және (д) 78 жастағы әйел

Кесте 3.1 – PAL дерекқорының және оның оқу және тестілеудің қосалқы дерекқорларының сипаттамасы

Дерекқор	Оқу суреттерінің саны	Сынақ кескіндерінің саны	Барлығы
Деректер қоры	291	289	580
Мәліметтер қоры	291	289	580

Жүйені сынау үшін нақты қозғалыс бұлыңғыр дерекқорын алу өте қиын болғандықтан, біз PAL дерекқорындағы кескіндерді пайдалана отырып, қозғалыс бұлыңғырлығы дерекқорын жасанды түрде жасадық. Біздің зерттеуімізде сызықтық қозғалыс бұлыңғырлығы (2.4) теңдеуде көрсетілгендей бет кескінінде берілген деп есептейміз. Егжей-тегжейлі сипатталғандай, PAL дерекқорындағы әрбір сурет үшін біз төрт бағытта (тиісінше  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  және  $135^\circ$ ) қозғалыстың бұлыңғыр кескіндерін жасанды түрде жасадық. Сонымен қатар, қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшері (қозғалыс ұзақтығы) 1-ден (қозғалыс бұлыңғырлығысыз) 15-ке дейін (қозғалыс бұлыңғырлығы көп) 2 кадаммен өзгереді. Қозғалыс бұлыңғырлығы дерекқорының толық сипаттамасы 3.2-кестеде берілген. бұл қозғалыс бұлыңғырлығы дерекқорында біз кескіндерді үш топқа жіктейміз: фокусталған, аздап бұлыңғыр және бұлыңғыр. Фокусталған топта қозғалыс бұлдыры жоқ кескіндер (қозғалыс бұлдыры жоқ PAL дерекқорынан алынған кескіндер) және қозғалыс ұзындығы 3 болатын тривиальды қозғалыс бұлдыры бар. Аздап бұлыңғыр дерекқорда шамасы бар фокусталған дерекқормен салыстырғанда қозғалыс бұлдырлығы көбірек кескіндер бар. қозғалыс бұлыңғырлығы 5, 7 және 9. Қозғалыс бұлыңғырлығы 11, 13 және 15 болатын басқа қозғалыс бұлыңғыр кескін бұлыңғыр дерекқорға топтастырылған. Барлығы 16 820 кескіннің дерекқорын алдық ( $580$  (түпнұсқа сурет) +  $580$  (сурет)  $\times 4$  (бағыттар)  $\times 7$  (қозғалыс ұзақтығы мәндері)). 16 820 суреттен тұратын бұл дерекқор 3.2-кестеде көрсетілген.

Кесте 3.2 – Біздің эксперименттерімізде қолданылған қозғалыс бұлыңғырлығының дерекқорының сипаттамасы

Суреттер саны Оқу деректер қоры	Фокусталған дерекқор (қозғалыс ұзындығы 1 және 3)	Аздап бұлыңғыр дерекқор (қозғалыс ұзындығы 5, 7 және 9)				Бұлдыр дерекқор (қозғалыс ұзындығы 11, 13 және 15)				Кескіндердің жалпы саны
		$0^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$135^\circ$	$0^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$135^\circ$	
Тестілеу деректер базасы	1455	873	873	873	873	873	873	873	873	8439
Суреттер саны	1445	867	867	867	867	867	867	867	867	8381

Жасты бағалау жүйесінің мақсаты адамның жасын дәл бағалау болып табылады. Бұл болжанған жас пен негізді шындық арасындағы қателік аз болуы керек дегенді білдіреді. Бағалау жүйесінің өнімділігін өлшеу үшін біздің әдісіміз орташа абсолютті қателік (MAE) критерийлерін пайдаланады. Математикалық түрде MAE тестілеу дерекқорындағы кескіндердің болжалды және негізді жасы арасындағы орташа бағалау қатесін өлшейді және ол (18) [6,7,9,14] теңдеуімен ұсынылған.

Бұл теңдеуде  $N$  мәні тестілеу кескіндерінің санын көрсетеді, ал  $ak$  және  $ak'$  сәйкесінше ақиқат және сәйкес болжамды жас шамалары болып табылады. (18)

теңдеуде көрсетілгендей, MAE аз мәні бағалау жүйесінің жақсырақ бағалау өнімділігін көрсетеді:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |\alpha'_k - \alpha_k| \quad (2.18)$$

### 3.2 Ұсынылған Motion Blur параметрлерін бағалаудың өнімділігін бағалау

(2.12) теңдеуде көрсетілгендей, біздің әдіс алдымен фокусталған және қозғалыс бұлыңғыр кескіндерді бөлу үшін ұсынылған фокус ұпайын өлшеуді пайдаланады. 3.1-суретте көрсетілгендей, оқыту деректер базасын пайдалана отырып, фокусталған және бұлыңғыр кескіндерді жіктеудің оңтайлы шегі анықталады. Осы оңтайлы шекті пайдалана отырып, кіріс кескіндерінің фокус өлшемін оңтайлы шекпен салыстыру арқылы кіріс сынақ кескіндерін фокусталған немесе бұлыңғыр қозғалыстың екі класының біріне жіктейміз. 3.3-кестеде екі тестілеу дерекқорындағы фокус ұпайын өлшеудің жіктеу нәтижелері келтірілген. Бұл кестеде фокусталған сыныпта қозғалыс бұлдыры жоқ кескін, ал бұлыңғыр сыныпта қозғалыс бұлыңғыр әсерлері бар кескіндер бар.

