

**8D06101 – «Үлкен деректер аналитикасы» білім беру бағдарламасы
бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін**

Муталова Жазира Саткановнаның

**«Нейрондық желілер негізінде бейне ағындардағы кескінді танудың
математикалық моделін әзірлеу» тақырыбындағы диссертациялық
жұмысына**

АНДАТПА

Зерттеу тақырыбының өзектілігі интеллектуалды компьютерлік көру жүйелерінің дәлдігін, сыртқы әсерлерге төзімділігін және тиімділігін арттыру мақсатында нейрондық желілер негізінде бейнелерді бейнеағындарда танудың математикалық әдістері мен алгоритмдерін жетілдіру қажеттілігімен анықталады.

Жасанды интеллект пен компьютерлік көру технологияларының қарқынды дамуы жағдайында бейнеағындардағы бейнелерді автоматты түрде талдау және тану міндеттері ерекше маңызға ие болып отыр. Нақты уақыт режимінде бейнедеректерді өңдеу әдістері интеллектуалды бейнебақылау жүйелерінде, көлік қауіпсіздігінде, робототехникада, медицинада, өндірістік автоматтандыруда және адам әрекетін мониторингтеу жүйелерінде кеңінен қолданылады.

Компьютерлік көру саласындағы елеулі жетістіктерге қарамастан, қолданыстағы бейнелерді тану әдістері жарықтандырудың, фонның, масштабтың, ракурстың және объектілер динамикасының өзгеруі жағдайында қажетті дәлдік пен тұрақтылықты әрдайым қамтамасыз ете бермейді. Сонымен қатар, бейнедеректердің жоғары өлшемділігі мен кеңістіктік-уақыттық сипаттамаларды ескеру қажеттілігі ақпаратты өңдеу үдерісін күрделендіріп, математикалық модельдер мен өңдеу алгоритмдерін одан әрі жетілдіруді талап етеді.

Осыған байланысты нейрондық желілер негізінде бейнеағындардағы бейнелерді танудың математикалық моделін әзірлеу ғылыми және практикалық тұрғыдан ерекше маңызға ие. Ұсынылатын модель классификация дәлдігін арттыруға, ақпараттық белгілерді тиімді бөлуге және жүйенің сыртқы кедергілерге тұрақтылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Қазіргі заманғы нейрожелілік архитектураларды қолдану белгілер кеңістігін автоматты түрде қалыптастыруға және интеллектуалды компьютерлік көру жүйелерінде бейнедеректерді өңдеу үдерісін оңтайландыруға жағдай жасайды.

Диссертациялық зерттеудің мақсаты - нейрондық желілер негізінде бейне ағындардағы кескіндерді танудың математикалық моделін әзірлеу және ұсынылған модельдер мен алгоритмдер негізінде бетті тану жүйесін құру.

Диссертациялық зерттеудің міндеттері:

– нейрондық желілер негізінде бейне ағындардағы кескінді тану саласындағы отандық және шетелдік ғылыми зерттеулерді шолу жасап, салыстырмалы талдау жүргізу;

- конволюциялық нейрондық желілер мен Retinex алгоритмдері негізінде бейне ағындардағы шу әсері бар кескіндерді алдын ала өңдеуге және бетті тануға арналған математикалық модель әзірлеу;

- бейне ағындардағы кескіндерді тану дәлдігін арттыру және кадрларды өңдеу уақытын оңтайландыру мақсатында конволюциялық нейрондық желіге негізделген көпкөзденді модель әзірлеу;

- деректерді жіктеу дәлдігін арттыруға және өңдеу тиімділігін жоғарлатуға бағытталған конволюциялық нейрондық желі архитектурасын тұрғызу;

- ұсынылған математикалық модельдер мен алгоритмдер негізінде бейне ағындардағы кескіндерде бетті тану жүйесін әзірлеу.

Диссертациялық зерттеудің объектісі – бейне ағындардағы кескіндерді тану процестері.

Диссертациялық зерттеудің пәні - нейрондық желілер негізінде бейне ағындардағы кескіндерді танудың математикалық моделі.

Зерттеу әдістері. Диссертациялық жұмыста қойылған міндеттерді орындау мақсатында теориялық және қолданбалы зерттеу әдістері жиынтығы қолданылып отыр. Бейне ағындардағы кескіндерді тану процесінің математикалық моделін құру үшін математикалық модельдеу әдістерін қолдану тиімді болды.

