



АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
INFORMATION SYSTEMS

DOI 10.51885/1561-4212_2025_1_232
MFTAA 28.23.29

И.М. Увалиева¹, Ш.Т. Тезекпаева², Д.Р. Борозенец³, Ұ. Қалымбек⁴

D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan

¹E-mail: iuvalieva@ektu.kz*

²E-mail: shtezekpaeva@edu.ektu.kz

³E-mail: borozenets.david.sh4@yandex.kz

⁴E-mail: kalimbek.ulan@gmail.com

ДЕНСАУЛЫҚ ПАСПОРТЫ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ ЕСЕПТЕУ-АНАЛИТИКАЛЫҚ МОДУЛЬДЕРІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПАСПОРТА ЗДОРОВЬЯ

EXPERIMENTAL STUDY OF COMPUTATIONAL AND ANALYTICAL MODULES OF THE HEALTH PASSPORT SOFTWARE SYSTEM

Аңдатпа. Мақалада зертханалық зерттеулердің деректерін өңдеуді автоматтандыруға, клиникалық-гематологиялық синдромдарды диагностикалауға және дәстүрлі әдістерді де, жасанды интеллектті де қолдана отырып пациенттерді басқаруға арналған инновациялық шешім болып табылатын денсаулық паспортының бағдарламалық кешенінің есептеу-аналитикалық модульдері сипатталған. Жүйе клиникалық-гематологиялық синдромдарды тиімді диагностикалауға және диагностиканың дәлдігін жақсартуға мүмкіндік беретін медициналық ақпаратты жинауға, өңдеуге және талдауға арналған әртүрлі модульдерді қамтиды. Кешеннің негізгі компоненттеріне мәліметтер базасымен жұмыс істеуге, деректерді өңдеуге және математикалық өңдеуге арналған модульдер, сондай-ақ морфологиялық жіктеуге және машиналық оқытуды қолдануға арналған аналитикалық модульдер кіреді. Кешенді енгізу клиникалық-диагностикалық орталықтарда, зертханаларда және ауруханаларда медициналық қызметтердің сапасын едәуір жақсартуға ықпал етеді.

Түйін сөздер: денсаулық паспорты, клиникалық шешімдерді қолдау, медициналық деректерді талдау, медициналық диагностика, клиникалық-гематологиялық синдром, аналитикалық модуль, машиналық оқыту алгоритмі.

Аннотация. В статье описаны вычислительно-аналитические модули программного комплекса паспорта здоровья, который представляет собой инновационное решение для автоматизации обработки данных лабораторных исследований, диагностики клинко-гематологических синдромов и управления пациентами с применением как традиционных методик, так и искусственного интеллекта. Система включает различные модули для сбора, обработки и анализа медицинской информации, что позволяет эффективно диагностировать клинко-гематологические синдромы и улучшить точность диагностики. Основные компоненты комплекса включают модули для работы с базой данных, предобработки и математической обработки данных, а также аналитические модули для морфологической классификации и применения машинного обучения. Внедрение комплекса способствует значительному улучшению качества медицинских услуг в клинко-диагностических центрах, лабораториях и больницах.

Ключевые слова: паспорт здоровья, поддержка клинических решений, анализ медицинских

данных, медицинская диагностика, клинико-гематологический синдром, аналитический модуль, алгоритм машинного обучения.

Abstract. *The article describes the computational and analytical modules of the Health Passport software system, which is an innovative solution for automating data processing of laboratory tests, diagnosis of clinical and hematologic syndromes and patient management using both traditional techniques and artificial intelligence. The system includes various modules for collecting, processing and analyzing medical information, which allows to efficiently diagnose clinical and hematological syndromes and improve diagnostic accuracy. The main components of the complex include modules for working with the database, preprocessing and mathematical data processing, as well as analytical modules for morphological classification and application of machine learning. Implementation of the complex contributes to a significant improvement in the quality of medical services in clinical diagnostic centers, laboratories and hospitals.*

Keywords: *health passport, clinical decision support, medical data analysis, medical diagnosis, clinical hematologic syndrome, analytical module, machine learning algorithm.*

Kіpіcne. Денсаулық паспортының бағдарламалық кешені зертханалық зерттеулердің деректерін дәстүрлі әдістер мен жасанды интеллект көмегімен өңдеуге, пациенттің анемиясын диагностикалауға және деректерді жеке карточкаға сақтауға, емдеуші дәрігер тарапынан пациенттерді басқаруға арналған.