Бұлыңғыр әсерлерге байланысты тестілеу дерекқорларында тоғыз кескін бетті анықтау мүмкін болмады. Демек, бұл эксперимент үшін әрбір сынақ дерекқорындағы 8381 кескіннің орнына барлығы 8372 кескін пайдаланылды, оған 289 фокусталған кескін және 8083 бұлыңғыр кескін кіреді. 1 дерекқорды тестілеу үшін фокусталған сыныптың жалпы 289 кескінінен тек бір сурет бұлыңғыр сыныпқа қате жіктелді, ал бұлыңғыр сыныптағы жалпы 8083 кескіннің 14 кескіні фокусталған сыныпқа қате жіктелді. 2 дерекқорды тексеру үшін бұл мәндер сәйкесінше үш және 14 кескін болып табылады. Орташа алғанда, екі тестілеу деректер базасының жіктелуінің қателік деңгейі 0,433% құрайды. Осы эксперимент нәтижелері арқылы біз қозғалыс бұлыңғырлығын бағалауға арналған фокус ұпайын өлшеу әдісіміз фокусталған және қозғалыс бұлыңғыр кескіндерді жіктеу үшін тиімді деген қорытынды жасауға болады.

Кесте 3.3 – Екі тестілеу дерекқоры үшін кескіндерді фокусталған және бұлыңғыр сыныптарға жіктеу нәтижелері.

Суреттер саны (1-дерекқорды тестілеу/2-дерекқорды тестілеу)	Фокусталған класс (қозғалыс бұлдырлығы жоқ кескіндер)	Бұлыңғыр класс (қозғалыс бұлдырлығы бар кескіндер)
Фокусталған класс (қозғалыс бұлдыры жоқ кескіндер)	288 (99.654%)/286 (98.962%)	1 (0.346%)/3 (1.038%)
Бұлыңғыр класс (қозғалыс бұлдырлығы бар кескіндер)	14 (0.173%)/14 (0.173%)	8069 (99.827%)/8069 (99.827%)

Келесі экспериментте қозғалыс бұлыңғырлығының параметрлері үшін бағалау әдісіміздің өнімділігін өлшейміз. 3.3-кестеде көрсетілгендей, біз төрт негізгі бағытты қолданып, бұлыңғыр кескіндер базасын жасанды түрде жасадық: сәйкесінше  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  және  $135^\circ$ . Сонымен қатар, қозғалыс бұлдырлығы 3-тен 15-ке дейін өзгереді, бұл тривиальдыдан маңызды бұлыңғырлыққа сәйкес келеді. Бұл экспериментте барлығы 16 240 сурет ( $580$  (түпнұсқа суреттер)  $\times 7$  (қозғалыс ұзындығы)  $\times 4$  (бағыттар)) пайдаланылды. 3.4-кестеде қозғалыс бағытының орташа бағалау қателігі мен қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшері келтірілген. Осы кестеде көрсетілгендей, бағытты бағалаудың орташа қателігі шамамен  $0,709^\circ$  және қозғалыс бұлдырлығын бағалаудың орташа қателігі шамамен  $0,309$  құрайды. Бұдан біз әдісіміз қозғалыстың бұлыңғырлығының бағыты мен мөлшерін дұрыс бағалай алатынын растай аламыз.

Кесте 3.4 – Қозғалыс бұлыңғырлығының толық дерекқорын пайдалана отырып, қозғалыс бұлыңғырлығы параметрлерін бағалау қателері

Бағытты бағалаудың орташа қатесі	Қозғалыс бұлдырлығының орташа қатесі (қозғалыс ұзындығы)
$0.709^\circ$	0.309

3.2-суретте қозғалыс бағыты мен қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшерін бағалау нәтижелерінің кейбір мысалдарын көрсетеміз. Негізгі шындық параметрлері мен бағалау нәтижелерін салыстыра отырып, қозғалыс бұлыңғырлығы параметрлерін бағалаудың ұсынылған әдісі кескіндердің барлық жағдайларында жақсы жұмыс істейтінін көреміз. Бұл суретте  $\theta$  қозғалыс бағытын білдіреді, ал LEN берілген кескіндердегі қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшерін білдіреді.



Негізгі шындық  $\theta$ : 0  
Негізгі шындық LEN: 5  
Болжалды  $\theta$ : 2  
Болжалды LEN: 5,035



Негізгі шындық  $\theta$ : 45  
Негізгі шындық LEN: 5  
Болжалды  $\theta$ : 44  
Болжалды LEN: 4,946



Негізгі шындық  $\theta$ : 90  
Негізгі шындық LEN: 9  
Болжалды  $\theta$ : 92  
Болжалды LEN: 8,610



Негізгі шындық  $\theta$ : 135  
Негізгі шындық LEN: 9  
Болжалды  $\theta$ : 135  
Болжалды LEN: 8,489

3.2 - сурет – Қозғалыс бұлыңғырлығы параметрлерін бағалау нәтижелерінің мысалдары

### 3.3 Ұсынылған жасты бағалау әдісінің тиімділігін бағалау

Ең жақсы бағалау өнімділігін алу үшін жасты бағалау жүйелері әдетте жақсы сапалы кескіндерді пайдалана отырып оқытылады. Сынақ кезеңі үшін кіріс бетінің кескіні де жақсы сапа болуы керек. Бұл талап қажет, себебі сапасыз суреттерде бағалау тапсырмасы үшін жеткілікті ақпарат жоқ. Сондықтан, егер жасты бағалау жүйесімен сапасыз сурет пайдаланылса, нәтижесінде бағалау нәтижесі сенімсіз болады. Қозғалыс бұлдыр суреттердің жасты бағалау жүйесіне әсерін көрсету үшін біз алдымен 3.2-кестедегі қозғалыс бұлыңғырлығы деректер базасын және фокусталған кескіндерді пайдаланатын жас бағалаушысы. Бұл экспериментте қозғалыс бұлыңғырлығының жасты бағалау жүйесіне әсерін көрсету мақсатында 3.2-кестедегі дерекқор қолмен бөлінген. Егжей-тегжейлі бағалау нәтижелері қозғалыс бағыты мен қозғалыс бұлыңғырлығының көлеміне сәйкес әрбір ішкі дерекқормен бірге 3.6-кестеде келтірілген.