Кескіндерді автоматты түрде анықтау және классификациялау үшін конволюциялық нейрондық желілер (CNN) әдісін пайдалану ұсынылды. Зерттеудің әдіснамалық негізін жүйелер теориясы, жүйелік талдау және деректерді статистикалық өңдеу, сондай-ақ есептеу эксперименттерін жүргізу мен алынған нәтижелерді талдау әдістері құрайтындығын көрсетті.

Қорғауға шығарылатын негізгі тұжырымдар:

1. Конволюциялық нейрондық желілер мен Retinex алгоритмдері негізінде бейне ағындардағы шу әсері бар кескіндерді алдын ала өңдеуге және бетті тануға арналған математикалық модель әзірленді.

2. Бейне ағындардағы кескіндерді тану дәлдігін арттыру және кадрларды өңдеу уақытын оңтайландыру мақсатында конволюциялық нейрондық желіге негізделген көпкөзденді модель құрылды.

3. Деректерді жіктеу дәлдігін арттыруға және өңдеу тиімділігін жоғарылатуға бағытталған конволюциялық нейрондық желі архитектурасы жасақталды.

Зерттеудің негізгі нәтижелері. Жүргізілген зерттеу нәтижесінде келесі негізгі тұжырымдар қалыптастырылды:

Кескіндерді алдын ала өңдеу және тұлғаларды тану үшін конволюциялық нейрондық желілер мен Retinex алгоритмдері негізінде математикалық модель әзірленді. Ұсынылған модель аясында біркелкі емес жарықтандыруды түзету, контраст сипаттамаларын қалыпқа келтіру және шу бұрмалануларын басу процестері формалданып, кіріс деректерінің сапасын арттыру қамтамасыз етілді. Retinex алгоритмдерін алдын ала өңдеу кезеңінде қолдану белгілер кеңістігінің ақпараттылығын арттырып, әсіресе жарықтандыруы өзгермелі күрделі визуалды ортада тұлғаларды тану дәлдігін едәуір жоғарылататыны көрсетілді.

Бейне ағындарындағы кескіндерді тану дәлдігін арттыру және кадрларды өңдеу уақытын оңтайландыру мақсатында CNN негізіндегі көпкезеңді модель құрылды. Мұнда Faster R-CNN, EfficientNetB0, Self-Attention және FaceNet модельдері пайдаланылды. Faster R-CNN күрделі көріністерде объектілерді жоғары дәлдікпен анықтап, ResNet50 FPN бэкбонымен бірге 100% дәлдік пен ең төменгі 0,0102 loss мәнін көрсетті. Алайда оның толық оқыту уақыты 183 минут болғандықтан, есептеу шығындары жоғары екені анықталды. MobileNetV3 Large ең жылдам архитектура болып, толық оқыту уақыты небәрі 40 минутты құрады, бірақ соңғы эпохаларда loss көрсеткіші 0,1807-ге дейін өсіп, тұрақтылығы төмен екенін көрсетті. EfficientNetB0, Self-Attention моделі үшінші эпохада-ақ 100% дәлдікке жетіп, соңғы эпохада loss мәні 0,0289 жетті. Self-Attention механизмі модельге кескіннің маңызды аймақтарына назар аударуға мүмкіндік берді, күрделі жарықтандыру жағдайларында тану сапасын арттырды. FaceNet архитектурасы тұлғаларды евклидтік қашықтық арқылы сенімді салыстыруға мүмкіндік беріп, бет кескіндерін 128 өлшемді эмбедингке түрлендірді. Нәтижесінде ұсынылған көпкезеңді модель бейне ағындарындағы тұлғаларды нақты уақыт режимінде жоғары дәлдікпен және тұрақты түрде тануды қамтамасыз етті.

Деректерді жіктеу дәлдігін арттыру және өңдеу тиімділігін жоғарылату мақсатында көпдеңгейлі конволюциялық нейрондық желі архитектурасы жасақталды. Ұсынылған Nexiface архитектурасында Retinex алдын ала өңдеу модулі, Faster RCNN детекторы, EfficientNetB0, Self-Attention белгілерді шығару модулі және FaceNet сәйкестендіру моделі біртұтас өңдеу конвейеріне біріктірілді. Retinex алгоритмі жарықтың біркелкі емес әсерін азайтып, кескін сапасын жақсарту арқылы нейрондық желінің тұрақтылығын арттырды. Faster RCNN екісатылы детекция архитектурасы арқылы бет аймақтарын жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік берді. EfficientNetB0 жеңіл архитектурасының арқасында есептеу шығындарын азайтып, өңдеу жылдамдығын сақтай отырып, тұлғаның маңызды белгілерін тиімді шығарды. Self-Attention механизмі көз, мұрын және бет контурлары сияқты маңызды аймақтарға фокус жасап, белгілер кеңістігінің ақпараттылығын күшейтті. FaceNet моделі 128 өлшемді эмбединг-векторлар құрып, triplet loss негізінде бір тұлғаға тиесілі векторларды жақындату және әртүрлі тұлғаларды ажырату арқылы жіктеу дәлдігін арттырды. Архитектура нақты уақыт режимінде жұмыс істеуге бейімделіп, әр камерадан секундына 30 кадрға дейін өңдеуді және жалпы кідірісті 100 мс-тан төмен деңгейде сақтауды қамтамасыз етті.

