

АНДАТПА

8D06101 – «Ақпараттық жүйелер (салалар бойынша)» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған Исмухамедова Айгерім Мэлсатовнаның диссертациялық жұмысы

КЛИНИКАЛЫҚ ШЕШІМДЕРДІ ҚАБЫЛДАУДЫ ҚОЛДАУДЫҢ ЗИЯТКЕРЛІК ЖҮЙЕСІН АЛГОРИТМДІК ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Ақпараттық технологиялардың дамуымен медицина индустриясы деректердің үлкен көлемін цифрландырумен байланысты елеулі өзгерістерді бастан кешіруде. Бұл өзгерістер медициналық қызмет көрсету сапасын жақсарту үшін жаңа мүмкіндіктер ашады, сонымен бірге күрделі және алуан түрлі деректерді тиімді талдау және интерпретациялау қажеттілігіне байланысты қиындықтарды тудырады. Атап айтқанда, қолжетімді медициналық ақпарат көлемінің жылдам ұлғаюы осы міндеттерді сапалы жаңа деңгейде шеше алатын деректерді өңдеудің жаңа тәсілдері мен әдістерін әзірлеуді талап етеді.

Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасындағы медицина саласын цифрландыру жөніндегі кең ауқымды (Kazakhstan 2050, eHealth, Digital Kazakhstan, Электрондық денсаулық паспорты, Smart City тұжырымдамасын іске асыру) жобаларына сәйкес келеді және ұлттық денсаулық сақтау жүйесі шеңберінде жасанды интеллект негізінде клиникалық шешімдерді қабылдауды қолдау жүйесін енгізуге қатысты. Медицинадағы инновациялық технологияларды осылайша енгізу ертерек және дәлірек диагностика арқылы пациенттерге көрсетілетін көмектің сапасын жақсартып қана қоймайды, сонымен қатар медициналық деректерді сенімді және тиімді басқаруға кепілдік бере отырып, әкімшілік процестерді оңтайландыруға ықпал етеді.

Денсаулық сақтауды цифрлық трансформациялау медициналық көрсетілетін қызметтердің сапасын арттыру, оларға қолжетімділікті жақсарту, медициналық процестерді басқаруды оңтайландыру және денсаулық сақтау мекемелері жұмысының тиімділігін арттыру мақсатында денсаулық сақтау саласына заманауи цифрлық технологиялар мен инновацияларды енгізу процесі болып табылады. Бұл процесс диагностиканы, емдеуді, мониторингті, сондай-ақ деректер мен пациенттерді басқаруды жақсарту үшін жаңа технологияларды пайдалануды қамтиды. Денсаулық сақтауды цифрлық трансформациялаудың негізгі аспектілерінің бірі медициналық деректерді талдауда, мысалы, кескінді интерпретациялау, ауруларды диагностикалау, ауруларды болжау және емдеуді оңтайландыру үшін машиналық оқыту алгоритмдерін пайдалану болып табылады. Машиналық оқыту алгоритмдері үлкен көлемдегі деректерді өңдеуге көмектесе алады, бұл шешім қабылдау процесін жылдамдатады.

Созылмалы ишемиямен ауыратын науқастардың деректерін өңдеуде және басқа да медициналық салаларда жасанды интеллект пен машиналық

оқытуды қолдану ауруларды болжау, диагностикалау, терапия және басқа салалардағы нәтижелерді айтарлықтай жақсартады. Джулиан Муц ал Кэтрин Льюис қартаюдың жеделдеуіне байланысты психикалық ерекшеліктердің дәлелдерінен биологиялық жасты анықтау үшін машиналық оқыту әдістерін қолданды. Жасанды интеллект және машиналық оқыту Паркинсон ауруын емдеудің инновациялық тәсілдерін әзірлеуде және өлім-жітім деңгейі жоғары катерлі ісіктерді ерте диагностикалауда шешуші рөл атқарады.