Кесте 3.5– Біз ұсынған жасты бағалау әдісінің motion blur дерекқорын бағалау нәтижелері

МАЕ	Түпнұсқа PAL дерекқоры	Фокусталған дерекқоры ( $LEN = 1, 3$ )	Аздап бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 5, 7, 9$ )				Бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 11, 13, 15$ )				Орташа МАЕ
			0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°	
Тестілеу деректер базасы 1	5.89	6.45	8.90	9.89	8.22	10.67	12.58	13.14	10.90	14.11	10.26
Тестілеу деректер базасы 2	6.15	6.40	8.17	9.07	7.36	9.79	11.25	11.87	9.90	12.95	9.42
Бүкіл дерекқордың орташа МАЕ	6.02	9.87									

Бұл кестеде көрсетілгендей, қозғалысты бұлыңғыр кескіндерсіз бағалау жүйесінің орташа қателігі (МАЕ) 6,02 жылды құрайды. Қозғалыс бұлыңғыр кескіндерде қате қозғалыс бұлыңғырлығының бағыты мен мөлшеріне сәйкес артады. Орташа алғанда, қозғалыс бұлыңғырлығының барлық дерекқорынан 9,87 жылдық МАЕ алынады, бұл тек бағытталған (жақсы сапалы) кескіндерді пайдаланатын жүйе үшін 6,02 жылдық МАЕ көрсеткішінен әлдеқайда жоғары. Осы нәтижеден біз қозғалысты бұлыңғыр кескіндер жасты бағалау жүйесіне өте күшті әсер етеді және бағалау өнімділігінің нашарлауына әкеледі деп қорытынды жасауға болады.



Жасты бағалау жүйелеріндегі қозғалыс бұлыңғырлығының әсерлері мәселесін шешу үшін біздің әдіс қозғалыс бұлыңғыр кескіндерді қозғалыс бұлыңғырлық бағыты мен қозғалыс көлемінің бірнеше тобының біріне алдын ала жіктейді. Осы нәтиженің негізінде адамның жасы әр топ үшін сәйкес жас бағалаушысы арқылы бағаланады.

Кесте 3.6 – Қозғалыс бұлыңғырлығы параметрін бағалау әдісімізді қолданып, қозғалыс бұлыңғырлығы дерекқорын бағалау нәтижелері

Жіктеу көрсеткіші (%) (Тестілеу деректер базасы 1/ Тестілеу деректері 2)	Фокусталған деректер қоры ( $LEN = 1, 3$ )	Аздап бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 5, 7, 9$ )				Бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 11, 13, 15$ )				
		0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°	
Фокусталған деректер қоры ( $LEN = 1, 3$ )	100/100	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
Аздап бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 5, 7, 9$ )	0°	0/0	100/100	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	45°	0/0	0/0	100/100	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	90°	0/0	0/0	0/0	100/100	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	135°	0/0	0/0	0/0	0/0	100/100	0/0	0/0	0/0	0/0
Бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 11, 13, 15$ )	0°	0/0	0/0	0/0	0/0	100/100	0/0	0/0	0/0	0/0
	45°	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	100/100	0/0	0/0	0/0
	90°	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	100/100	0/0	0/0
	135°	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	100/100

Келесі экспериментте кіріс кескіндеріндегі қозғалыс бағыты мен қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшерін бағалау үшін қозғалыс бұлыңғырлығы параметрлерін бағалаудың ұсынылған әдісін қолданамыз. Біз кіріс кескіндерді қозғалыс бұлыңғырлығы параметрлерін бағалау нәтижелеріне негізделген қозғалыс бұлыңғырлығының бірнеше тобының біріне жіктейміз. 3.2-кестедегі қозғалыс бұлыңғырлығы дерекқорын және біздің әдісімізді пайдалана отырып, алдын ала жіктеу қадамының егжей-тегжейлі эксперимент нәтижелері 3.6-кестеде көрсетілген. Бұл экспериментте біз кескіндерді тоғыз топқа, соның ішінде фокусталған топтары бар фокусталған топтарға алдын ала жіктедік. кескіндер мен тривиальды қозғалыс бұлыңғырлығы (қозғалыс мөлшері бір және

үш, олардың біреуі қозғалыстың бұлыңғырлығын көрсетпейді), ал қалған сегіз бұлыңғырлық қозғалыс бағыты мен қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшеріне сәйкес топтастырады. Кестеде көрсетілгендей, бетті анықтай алмаған кейбір кескіндерді қоспағанда, барлық кескіндер сәйкес топтарға дұрыс жіктелген. Бұл эксперимент нәтижесі қозғалыс бұлыңғырлығы параметрін бағалау әдісіміз қозғалыс бағытын және қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшерін дұрыс бағалау үшін тиімді екенін дәлелдейді.

Осы алдын ала жіктеу нәтижелеріне сүйене отырып, біз әр топ үшін сәйкес жас бағалаушысын қолдану арқылы әр топтағы суреттер үшін жасты бағалау әдісін орындадық. Жоғарыда түсіндірілгендей, қозғалыстағы бұлыңғыр кескіндерді тиісті топтарға алдын ала жіктегеннен кейін, адамның жасы сол топ үшін қолайлы жас бағалаушысы арқылы бағаланады. Осы мақсатта оқыту процесі алдымен қозғалыс бұлыңғыр кескіндердің әрбір тобына дұрыс жататын кескіндерді пайдалана отырып жүргізіледі. Содан кейін оқытылған жас бағалаушылары кіріс сынақ кескіндерінде адамның жасын бағалау үшін пайдаланылады. Біздің әдісімізді қолданатын егжей-тегжейлі бағалау нәтижелері 3.8-кестеде көрсетілген. Орташа алғанда, біз 6,48 жыл МАЕ мәнін алдық. Бұл МАЕ мәні тек бағытталған жақсы сапалы кескіндерді пайдаланатын жүйе үшін 6,02 жыл МАЕ мәнінен сәл жоғары болса да (3.6-кесте), бұл МАЕ мәні біздің әдісімізсіз жүйе үшін 9,87 жыл МАЕ мәнінен әлдеқайда төмен (3.6-кесте).