Денсаулық паспортының бағдарламалық кешені НТТР протоколы бойынша қойылатын талаптарға сәйкес Дерекқордың мазмұнын басқаруға арналған Web-интерфейсті ұсынады. Қолдану саласы: клиникалық-диагностикалық орталықтар мен зертханалар, ауруханалар, медициналық зертханалар, медициналық ақпараттық жүйелер бағыты бойынша мамандар даярлайтын жоғары оқу орындары.

Денсаулық паспортының бағдарламалық кешені тиімділікті, жылдамдықты және дәлдікті арттыруға, сондай-ақ дәстүрлі әдістерді жасанды интеллект құралдарымен біріктірудің арқасында клиникалық-гематологиялық синдромдарды (КГС) анықтауды автоматтандыруға мүмкіндік береді. Бұл зерттеу Қазақстан Республикасындағы денсаулық сақтауды цифрландыру жөніндегі ауқымды жобаның негізгі бағыттарына сәйкес келеді (Kazakhstan 2050 (Назарбаев, 2012), eHealth, Digital Kazakhstan, электрондық денсаулық паспорты (ЭДС) (Акулин и др., 2022). Зерттеу ұлттық денсаулық сақтау жүйесі аясында жасанды интеллектті қолдана отырып, клиникалық шешімдерді қолдау жүйесін әзірлеуге және енгізуге бағытталған.

Денсаулық паспортын енгізу экономиканы қалпына келтіру құралы ретінде қызмет етеді, Бизнесстің қауіпсіз ашылуына және адамдардың жұмыс орындарына оралуына көмектеседі, инфекцияның таралу қаупін азайтады (Ambalavanan et al., 2024). Яғни, денсаулық паспорты қазіргі пандемияға жауап ретінде де, болашақта осындай дағдарыстардың алдын алу үшін де қоғамдық денсаулықты қамтамасыз етудің маңызды элементіне айналады (Ismukhamedova, Uvaliyeva & Belginova, 2024).

(Мищенко и др., 2021) зерттеуінде оқу орындарына электрондық денсаулық паспортын енгізу процесі сипатталған. Бұл жүйені білім беру процесіне біріктірудің практикалық аспектілеріне, сондай-ақ оның студенттер мен оқу орындарының қызметкерлерінің денсаулығын бақылау үшін маңыздылығына назар аударылады.

(Soh, Rosdy & Sabriet, 2023) зерттеу авторлары дәрігерлерге, зерттеушілерге және пациенттерге пайдалы болуы мүмкін пациенттің стоматологиялық денсаулығы туралы ақпаратты жинақтау мен жүйелеудің маңыздылығына назар аударады. Бұл әсіресе жаһандану жағдайында пациенттер әртүрлі елдердегі мамандарға жүгінуге мәжбүр болған кезде өте маңызды. (Hennessy, Nash & Donohue, 2024) зерттеу ауыр психикалық ауытқулары бар науқастардың физикалық денсаулығына жеткіліксіз назар аудару мәселесін сипаттайды.

Қазақстанның тұрақты болашақ дамуын қамтамасыз етудің негізгі факторы ретінде

цифрландыруға, ғылымға және инновацияларға кешенді көзқарастың маңыздылығына (Айтбаева, Токатова & Маханбетова, 2023) мақалада баса назар аударылады. Автор Қазақстанның Орталық Азиядағы цифрлық технологиялар мен инновациялық шешімдер саласындағы көшбасшылардың бірі болуға әлеуеті бар екенін атап көрсетеді. Автор (Towett, Snead, Grigoryan & Marczika, 2023) халықаралық деңгейде COVID-19 пандемиясын басқару үшін цифрлық денсаулық паспорттарын енгізуге қатысты мәселелерді қарастырады.

Материалдар мен зерттеу әдістері. Бағдарламалық жасақтама кешенінің есептеу-аналитикалық модульдері келесі функцияларды орындауға мүмкіндік береді: пациенттің өзін-өзі диагностикалауға және өзінің медициналық картасын қарауға қол жеткізуін, оған емдеуші дәрігердің қол жеткізуін қамтамасыз ету; дәрігердің пайдаланушы сұранысы бойынша пациенттердің статистикасын біріктіру; диагностика үшін деректер жиынтығын орталықтандырылған жинау, қол жеткізу және басқару; деректерді өңдеу, тазарту және оңтайландыру; ауру көрсеткіштерін математикалық модельдеу; индикаторлар негізінде аурудың морфологиялық жіктелуі; графикалық интерфейстің көмегімен диагностикуаны нақтылау үшін машиналық оқыту ансамбльдерін құруы және қолдануы; графикалық интерфейсті қолдана отырып, диагностика кезінде жасырын заңдылықтарды табу үшін нейрондық желілердің архитектуралары мен гиперпараметрлерін құру.