Алынған нәтижелердің практикалық маңыздылығы QUARES ұйымы қызметіне енгізілуімен расталады. Бұл интеллектуалды бейнеаналитика үдерістерін автоматтандыруға және күрделі пайдалану жағдайларында мониторинг жүйелерінің сенімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Осылайша, әзірленген математикалық модельдер мен алгоритмдердің жиынтығы компьютерлік көру саласындағы өзекті міндетті шешуге арналған толыққанды ғылыми-технологиялық шешім болып табылады.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы:

1. Терең оқытуға негізделген конволюциялық нейрондық желілер (CNN) мен Retinex алгоритмінің интеграциясы негізінде, үлкен деректер (Big Data) жағдайында жоғары көлемді, жоғары жылдамдықпен келіп түсетін бейне ақпараттарды өңдеу және бетті тануға арналған математикалық моделі құрылды. Аталған математикалық модель әртекті шу әсеріне ұшыраған бейне ақпараттарды өңдеу және бетті тану үшін пайдалануға болатындығы анықталды.

2. Бейне ағындардағы кескіндерді күрделі жарықтандыру, шу және масштаб өзгерістері жағдайында тану дәлдігін арттыру және кадрларды өңдеу уақытын оңтайландыру мақсатында конволюциялық нейрондық желілерге негізделген көпкөзденді моделі құрылды.

Зерттеудің теориялық маңыздылығы бейнеағындардағы кескіндерді танудың математикалық модельдерін және нейрондық желілер негізіндегі кескіндерді өңдеу әдістерін дамытумен анықталады.

Зерттеудің практикалық маңыздылығы ұсынылған алгоритмдерді бейнебақылау және интеллектуалды бейнеаналитика жүйелерінде қолдану арқылы нақты уақыт режиміндегі кескіндерді тану тиімділігін арттыру мүмкіндігімен сипатталады.

Зерттеу жұмысының нәтижелерін енгізу. Диссертациялық зерттеу нәтижелері күрделі жарықтандыру жағдайларында интеллектуалды бейнеаналитика жүйелеріндегі тұлғаларды сәйкестендіру дәлдігі мен жылдамдығын арттыру мақсатында QUARES компаниясы қызметінде практика жүзінде енгізілді.

Диссертациялық зерттеу нәтижелерінің апробациясы. Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері 2026 жылы Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті «Ақпараттық жүйелер» БББТ ғылыми семинарларында баяндалып, талқыланды.

Импакт-факторы нөлден жоғары, Scopus деректер базасына кіретін халықаралық басылымдарда – 2 мақала жарияланған. Автордың үлесі ғылыми гипотезаны тұжырымдаудан, деректерді жинау және алдын ала өңдеуден, зерттеудің эксперименттік бөлігін әзірлеу мен техникалық іске асырудан, алынған нәтижелерді интерпретациялаудан және жарияланымдарды дайындаудан тұрады:

1. Mutalova, Z.; Shaushenova, A.; Nurpeisova, A.; et.al. Development of a mathematical model for detecting moving objects in video streams in real-time. IEEE Access. 2024, 10, 136. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3487783>.

2. Nurpeisova, A., Shaushenova A., Kuznetsov O., Ispussinov A., Mutalova Z., Kassymova A. Deep Residual Learning for Face Anti-Spoofing: A Mathematical Framework for Optimized Skip Connections. Technologies, 2025, Volume 13, Issue 9, 413; <https://doi.org/10.3390/technologies13090413>.

Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдарда – 2 мақала жарияланған. Аталған жарияланымдарда автор зерттеу тұжырымдамасы мен деректерді талдау әдіснамасын әзірлеуге қатысып, деректерді жинауға, нәтижелерді интерпретациялауға және ғылыми мақалаларды жариялауға дайындауға атсалысқан:

1. Муталова Ж.С., Шаушенова А.Г., Исакова Г.О., Нурпейсова А.А., Онгарбаева М.Б., Абдыкаликова Г.А. Метод распознавания человека по изображению лица на основе перемещения точки по направляющим. Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан. Физико-математическая серия, ISSN 1991-346X Том 3. Номер 351 (2024). 118-137 <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1726.296>.