Бұл нәтиже қозғалыстың бұлдырату әсерінен туындаған кескіндердің сапасыздығынан туындайды. Қозғалыс бұлыңғыр болғандықтан, бет кескінінің сапасы төмендейді және бет аймағында кейбір жалған жас ерекшелігі көрсетіледі. Демек, бет аймағындағы жас туралы ақпарат жоғалады немесе дұрыс көрсетілмейді. Сондықтан, қозғалысты бұлыңғыр кескіндердің әрбір тобына сәйкес келетін жас бағалаушысын дайындағанымызбен, бұлыңғыр топтардың бағалау өнімділігі бағытталған жақсы сапа тобының бағалау өнімділігі сияқты жақсы болуы мүмкін емес.

Осы себепті, біздің әдісіміздің өнімділігі қозғалыс бұлыңғыр әсерлері жоқ жүйемен салыстырғанда жақсара алмайды. Дегенмен, біздің әдісіміздің өнімділігі қозғалыстың бұлыңғырлану әсерін ескермейтін жүйеден жоғары.

3.3-суретте біз әдіспен және әдіссіз жасты бағалау жүйесінің кейбір үлгілік нәтижелерін көрсетеміз. Бұл суретте «Болжамды жас 1» қозғалыстың бұлыңғырлану әсерін ескермейтін жүйенің жасты бағалау нәтижесін білдіреді; «Болжамды 2 жас» қозғалыстың бұлыңғырлану әсерін қарастыратын әдісіміздің бағалау нәтижесін білдіреді. Осы мысалдардан біздің жасты бағалау әдісіміз әдіссіз жүйемен салыстырғанда жақсырақ бағалау нәтижелерін беретінін көруге болады.

Біз MORPH екінші бағалау деректер жинағымен қосымша эксперименттер жасадық. MORPH 16 жастан 77 жасқа дейінгі 13 000-нан астам адамның 55 000-нан астам суретінен тұрады [40]. Бұл дерекқордан біз жаңа эксперименттеріміз үшін әртүрлі жастағы, жыныстағы және жеке тұлғалардағы суреттерді кездейсоқ таңдаймыз. Демек, біздің жаңа тәжірибелеріміз үшін 600 фокусталған кескіннен және 16 800 қозғалыс бұлыңғыр кескіннен (600 (фокусталған кескіндер) × 4

(бағыттар)  $\times 7$  (қозғалыс ұзындығы)) тұратын 17 400 кескіннен тұратын жаңа қозғалыс бұлыңғырлығының дерекқоры құрастырылды.

Кесте 3.7 – Қозғалыс бұлдырату дерекқорларын пайдалана отырып, жасты бағалау әдісіміздің бағалау көрсеткіштері

MAE	Фокусталған деректер қоры ( $LEN = 1, 3$ )	Аздап бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 5, 7, 9$ )				Бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 11, 13, 15$ )				Орташа MAE
		0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°	
Тестілеу деректер базасы 1	5.88	6.10	6.63	6.16	6.60	6.29	6.75	6.18	6.61	6.54
Тестілеу деректер базасы 2	6.14	6.18	6.47	6.25	6.68	6.36	6.62	6.31	6.87	6.41
Бүкіл деректер қорының орташа мәні	6.48									



Шындықтың жасы: 28  
Қозғалыс ұзақтығы: 11  
Қозғалыс бағыты: 135  
Болжалды жас 1: 37  
Болжалды жас 2: 29



Шындықтың жасы: 22  
Қозғалыс ұзақтығы: 5  
Қозғалыс бағыты: 0  
Болжалды жас 1: 28  
Болжалды жас 2: 24



Шындықтың жасы: 31  
Қозғалыс ұзақтығы: 13  
Қозғалыс бағыты: 135  
Болжалды жас 1: 38  
Болжалды жас 2: 34



Шындықтың жасы: 68  
Қозғалыс ұзақтығы: 3  
Қозғалыс бағыты: 135  
Болжалды жас 1: 61  
Болжалды жас 2: 65



Шындықтың жасы: 69  
Қозғалыс ұзақтығы: 9  
Қозғалыс бағыты: 0  
Болжалды жас 1: 59  
Болжалды жас 2: 66



Шындықтың жасы: 27  
Қозғалыс ұзақтығы: 3  
Қозғалыс бағыты: 135  
Болжалды жас 1: 33  
Болжалды жас 2: 28

3.3 - сурет – Біздің әдіспен және әдіссіз бағалау процесінің үлгі нәтижелері.

Кесте 3.8 – Біздің эксперименттерімізде қолданылған MORPH дерекқорынан алынған жаңа қозғалыс бұлдыр дерекқорының сипаттамасы

Суреттер саны	Фокусталған дерекқор (қозғалыс ұзындығы 1 және 3)	Аздап бұлыңғыр дерекқор (Қозғалыс ұзындығы 5, 7 және 9)				Бұлыңғыр дерекқор (Қозғалыс ұзындығы 11, 13 және 15)				Кескіндердің жалпы саны
		0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°	
Оқу деректер қоры 1	1515	909	909	909	909	909	909	909	909	8787
Тестілеу деректер базасы 1	1485	891	891	891	891	891	891	891	891	8613
Оқу деректер қоры 2	1505	903	903	903	903	903	903	903	903	8729
Тестілеу деректер базасы 2	1495	897	897	897	897	897	897	897	897	8671

Кесте 3.9 – MORPH дерекқорынан алынған жаңа қозғалыс бұлыңғырлығы дерекқорын пайдалана отырып, екі тестілеу дерекқоры үшін кескіндерді фокусталған және бұлыңғыр сыныптарға жіктеу нәтижелері