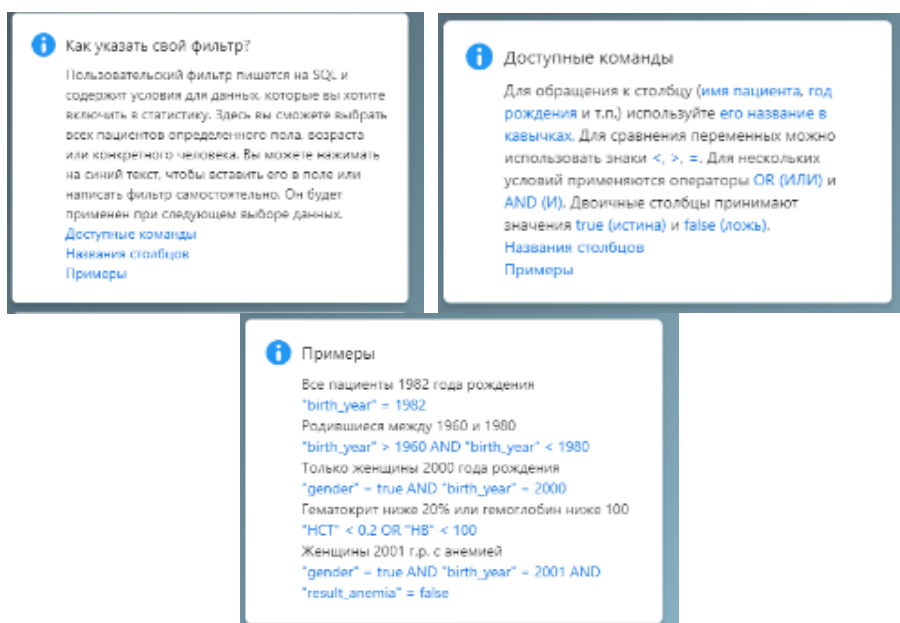
а) Медициналық деректерге қол жетімділікті эксперименттік зерттеу. Пациенттің өзін-өзі диагностикалауға және өзінің медициналық картасын қарауға қол жеткізуі, оған емдеуші дәрігердің қол жеткізуі. Бұл модульдің функционалдығы мыналарды қамтиды: пациенттің өзі немесе зертханашы зертханалық диагностиканың бастапқы деректерін енгізуге арналған интерфейс; пациенттің диагностикасының нәтижелері мен тарихын қарау; дәрігердің пациенттің картасын іздеуі және демографиялық мәліметтермен қатар диагностика тарихын қарау; диагноздарды дерекқорға сақтау және жою мүмкіндігі.

1-суретте демографиялық және медициналық деректері бар пациенттің картасы көрсетілген. Жоғарғы бөлігінде науқастың деректері көрсетілген: аты, тегі, жынысы (әйел), және туған жылы. Содан кейін бірнеше диагноз қойылған карталар көрсетіледі. Әрбір картада қан көрсеткіштері (гемоглобин, гематокрит, эритроциттер, В12, және т.б.), қан индекстері (МСН, МСНС, МСV), сондай-ақ талдау нәтижелері бар, мысалы: «анемия жоқ» немесе «Микроциттік тип».