Медицина саласына ақпараттық технологияларды енгізудің теориясы мен практикасы, әртүрлі ауруларды диагностикалау мен емдеуді түзетуге қатысты қазақстандық ғалымдардың еңбектерінде қарастырылған М.Т.Ипалакова, М.Е.Мансұрова, А.Қ.Мұқашева, Н.П.Сапарходжаев, Мұқашев А.Қ.а және басқалар.

Зерттеулер көрсеткендей, машиналық оқыту үлгілерінің көпшілігі созылмалы ауруды диагностикалауда 95%-дан астам дәлдікке қол жеткізеді және лимфоцитарлы лейкемия, сонымен қатар бұл ауруды басқа патологиялардан ажыратуда 100% дәлдікті қамтамасыз етеді. Тұқым қуалайтын аритмия жағдайындағы диагностикалық олқылықтарды жою үшін машиналық және тереңдетіп оқыту әдістері белсенді түрде қолданылуда. Сондай-ақ бұл технологиялар сүт безі обырын емдеудің оңтайлы алгоритмдерін таңдауда маңызды рөл атқарады.

Нәтижелерді жақсарту үшін зерттеушілер жиі келесі комбинацияларды пайдаланады 5-6 модельдер машиналық оқыту, оның ішінде тереңдетіп оқыту шеңберіндегі негізгі жіктеу әдістері. Үндістандық мамандар қант диабетін болжау және диагностикалау үшін NB, KNN, SVM және ID3 және C4.5 сияқты шешімдер ағашының алгоритмдерін қоса алғанда, машиналық оқытудың бірқатар классификаторларын қолданады. Пәкістандағы әріптестер қант диабетін болжау үшін SVM, KNN, логистикалық регрессия, шешім ағаштары, кездейсоқ орман және аңғал Байес сияқты алты белгілі машиналық оқыту алгоритмін қолдануды көрсетіп, 77% дәлдікке қол жеткізді.

Зерттеу аясында клиникалық шешім қабылдау процестерін зерттеу үшін диабетология саласы таңдалды. Халық арасында қант диабеті деп аталатын қант диабеті дүние жүзіндегі миллиондаған адамдарға әсер ететін денсаулық сақтау саласындағы маңызды жаһандық мәселе болып табылады. Бұл ауру әлемнің көптеген аймақтарында эпидемиялық деңгейге жетті, оның таралуы жалғасуда. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының халықаралық медициналық деректеріне сәйкес, жаһандық деңгейде шамамен 422 миллион адам аурудан зардап шегеді, бұл жалпы халықтың шамамен 6,028% құрайды. Қазақстан Республикасының контекстінде ДДҰ статистикасы көрсеткендей, халықтың 11,5% -ы қант диабетімен ауырады; олардың ішінде 11,7% -ы әйелдер, 11,3% -ы ер адамдар. Қазақстан Республикасының 2021 жылғы Ұлттық тізілімінде қант диабетінің 317 597 жағдайы тіркелген, оның ішінде 314 407 ересек адам, 14 жасқа дейінгі 2 379 бала және 15 пен 17 жас аралығындағы 811 жасөспірім.

Швед ғалымдары машиналық оқытудың қолданылуын зерттейді, 2 типті қант диабетімен күресудің профилактикалық бағдарламаларын және осы

аурудың дамуының негізгі қауіп факторларын анықтайды.

Диссертациялық жұмыстың өзектілігі сондай-ақ 03.08.2023 жылғы №321/23-25 шарты бойынша «Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру» бюджеттік бағдарламасы шеңберінде орындалатын АР19679525 «Электрондық денсаулық паспортына арналған клиникалық-гематологиялық синдромдарды диагностикалаудың бағдарламалық кешені» тақырыбы бойынша зерттеу аясында орындалғандығымен расталады. Сонымен қатар, диссертациялық зерттеу 2023-2025 жылдарға арналған "Жас ғалым" бағдарламасы бойынша орындалатын АР22683316 «Дәрігерлік шешімдер қабылдауды қолдау жүйелері үшін машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану» тақырыбы бойынша 02.06.2024 жылғы №128/ЖГ 5-24-26 шарты сәйкес жас ғалымдарды гранттық қаржыландырудың ҒЗЖ сәйкес келеді.