Суреттер саны (1-дерекқорды тестілеу/2-дерекқорды тестілеу)	Фокусталған класс (қозғалыс бұлдыры жоқ кескіндер)	Бұлыңғыр класс (қозғалыс бұлдырлығы бар кескіндер)
Фокусталған класс (қозғалыс бұлдыры жоқ кескіндер)	297 (100.000%)/299 (100.000%)	0 (0.0%)/0 (0.0%)
Бұлыңғыр класс (қозғалыс бұлдырлығы бар кескіндер)	13 (0.157%)/13 (0.156%)	8273 (99.843%)/8323 (99.844%)

Кесте 3.10 – MORPH дерекқорынан алынған толық жаңа қозғалыс бұлыңғырлығы дерекқорын пайдалану арқылы қозғалыс бұлыңғырлығы параметрлерін бағалау қателері

Бағытты бағалаудың орташа қатесі	Қозғалыс бұлыңғырлығының орташа қатесі (Қозғалыс ұзындығы)
0.837°	0.332

Кесте 3.11– Біз ұсынған жасты бағалау әдісінің motion blur дерекқорын бағалау нәтижелері

MAE	Түпнұсқа MORPH дерекқоры	Фокусталған дерекқоры ( $LEN = 1, 3$ )	Аздап бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 5, 7, 9$ )				Бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 11, 13, 15$ )				Орташа MAE
			0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°	
Тестілеу деректер базасы 1	5.99	6.36	8.18	9.65	7.82	10.12	10.18	11.29	9.78	11.81	9.25
Тестілеу деректер базасы 2	6.02	6.42	9.10	12.29	9.51	12.72	13.18	16.08	13.29	16.84	11.76
Бүкіл дерекқордың орташа MAE	6.01	10.51									



Шындықтың жасы: 58  
Қозғалыс ұзақтығы: 11  
Қозғалыс бағыты: 90  
Болжалды жас 1: 44  
Болжалды жас 2: 56



Шындықтың жасы: 44  
Қозғалыс ұзақтығы: 15  
Қозғалыс бағыты: 135  
Болжалды жас 1: 25  
Болжалды жас 2: 43



Шындықтың жасы: 34  
Қозғалыс ұзақтығы: 13  
Қозғалыс бағыты: 45  
Болжалды жас 1: 21  
Болжалды жас 2: 32



Шындықтың жасы: 50  
Қозғалыс ұзақтығы: 5  
Қозғалыс бағыты: 0  
Болжалды жас 1: 44  
Болжалды жас 2: 48



Шындықтың жасы: 37  
Қозғалыс ұзақтығы: 7  
Қозғалыс бағыты: 90  
Болжалды жас 1: 29  
Болжалды жас 2: 36



Шындықтың жасы: 22  
Қозғалыс ұзақтығы: 9  
Қозғалыс бағыты: 135  
Болжалды жас 1: 32  
Болжалды жас 2: 24

3.4 - сурет – MORPH дерекқорынан алынған жаңа қозғалыс бұлыңғырлығы дерекқорын пайдаланып, біз ұсынған әдіспен және онсыз бағалау процесінің үлгі нәтижелері

Есептелетін 1 жас қозғалыстың бұлыңғырлану әсерін ескермейтін жүйенің жасты бағалау нәтижесін білдіреді; Есептелген 2 жас қозғалыстың бұлыңғырлану әсерін қарастыратын әдісіміздің бағалау нәтижесін білдіреді.

Кесте 3.12 – Қозғалыс бұлдырату дерекқорларын пайдалана отырып, жасты бағалау әдісіміздің бағалау көрсеткіштері

МАЕ	Фокусталған деректер қоры ( $LEN = 1, 3$ )	Аздап бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 5, 7, 9$ )				Бұлыңғыр дерекқор ( $LEN = 11, 13, 15$ )				Орташа МАЕ
		0°	45°	90°	135°	0°	45°	90°	135°	
Тестілеу деректер базасы 1	5.90	6.00	5.85	5.86	6.12	6.23	6.33	6.34	6.17	6.08
Тестілеу деректер базасы 2	5.76	5.76	6.07	5.75	5.98	6.30	6.38	6.06	6.16	6.01
Бүкіл деректер қорының орташа мәні	6.05									

Келесі эксперимент ретінде біз бұлыңғыр сүзгіден (Wiener сүзгісі) кейін жасты бағалау бойынша өнімділікті PAL дерекқорында ұсынылған әдісімізбен салыстырдық. 3.7-кестеде және 3.13-кестеде көрсетілгендей, біздің әдіс бойынша жасты бағалаудың дәлдігі бұлыңғыр сүзгіден кейін жасты бағалауға қарағанда жоғары екенін растай аламыз. Бұлыңғырлықты кетіру сүзгісінен кейін жасты бағалау дәлдігі біздің әдісімізден төмен болуының себебі, қосымша шуды бұлыңғыр сүзгіге қосуға болады немесе бұлыңғыр кескінді жою арқылы фокусталған кескінге толығымен қалпына келтірілмейді. 3.4-суретте көрсетілгендей бұлыңғыр сүзгі.



(фокусталған кескін)  
Негізгі шындық жасы: 45  
Болжалды жасы: 47



(Бұлыңғыр кескін)  
Қозғалыс ұзақтығы: 13  
Қозғалыс бағыты: 135°  
Болжалды жас: 36 (ұсынылған әдіссіз)  
Болжалды жас: 44 (ұсынылған әдіспен)



(Бұлыңғыр кескін)  
Болжалды жасы: 51(ұсынылған әдіссіз)

(a)



(фокусталған кескін)  
Негізгі шындық жасы: 83  
Болжалды жасы: 85



(Бұлыңғыр кескін)  
Қозғалыс ұзақтығы: 11  
Қозғалыс бағыты: 135°  
Болжалды жас: 60 (ұсынылған әдіссіз)  
Қолданылған жас: 52 (ұсынылған әдіспен)



(Бұлыңғыр кескін)  
Болжалды жасы: 78(ұсынылған әдіссіз)