2. Муталова Ж. С., Шаушенова А.Г., Нурпейсова А.А., Айнагулова А. С., Онгарбаева М. Б. Нейрондық желілер негізінде окклюзиялы бет-әлпетті тану әдістерін салыстырмалы талдау. Университет еңбектері. – 2026. №1 (102) 374-380 https://doi.org/10.52209/1609-1825_2026_1_374.

РҒДИ ұлттық библиографиялық мәліметтер базасы құрамына кіретін журналдарда – 2 мақала жарияланған.

1. Муталова Ж. С., Шаушенова А. Г., Нурпейсова А. А., Онгарбаева М. Б. Исследование алгоритма распознавания лиц на основе YOLO // Актуальные вопросы современной экономики. — 2025. — № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://avse-journal.ru/Editions>.

2. Муталова Ж. С., Шаушенова А. Г., Нурпейсова А. А., Онгарбаева М. Б. Сверточная нейронная сеть, основанная на функции распознавания лиц // Актуальные вопросы современной экономики. — 2025. — № 6. [Электронный ресурс]. URL: <https://avse-journal.ru/Editions>.

Халықаралық конференцияларда - 1 мақала:

1. Муталова Ж. С., Шаушенова А. Г., Нурпейсова А. А. Алгоритм сверточной нейронной сети, основанный на улучшении функций глубокого обучения // Материалы Международной научно-практической конференции «Интеграция искусственного интеллекта в образовательный процесс в эпоху глобальной цифровизации: стратегии, инновации и вопросы кибербезопасности», посвященной 70-летию академика Национальной инженерной академии Республики Казахстан, доктора технических наук, профессора Ахметова Бакытжана Сражатдиновича. — Алматы, 5 апреля 2024 г. — С. 1148–1153.

Пайдалы модельге патент – 1:

1. Муталова Ж. С., Нурпейсова А. А., Шаушенова А. Г., Испусинов А. М., Жумалиева Л. Д. Система распознавания лиц на основе нейронной сети. Патент на полезную модель Республики Казахстан № 9870, 2024. [Электрондық ресурс]. URL: <https://gosreestr.kazpatent.kz/Utilitymodel/Details?docNumber=409046>.

Автордың жеке үлесі. Зерттеу бейнеағындардағы кескіндерді тану есебін қоюды, нейрондық желілерді қолдана отырып математикалық модельдер құру тұжырымдамасын әзірлеуді, сондай-ақ компьютерлік көру, терең оқыту және кескіндерді өңдеу салаларындағы ғылыми әдебиеттерді талдауды қамтиды. Автор тарапынан видеодеректерді өңдеудің интеллектуалды жүйесінің архитектурасы әзірленді, шу мен бұрмаланулардың әсерін азайтуға бағытталған кескіндерді өңдеудің математикалық модельдері ұсынылды, сондай-ақ Retinex алгоритмдері мен конволюциялық нейрондық желілерді біріктіретін көпкөзденді тәсіл негізделді. Сонымен қатар кескіндерді тану дәлдігін арттыруға бағытталған терең нейрондық желілер модельдері, беттерді тану сапасын жақсартуға

арналған математикалық әдістер және бейнекадрларды өңдеу тиімділігін арттыратын алгоритмдер әзірленді. Зерттеу аясында жүйенің бағдарламалық прототипі іске асырылды, деректерді дайындау және өңдеу жұмыстары жүргізілді, есептеу эксперименттері орындалып, алынған нәтижелерге талдау жасалды. Диссертациялық жұмыстың барлық негізгі нәтижелері автор тарапынан жеке орындалған.

Диссертациялық зерттеу тақырыбы бойынша жарияланымдар. Диссертациялық зерттеу тақырыбы бойынша барлығы 8 (сегіз) ғылыми еңбек жарияланған, оның ішінде: Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған журналдарда – 2 (екі) мақала; Scopus деректер базасына кіретін халықаралық ғылыми басылымдарда – 2 (екі) мақала; РҒДИ ұлттық библиографиялық мәліметтер базасы құрамына кіретін журналдарда – 2 (екі) мақала; халықаралық конференциялар материалдарында – 1 (бір) мақала; сондай-ақ пайдалы модельге 1 (бір) патент бар.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, бес бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Диссертациялық жұмыстың көлемі 148 бет, оның ішінде 56 сурет және 7 кесте бар.