Осылайша, тақырыптың өзектілігі машиналық оқыту және жасанды интеллект медициналық шешімдерді қолдау жүйелеріндегі әдістемелер мен тәсілдерді әзірлеудегі негізгі технологияларына айналумен негізделеді. Мемлекеттік бағдарламалар осы озық технологияларды енгізу және сынау үшін платформа ретінде қызмет етеді және пациенттер туралы деректер базасы неғұрлым кең болса, талдаудың дәлдігі соғұрлым жоғары болады және ауруларды диагностикалау және болжау саласындағы жаңа бірегей бағдарламалық өнімдер мен шешімдерді енгізу жылдамырақ болады.

Зерттеу объектісі клиникалық шешімдерді қолдау жүйесі болып табылады.

Зерттеу пәні эндокринология және диабетологияда клиникалық шешімдерді қабылдауды қолдаудың зияткерлік жүйесінің алгоритмдік қамтамамалары болып табылады.

Жұмыс идеясы - дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының 2020-2025 жылдарға арналған электрондық денсаулық сақтау жөніндегі жаһандық стратегиясын іске асыруға үлес қосуға мүмкіндік беретін эндокринология мен диабетологиядағы клиникалық шешімдер қабылдау процестерін интеллектуалды қолдау міндеттері үшін машиналық оқыту және жасанды интеллект технологияларын қолдану.

Зерттеудің мақсаты- машиналық оқыту алгоритмдеріне негізделген клиникалық шешімдерді интеллектуалды қолдау алгоритмдерін құру.

Осы мақсатқа жету үшін келесілерді орындау қажет **зерттеулер** және шешу **негізгі міндеттер**:

- ақпараттық-клиникалық саладағы диагностикалық процестерді және клиникалық шешімдерді қабылдауды қолдау жүйелерінің ерекшеліктерін зерттеу;

- клиникалық шешімдерді қолдау жүйелері үшін машиналық оқыту технологиясын қолдану тиімділігі мен қолдану мәселелерін зерттеу;

- EDA әдістемесі негізінде клиникалық шешімдерді қабылдауды қолдау процесінің тұжырымдамалық моделін әзірлеу;

- андерсемплинг және параметрлерді автоматты оңтайландыру негізінде клиникалық шешімдерді қолдаудың гибридті алгоритмін әзірлеу;

- CNN моделіне негізделген клиникалық шешімдерді қолдау

тапсырмалары үшін Grid Search әдісін қолдану алгоритмін әзірлеу;

- клиникалық шешімдерді қолдау тапсырмалары үшін нейрондық желі архитектураларын ансамбльдеу алгоритмін әзірлеу;

- разработка информационной модели интеллектуальной системы поддержки принятия клинических решений;

- эндокринология және диабетологияның клиникалық деректерінде EDA әдісін енгізу;

- андерсэмплинг технологиясы негізінде эндокринологияның клиникалық шешімдерін қолдау алгоритмін эксперименттік зерттеу жүргізу;

- оңтайландырылған гиперпараметрі бар терең нейрондық желілер моделіне негізделген қант диабетін болжау алгоритмінің тиімділігін бағалау;

- клиникалық шешімдерді қолдау тапсырмалары үшін LTE және RN нейрондық желі архитектураларын ансамбльдеу алгоритмін іске асырудың дәлдігін бағалау.

терең модельге негізделген қант диабетін болжау алгоритмінің тиімділігін бағалау оңтайландырылған гиперпараметрлері бар нейрондық желілер;

- клиникалық шешімдерді қолдау жүйесінің архитектурасын әзірлеу.

Диссертациялық зерттеудің ғылыми жаңалығы ретінде эндокринология мен диабетологиядағы клиникалық шешімдерді қолдау процестерінің тиімділігін арттыру үшін андерсэмплинг және STM және RNN нейрондық желі архитектураларын ансамбльдеу технологияларын біріктіретін алгоритмдер кешені алғаш рет ұсынылды.