(b)



(фокусталған кескін)  
Шындықтың жасы: 30  
Болжалды жасы: 29



(Бұлыңғыр кескін)  
Қозғалыс ұзақтығы: 11  
Қозғалыс бағыты: 90°  
Болжалды жас: 37 (ұсынылған әдіссіз)  
Болжалды жас: 31 (ұсынылған әдіспен)



(Бұлыңғыр кескін)  
Болжалды жасы: 25(ұсынылған әдіссіз)

(c)

3.5 - сурет – Фокусталған кескіндер, біз ұсынған әдісті қолданатын және онсыз қозғалысты бұлдырату кескіндері және Wiener сүзгісі арқылы бұлыңғырдандырылған кескіндер кезіндегі жасты бағалау нәтижелерінің мысалдары

Кесте 3.13 – 1 және 2 тестілеу деректер базасының қозғалыс бұлыңғыр кескіндерінде бұлыңғырлау сүзгісі (Wiener сүзгісі) арқылы жасты бағалау дәлдігі

Тестілеу деректер базасы 1	Тестілеу деректер базасы 1	Орташа MAE
7.818	8.081	7.950

Тәжірибеде біз сызықтық түрдегі қозғалыстың бұлыңғырлануын ғана қарастырамыз және эксперименттік кескіндеріміздің қозғалыс бұлдырлануы екі (немесе екіден көп) бағытты немесе қозғалыстың бұлыңғырлану дәрежесін қамтымайды деген болжамды қолданамыз.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста біз қозғалыстың бұлыңғырлану әсеріне төзімді адамның жасын бағалаудың жаңа әдісін ұсындық. Жалпы алғанда, камераның қозғалысына және/немесе қаралған нысандардың қозғалысына байланысты түсірілген кескіндерде қозғалыс бұлыңғырлануы мүмкін. Осы әсердің арқасында беттің жас ерекшелігін қозғалыс бұлыңғырлығы мен бағытына қарай өзгертуге болады, бұл жасты бағалау жүйелерінде өнімділіктің төмендеуіне әкелуі мүмкін. Жасты бағалау жүйесін қозғалыстың бұлыңғырлануының әсеріне сенімді ету үшін, қозғалыстың бұлыңғырлануының параметрлері (қозғалыс бұлыңғырлығының мөлшері және қозғалыс бағыты) алдымен біз ұсынған бағалау әдісі арқылы бағаланды. Қозғалыс параметрлерін бағалау арқылы біз қозғалыс бұлыңғырлығы мен қозғалыс бағытының болжамды көлеміне сәйкес кескіндерді қозғалыс бұлдырлығының бірнеше топтарының біріне алдын ала жіктедік. Соңында, адамның жасын бағалау үшін MLBP, Gabog сүзгілеу, PCA және SVR негізіндегі қозғалыс бұлдырының әрбір тобы үшін сәйкес жас бағалаушысы пайдаланылды. Болашақ жұмыс үшін жасты бағалау жүйелерінің өнімділігін арттыру үшін кескіннің төмен ажыратымдылығының, төмен жарықтың немесе кескіннің бұрмалануының жасты бағалау жүйелеріне басқа әсерлерін зерттеуді жоспарлап отырмыз. Сонымен қатар, біз қозғалысты бұлыңғырлаудың басқа нақты дерекқорымен тәжірибелер жасар едік.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Fu, Y.; Guo, G.; Huang, T.S. Age synthesis and estimation via faces: A survey. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2010, 32, 1955–1976. [Google Scholar] [PubMed]
2. Ramanathan, N.; Chellappa, R.; Biswas, S. Computational methods for modeling facial aging: A survey. *J. Vis. Lang. Comput.* 2009, 20, 131–144. [Google Scholar] [CrossRef]
3. Luu, K.; Ricanek, K., Jr.; Bui, T.D.; Suen, C.Y. Age Estimation Using Active Appearance Models and Support Vector Machine Regression. In *Proceedings of the IEEE 3rd International Conference on Biometrics: Theory, Applications, and Systems*, Washington, DC, USA, 28–30 September 2009; pp. 1–5.
4. Lanitis, A.; Taylor, C.J.; Cootes, T.F. Toward automatic simulation of aging effects on face images. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2002, 24, 442–455. [Google Scholar] [CrossRef]
5. Lanitis, A.; Draganova, C.; Christodoulou, C. Comparing different classifiers for automatic age estimation. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part B* 2004, 34, 621–628. [Google Scholar] [CrossRef]
6. Choi, S.E.; Lee, Y.J.; Lee, S.J.; Park, K.R.; Kim, J. A Comparative Study of Local Feature Extraction for Age Estimation. In *Proceedings of the 11th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, Singapore, 7–10 December 2010; pp. 1280–1284.
7. Nguyen, D.T.; Cho, S.R.; Shin, K.Y.; Bang, J.W.; Park, K.R. Comparative study of human age estimation with or without pre-classification of gender and facial expression. *Sci. World J.* 2014, 2014, 1–15. [Google Scholar]
8. Günay, A.; Nabiyeu, V.V. Automatic Age Classification with LBP. In *Proceedings of the 23rd International Symposium on Computer and Information Sciences*, Istanbul, Turkey, 27–29 October 2008; pp. 1–4.
9. Nguyen, D.T.; Cho, S.R.; Park, K.R. Human age estimation based on multi-level local binary pattern and regression method. *Lect. Notes Electr. Eng.* 2014, 309, 433–438. [Google Scholar]
10. Kwon, Y.H.; Lobo, N.D.B. Age Classification from Facial Images. In *Proceedings of the Computer Vision and Pattern Recognition*, Seattle, WA, USA, 21–23 June 1994; pp. 762–767.
11. Txia, J.D.; Huang, C.L. Age Estimation Using AAM and Local Facial Features. In *Proceedings of the International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, Kyoto, Japan, 12–14 September 2009; pp. 885–888.
12. Gao, F.; Ai, H. Face age classification on consumer images with gabor feature and fuzzy LDA method. *Lect. Notes Comput. Sci.* 2009, 5558, 132–141. [Google Scholar]
13. Fu, Y.; Huang, T.S. Human age estimation with regression on discriminative aging manifold. *IEEE Trans. Multimedia* 2008, 10, 578–584. [Google Scholar] [CrossRef]