Кіріспеде зерттеу тақырыбының өзектілігі негізделіп, нейрондық желілер негізінде бейне ағындардағы кескіндерді тану әдістерін әзірлеу және жетілдіру қажеттілігі қарастырылған. Бұл әдістер өзгермелі сыртқы факторлар мен шу деңгейі жағдайында бейнедеректерді өңдеудің дәлдігі мен тиімділігін арттыруға бағытталған.

Бірінші бөлімде бейне ағындардағы кескіндерді танудың негізгі әдістері, соның ішінде дәстүрлі тәсілдер мен терең оқыту әдістері қарастырылды. Дәстүрлі әдістердің есептеу тиімділігі жоғары болғанымен, күрделі деректер жағдайына бейімделу мүмкіндігі шектеулі екені анықталды. Нақты уақыт режиміндегі өңдеу міндеттерінде нейрондық желілер жоғары дәлдік пен тұрақтылық көрсететті. Сондай-ақ трансформерлік модельдердің әлеуеті жоғары екені, алайда олардың есептеу ресурстарына қоятын талаптары үлкен екені атап өтілді. Кескіндерді өңдеуге арналған нейрондық желілер архитектураларының негізгі түрлері мен олардың жұмыс принциптері талданды. Конволюциялық нейрондық желілердің (CNN) кескіндерді тану, классификациялау және объектілерді анықтау міндеттерінде ең тиімді модельдердің бірі екені анықталды.

Екінші бөлімде кескіндерді алдын ала өңдеуге және бетті тануға арналған конволюциялық нейрондық желілер мен Retinex алгоритмдері негізінде математикалық модель әзірленді. Ұсынылған модель аясында біркелкі емес жарықтандыруды түзету, контраст сипаттамаларын қалыпқа келтіру және шу бұрмалануларын басу арқылы кіріс деректерінің сапасын арттыру процестері формалданды. Retinex алгоритмін алдын ала өңдеу кезеңінде қолдану белгілер кеңістігінің ақпараттылығын арттырып, әсіресе жарықтандыру жағдайлары өзгермелі күрделі визуалды ортада тұлғаларды тану дәлдігін едәуір жоғарылататыны дәлелденді.

Бейне ағындардағы кескіндерді тану дәлдігін арттыруға және өңдеу

уақытын азайтуға бағытталған көпкезеңді модель әзірленді. Ұсынылған тәсіл алдын ала өңдеу, бет аймақтарын анықтау, белгілерді шығару және сәйкестендіру кезеңдерінен тұратын кешенді конвейерді қамтиды. Retinex алгоритмін Faster R-CNN, EfficientNetB0 және Self-Attention механизмдерімен біріктіру кескін сапасын және тану дәлдігін арттыруға мүмкіндік берді. Эмбеддингтер FaceNet моделі арқылы қалыптастырылды.

Үшінші бөлімде деректерді жіктеу дәлдігін арттыру және өңдеу тиімділігін жоғарылату мақсатында көпдеңгейлі конволюциялық нейрондық желі архитектурасы жасақталды. Ұсынылған Nexiface архитектурасында Retinex алдын ала өңдеу модулі, Faster RCNN детекторы, EfficientNetB0, Self-Attention белгілерді шығару модулі және FaceNet сәйкестендіру моделі біртұтас өңдеу конвейеріне біріктірілді. Retinex алгоритмі жарықтың біркелкі емес әсерін азайтып, кескін сапасын жақсарту арқылы нейрондық желінің тұрақтылығын арттырды. Faster RCNN екісатылы детекция архитектурасы арқылы бет аймақтарын жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік берді. EfficientNetB0 жеңіл архитектурасының арқасында есептеу шығындарын азайтып, өңдеу жылдамдығын сақтай отырып, тұлғаның маңызды белгілерін тиімді шығарды. Self-Attention механизмі көз, мұрын және бет контурлары сияқты маңызды аймақтарға фокус жасап, белгілер кеңістігінің ақпараттылығын күшейтті. Нәтижесінде NexiFace жоғары өнімді және тұрақты архитектурасы әзірленіп, оның тиімділігі практикалық іске асыру барысында дәлелденді.

Қорытындыда зерттеудің негізгі нәтижелері келтіріліп, қойылған мақсаттың орындалғаны және диссертациялық жұмыстың міндеттері шешілгені туралы тұжырымдар жасалған. Қосымшаларда пайдалы модельге патент және енгізу актісі берілген.

Диссертациялық жұмыс AP23486538 «Жасанды интеллект негізінде бейне ағындардағы образдарды тану жүйесін зерттеу және әзірлеу» аясында орындалған. Жоба Қазақстан Республикасының ғылыми-технологиялық дамуының басым бағыттарына сәйкес Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің гранттық қаржыландыруы негізінде жүзеге асырылған.