Қорғауға шығарылатын негізгі ғылыми ережелер:

- андерсэмплингке және параметрлерді автоматты түрде оңтайландыруға негізделген клиникалық шешімдерді қолдаудың *гибридті алгоритмі*;

- CNN моделіне негізделген клиникалық шешімдерді қолдау міндеттерін шешуде *Grid Search әдісін қолдану алгоритмі*;

- клиникалық шешімдерді қолдау тапсырмалары үшін нейрондық желі архитектураларын *ансамбльдеу алгоритмі*.

Диссертациялық зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы эндокринология мен диабетологиядағы технологиялық бизнес-процестерді сүйемелдеу кезінде басқару шешімдерін қабылдауды ақпараттық-аналитикалық қолдау мәселелерін шешу үшін андерсэмплинг және LSTM мен RNN нейрондық желілерінің архитектураларын ансамбльдеу технологиясын біріктіретін алгоритмдер кешенінің қолданымен негізделеді.

Диссертациялық жұмыстың ғылыми негізделген теориялық және эксперименттік нәтижелері «Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру» бюджеттік бағдарламасы шеңберінде орындалатын «Электрондық денсаулық паспортына арналған клиникалық-гематологиялық синдромдарды диагностикалаудың бағдарламалық кешені» тақырыбы бойынша ғылыми жобада пайдаланылды (жобаға қатысу туралы анықтама куәландырады).

Жұмыстың эксперименттік нәтижелері 2024-2026 жылдарға арналған

«жас ғалымдардың зерттеулерін гранттық қаржыландыруға арналған Жас ғалым» жобасы бойынша конкурс шеңберінде орындалатын «Дәрігерлік шешімдер қабылдауды қолдау жүйелері үшін машиналық оқыту алгоритмдерін қолдану» тақырыбы бойынша ғылыми жобада пайдаланылғанын атап өткен жөн.

Авторлық құқық объектілеріне құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы келесідей куәліктер алынды: 04.09.2024 күні берілген №49449 «Алгоритм поддержки клинических решений на основе технологии андерсэмплинга», 01.08.2019 күні берілген №4737 «Программный модуль диагностирования клинико-гематологических синдромов», 05.01.2024 күні берілген №41784 «БД дифференциального диагностирования клинико-гематологических синдромов на основе алгоритма морфологической классификации».

Диссертациялық жұмыста әзірленген үлкен деректерді басқару әдістері бойынша модульдер, соның ішінде оларды жинау, сақтау және өңдеу, ШҚҚЖ контекстіндегі медициналық деректермен жұмыс негізінде «ЮвентаМед» ЖШС өндірісінің базасында сәтті қолданылды.

Диссертациялық жұмыста әзірленген ІТ жобаларды басқару әдістері және деректерді пайдаланудың этикалық аспектілері ҚАЕУ-нің 7M04104 "ІТ Менеджмент" БББ-ның 2024-2025 оқу жылдарына арналған "Design and Implementation of Software System" және "Digital business modeling" пәндеріне енгізілді.

Диссертациялық зерттеудің нәтижелері Д. Серікбаева ат.ШҚТУ-нің «Математикалық және компьютерлік модельдеу» БББ-ның "Биологиялық процестерді модельдеу" және "Нейрондық желілердің негіздері" пәндеріне 2023-2024 оқу жылында оқу үдерісіне енгізілді (енгізу актісімен дәлелденді).

Зерттеу әдістері. Жұмыста машиналық және терең оқыту әдістері, статистикалық талдау әдістері, үлкен деректерді өңдеу әдістері, шешім қабылдау теориясы және жүйенің архитектурасын эксперименттік зерттеу және модельдеу әдістері қолданылады.