14. Choi, S.E.; Lee, Y.J.; Lee, S.J.; Park, K.R.; Kim, J. Age estimation using a hierarchical classifier based on global and local facial features. *Pattern Recognit.* 2011, 44, 1262–1281. [Google Scholar] [CrossRef]
15. Guo, G.; Mu, G.; Fu, Y.; Dyer, C.; Huang, T. A Study on Automatic Age Estimation Using a Large Database. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision, Kyoto, Japan, 29 September–2 October 2009*; pp. 1986–1991.
16. Levi, G.; Hassner, T. Age and Gender Classification Using Convolutional Neural Networks. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Boston, MA, USA, 7–12 June 2015*; pp. 34–42.
17. Yan, C.; Lang, C.; Wang, T.; Du, X.; Zhang, C. Age estimation based on convolutional neural network. *Lect. Notes Comput. Sci.* 2014, 8879, 211–220. [Google Scholar]
18. Yi, D.; Lei, Z.; Li, S.Z. Age estimation by multi-scale convolutional network. *Lect. Notes Comput. Sci.* 2015, 9005, 144–158. [Google Scholar]
19. Wang, X.; Guo, R.; Kambhamettu, C. Deeply-Learned Feature for Age Estimation. In *Proceedings of the IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, Waikoloa, HI, USA, 5–9 January 2015*; pp. 534–541.
20. Viola, P.; Jones, M.J. Robust real-time face detection. *Int. J. Comput. Vis.* 2004, 57, 137–154. [Google Scholar] [CrossRef]
21. Wang, H.L.; Wang, J.G.; Yau, W.Y.; Chua, X.L.; Tan, Y.P. Effects of Facial Alignment for Age Estimation. In *Proceedings of the 11th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Singapore, 7–10 December 2010*; pp. 644–647.
22. Tiwari, S.; Shukla, V.P.; Singh, A.K.; Biradar, S.R. Review of motion blur estimation techniques. *J. Image Graph.* 2013, 1, 176–184. [Google Scholar] [CrossRef]
23. Deshpande, A.M.; Patnaik, S. Radon Transform Based Uniform and Non-uniform Motion Blur Parameter Estimation. In *Proceedings of the International Conference on Communication, Information & Computing Technology, Mumbai, India, 19–20 October 2012*; pp. 1–6.
24. Sun, H.; Desvignes, M.; Yan, Y.; Liu, W. Motion Blur Parameters Identification from Radon Transform Image Gradients. In *Proceedings of the 35th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics, Porto, Portugal, 3–5 November 2009*; pp. 2098–2103.
25. Shah, M.J.; Dalal, U.D. Hough Transform and Cepstrum Based Estimation of Spatial-invariant and Variant Motion Blur Parameters. In *Proceedings of the International Conference on Advances in Electronics, Computers and Communication, Bangalore, India, 10–11 October 2014*; pp. 1–6.
26. Shen, Y.; Dang, J.; Lei, T.; Lou, W. Motion Blur Parameters Estimation Based on Frequency and Spatial Domain Analysis. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks, Yichang, China, 21–23 April 2012*; pp. 387–390.
27. Fang, X.; Wu, H.; Wu, Z.; Luo, B. An improved method for robust blur estimation. *Inf. Technol. J* 2011, 10, 1709–1716. [Google Scholar] [CrossRef]

28. Ahonen, T.; Hadid, A.; Pietikäinen, M. Face description with local binary patterns: application to face recognition. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2006, 28, 2037–2041. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
29. Nguyen, D.T.; Park, Y.H.; Lee, H.C.; Shin, K.Y.; Kang, B.J.; Park, K.R. Combining touched fingerprint and finger-vein of a finger, and its usability evaluation. *Adv. Sci. Lett.* 2012, 5, 85–95. [Google Scholar] [CrossRef]
30. Shin, K.Y.; Park, Y.H.; Nguyen, D.T.; Park, K.R. Finger-vein image enhancement using a fuzzy-based fusion method with gabor and retinex filtering. *Sensors* 2014, 14, 3095–3129. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
31. Lee, W.O.; Kim, Y.G.; Hong, H.G.; Park, K.R. Face recognition system for set-top box-based intelligent TV. *Sensors* 2014, 14, 21726–21749. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
32. Shan, C.; Gong, S.; McOwan, P.W. Facial expression recognition based on local binary patterns: A comprehensive study. *Image Vis. Comput.* 2009, 27, 803–816. [Google Scholar] [CrossRef]
33. Manjunath, B.S.; Ma, W.Y. Texture features for browsing and retrieval of image data. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 1996, 18, 837–842. [Google Scholar] [CrossRef]
34. Murphy, K.P. *Machine Learning: A Probabilistic Perspective*; The MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2012. [Google Scholar]
35. Song, F.; Guo, Z.; Mei, D. Feature Selection Using Principal Component Analysis. In *Proceedings of the International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Information, Yichang, China, 12–14 November 2010*; pp. 27–30.
36. Karim, T.F.; Rahman, M.L.; Lipu, M.S.H.; Sultana, F. Face Recognition Using PCA-Based Method. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Management Science, Chengdu, China, 9–11 July 2010*; pp. 158–162.
37. LibSVM—A Library for Support Vector Machines. Available online: <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/> (accessed on 31 August 2015).
38. Minear, M.; Park, D.C. A lifespan database of adult facial stimuli. *Behav. Res. Methods* 2004, 36, 630–633. [Google Scholar] [CrossRef]
39. PAL database. Available online: <http://agingmind.utdallas.edu/facedb> (accessed on 31 August 2015).
40. The MORPH Database. Available online: [https://ebill.uncw.edu/C20231\\_ustores/web/store\\_main.jsp?STOREID=4](https://ebill.uncw.edu/C20231_ustores/web/store_main.jsp?STOREID=4) (accessed on 31 August 2015).

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ**  
дипломдық жұмысқа

Қабылбек Ерасыл Бағдатұлы

6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: Сенсорлы датчиктер арқылы адамның жасын анықтауға арналған құрылғы жасау

Студент ұсынған «Сенсорлы датчиктер арқылы адамның жасын анықтауға арналған құрылғы жасау» дипломдық жобасы биометриялық сәйкестендіру және деректерді талдау саласындағы маңызды қадам болып табылады.

Жоба биометриялық сәйкестендіру мәселесін терең түсінуді, сондай-ақ сенсорлық сенсорларды қолдану арқылы оны шешудің креативті тәсілін көрсетеді. Адамның жасын анықтайтын құрылғыны жасау идеясы жеке қызмет көрсету және маркетинг саласында жаңа мүмкіндіктер ашады.

Жоба жоғары деңгейдегі ұйымдастыру және техникалық хабардарлықпен орындалды. Сенсорлық сенсорларды таңдау және оларды біріктіру әдістері туралы дәлелдер нақты және негізделген болды. Сонымен қатар, студент құрылғының прототипін сәтті жүзеге асырды және оның функционалдығын тексеру үшін эксперименттер жүргізді.

Жобаны одан әрі дамыту үшін құрылғының жасын анықтау және функционалдығын кеңейту дәлдігін жақсарту, сондай-ақ оны медицина, маркетинг және қауіпсіздік сияқты әртүрлі салаларда қолдану мүмкіндіктері қарастырылуы мүмкін.

Жалпы, жоба жоғары бағалауға лайық және биометриялық сәйкестендірудің дамуына маңызды үлес болып табылады. Студент осы салада табысты дамуды жалғастыратынына және ғылыми және өндірістік қоғамдастыққа одан әрі үлес қосатынына сенімдімін.

Студент, Қабылбек Ерасыл Бағдатұлы дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс «90/A-/ өте жақсы» деп бағаланды, ал **Қабылбек Ерасыл Бағдатұлын** 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші  
ЭТЖҒТ каф. аға оқытушы,  
техника ғылымдарының магистрі  
Марксұлы С.  
« 27 » 05 2024 ж.

Дипломдық жобаға  
РЕЦЕНЗИЯ

Қабылбек Ерасыл Бағдатұлы

6В06201 Телекоммуникация

Тақырыбына: «Сенсорлы датчиктер арқылы адамның жасын анықтауға арналған құрылғы жасау»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 23 парақ;  
б) түсініктеме 61 бет.

**ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ**

«Сенсорлы датчиктер арқылы адамның жасын анықтауға арналған құрылғы жасау» тақырыбындағы дипломдық жоба биометриялық технологиялар саласындағы қызықты және перспективалы зерттеу болып табылады. Студент заманауи сенсорлық сенсорларды қолдана отырып, адамның жасын анықтаудың инновациялық әдісін ұсынады.

Бұл жобаның басты артықшылықтарының бірі оның бетті тану және биометрия технологиялары саласындағы әлеуеті болып табылады. Сенсорлық сенсорлар жинаған деректерге сүйене отырып, адамның жасын анықтау биометриялық деректерді анықтау және талдау саласындағы айтарлықтай ілгерілеуді білдіреді.

Жобада сенсорлық сенсорларды пайдалану тері құрылымы, әжімдер және картаюдың басқа белгілері сияқты әртүрлі параметрлерге негізделген адамның жасын дәл және сенімді түрде анықтауға мүмкіндік беретінін ескеру маңызды. Бұл қауіпсіздік, медицина және маркетинг сияқты әртүрлі салаларда пайдалы болуы мүмкін жасты анықтаудың тиімді жүйесін құруға мүмкіндік береді.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған.

**ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ**

Жалпы, дипломдық жобаға «өте жақсы» (90%) деген баға, ал студент Қабылбек Ерасыл Бағдатұлын 6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасының «Ақпараттық коммуникациялық технологиялар бакалавры» дәрежесіне лайықты деп санаймын.

**Рецензент:**

М.Тынышбаев атындағы АЛТ университеті,  
PhD, «Ақпараттық және коммуникациялық  
Технологиялар» кафедрасының меңгерушісі

Д.Т. Қасымова  
« 29 » 05 2024 ж.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Кабылбек Ерасыл Бағдатұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Сенсорлы датчиктер арқылы адамның жасын анықтауға арналған құрылғы жасау

**Научный руководитель:** Сұңғат Марқсұлы

**Коэффициент Подобия 1:** 2.8

**Коэффициент Подобия 2:** 1.2

**Микропробелы:** 88

**Знаки из других алфавитов:** 16

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2024-05-24

*Дата*



Сұңғат Марқсұлы

*проверяющий эксперт*

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Кабылбек Ерасыл Бағдатұлы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Сенсорлы датчиктер арқылы адамның жасын анықтауға арналған құрылғы жасау

**Научный руководитель:** Сұңғат Марксұлы

**Коэффициент Подобия 1:** 2.8

**Коэффициент Подобия 2:** 1.2

**Микропробелы:** 88

**Знаки из здругих алфавитов:** 16

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2024-05-24

*Дата*

*Заведующий кафедрой*



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Қабылбек Ерасыл Бағдатұлы**

**Тақырыбы: Сенсорлы датчиктер арқылы адамның жасын анықтауға арналған құрылғы жасау**

**Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 2.8**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.2**

**Дәйексөз (35): 0.3**

**Әріптерді ауыстыру: 16**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 88**

**Ақ белгілер: 0**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

**2024-05-24**

*Күні*

*Кафедра меңгерушісі*