Диссертациялық зерттеудің нәтижелерін апробациялау. Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері ШҚМТУ "Ақпараттық жүйелер" кафедрасының ғылыми семинарларында және келесі халықаралық ғылыми-практикалық конференцияларда баяндалды; «ADVANCED SCIENCE» (Пенза, Ресей, 2017 ж.); «4th International Conference on Computer and Technology Applications» (Стамбул, Түркия, 2018 ж.); «4th International Conference on Engineering and MIS» (Ыстанбұл, Түркия, 2018 ж.); «Жастардың шығармашылығы-Қазақстанның инновациялық дамуы» IV ХҒПК (Өскемен, Қазақстан, 2018 г.); «Лучшая научная статья 2018» XVIII ХҒПК (Пенза, Ресей, 2018 ж.); «Computational and Information Technologies in Science, Engineering and Education: 9th International Conference, CITech 2018» (Өскемен, Қазақстан, 2018 ж.); «Application of Information and Communication Technologies-AICT 2018» (Алматы, Қазақстан, 2018 ж.); «5th International Conference on Engineering and MIS» (Астана, Қазақстан, 2019 ж.); «12th IEEE International Conference «Application of Information and Communication Technologies - AICT2019» (Баку, Әзірбайжан, 2019 ж.); «Жастардың шығармашылығы-

Қазақстанның инновациялық дамуы» VI XҒПК (Өскемен, Қазақстан, 2020 ж.); «2021 International Young Engineers Forum (YEF-ECE)» (2021 г.); «7th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)» (Анкара, Түркия, 2023 ж.).

Автордың жеке үлесі. Мәселені қою, барлық қарастырылған міндеттерді рәсімдеу, оларды шешудің әдістері мен алгоритмдерін іздеу, сондай-ақ диссертацияда келтірілген ғылыми және практикалық нәтижелер, оларды талдау, қорытынды қорытындыларды қалыптастыру диссертация авторының жеке өзі жүзеге асырады.

Диссертациялық зерттеу тақырыбы бойынша жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша жарияланды 28 ғылыми жұмыстар шығарылды, оның ішінде 8 жарияланым ғылым және жоғары білім беру ҚР ҒБМ саласындағы бақылау комитеті ұсынған ғылыми журналдарда; 12 - халықаралық конференциялар материалдарында; 3 - Scopus деректер базасында тіркелген журналды және 1 монография жарияланды.

Зерттеу шеңберінде жарияланған жарияланымдар Scopus және Web of Science жүйелерінде 49 рет дәйексөз ретінде көрсетілді.

Клиникалық шешім қабылдау жүйелерін интеллектуалды қолдау алгоритмдерін эксперименттік зерттеу нәтижелері «Integrating machine learning in electronic health passport based on WHO study and healthcare resources» мақалада сипатталған. Scopus пайыздық көрсеткіш бойынша CiteScore "Computer Science" бағыты бойынша 86-ға тең «Informatics in Medicine Unlocked» журналында жарияланды.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертация кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан, библиографиядан және қосымшалардан тұрады.

Бірінші бөлімде диагностиканың қолданыстағы тәсілдері зерттелді, клиникалық шешімдерді қолдау жүйелерін қолданудың негізгі проблемалары мен артықшылықтары анықталды.

Екінші бөлім клиникалық шешім қабылдауды қолдайтын алгоритмдер мен модельдерге назар аударды. Өзірленген тұжырымдамалық модель және андерсамплинг әдісі және нейрондық желілерге арналған Grid Search техникасы сияқты Алгоритмдер өздерінің практикалық маңыздылығын және қолданыстағы клиникалық жүйелерге интеграциялану мүмкіндігін көрсетті. Нейрондық желілердің әртүрлі архитектураларын ансамбльдеу диагностикалық болжамдардың дәлдігін жақсарту қабілетін көрсетті, бұл денсаулық сақтау сапасын жақсартудың кілті болып табылады. Үшінші бөлімде жүргізілген эксперименттік зерттеу клиникалық деректерде ұсынылған алгоритмдердің тиімділігін растады. LST және RNN модельдерінің дәлдігін бағалау бұл технологиялардың диагностикалық нәтижелерді және клиникалық шешімдерді қолдауды айтарлықтай жақсарту алатынын көрсетті.

Диссертациялық жұмыстың қорытындысында негізгі нәтижелер көрсетіліп, диссертациялық зерттеулер бойынша қорытындылар жасалды, осылайша зерттеудің ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығы расталды.