История диагнозов			
Диагнозы пациента Adilova Madina			
Название: Madina		Фамилия: Adilova	
Пол: Женский		Год рождения: 1978	
<p>Диагноз от 16.10.2023, 23:00:00</p> <p>Показатели: Гемоглобин: 130.00 г/л Гематокрит: 42.37 % Эритроциты: 7.07*10¹²/л Ферритин: 64.00 мкг/л В12: 190.00 нг/л</p> <p>Индекс крови: МСН: 18.30 пг МСНС: 29.60 % МСV: 87.80 фл</p> <p>Результат: Нет анемии</p> <p>Убрать диагноз</p>	<p>Диагноз от 16.10.2023, 23:00:00</p> <p>Показатели: Гемоглобин: 133.00 г/л Гематокрит: 36.70 % Эритроциты: 7.54*10¹²/л Ферритин: 23.00 мкг/л В12: 92.00 нг/л</p> <p>Индекс крови: МСН: 17.60 пг МСНС: 32.40 % МСV: 103.50 фл</p> <p>Результат: Нет анемии</p> <p>Убрать диагноз</p>	<p>Диагноз от 16.10.2023, 23:00:00</p> <p>Показатели: Гемоглобин: 108.00 г/л Гематокрит: 31.37 % Эритроциты: 6.43*10¹²/л Ферритин: 53.00 мкг/л В12: 192.00 нг/л</p> <p>Индекс крови: МСН: 16.80 пг МСНС: 30.60 % МСV: 79.60 фл</p> <p>Результат: Анемия Микроцитарный тип Нормоцитарный тип Характер не определен Анемия по морфологическим показателям</p> <p>Убрать диагноз</p>	<p>Диагноз от 16.10.2023, 23:00:00</p> <p>Показатели: Гемоглобин: 104.00 г/л Гематокрит: 47.02 % Эритроциты: 5.69*10¹²/л Ферритин: 32.00 мкг/л В12: 378.00 нг/л</p> <p>Индекс крови: МСН: 24.50 пг МСНС: 30.70 % МСV: 93.10 фл</p> <p>Результат: Нет анемии</p> <p>Убрать диагноз</p>

1-сурет. Демографиялық және медициналық деректері бар пациенттің карточкасы
Ескерту – автормен құрастырылған

б) Дәрігердің пайдаланушының өтініші бойынша пациенттердің статистикасын біріктіру функциясын эксперименттік зерттеу. Денсаулық паспортының бағдарламалық кешенінің тиісті модулі келесі функцияларды қамтамасыз етеді: графикалық интерфейс арқылы диагностикалық мәліметтер базасына қол жеткізуді қамтамасыз ету; диаграмма құру үшін деректерді таңдау (демография және анемияның жіктелуі); сұранысты нақтылау үшін пайдаланушы сүзгісін жасау; шығыс диаграммасын сақтау/жүктеу мүмкіндігі; статистиканы басқару бойынша интерактивті анықтама беру (2-сурет).



2-сурет. Статистиканы басқару бойынша кіріктірілген интерактивті анықтама
 Ескерту – автормен құрастырылған

с) DataAcquisition модулін эксперименттік зерттеу. Dataacquisition модулі жасанды интеллект үшін деректер жиынтығын орталықтандырылған жинауды, қол жеткізуді және басқаруды қамтамасыз етеді. Бұл модуль дәрігердің пайдаланушылық сұранысы бойынша пациенттердің статистикасын біріктіреді. Транзакциялар тізімі бар dataacquisition Модулінің терезесі 3-суретте көрсетілген.

4-сурет. Есептелген индекстердің мысалы (тәуекел пайыздық шкала түрінде көрсетілген)*Ескерту – автормен құрастырылған*

Диагностикалық іздеудің басында «эритроцитарлық перифериялық буынының бұл жағдайы анемиялық синдромға сәйкес келе ме және патологияның ауырлығы» деген сұраққа жауап беріледі. Бұл бағалау алты диагностикалық белгі бойынша жүргізіледі: гемоглобин деңгейі (HGB), эритроциттер саны (RBC), гематокрит (HCT), эритроциттердегі гемоглобиннің орташа мөлшері (MCH), эритроциттердің орташа көлемі (MCV) және эритроциттердегі гемоглобиннің орташа концентрациясы (MCHC).

Аталған көрсеткіштердің әрқайсысы үшін қалыпты мәндер диапазоны негізінде патологияға жату индикаторлары (пайызбен) есептеледі. Әрі қарай, осы алты индекс (mHb, mhv, mRBC, mMCH, mMCHC, mMCV) анемияға жату индикаторын есептеу үшін қолданылады (M) (1) (Умурзакова & Раимова, 2023):

$$\sum M = m_{HGB} * 0,5 + m_{HCT} * 0,1 + m_{MCHC} * 0,1 + m_{MCH} * 0,1 + m_{MCV} * 0,1 + m_{RBC} * 0,1 \quad (1)$$

Содан кейін, анемия түрі үшін микро және макро – MCH, MCV индикаторлары (нормо-MCH, MCV индикаторлары mMCH, mMCV сәйкес келеді) және олардың негізінде Mmcro, Mmcr0, Mmtr0 типтеріне жататындар есептеледі (2):

$$M_{тип} = m_{тип-MCH} * 0,5 + m_{тип-MCV} * 0,5 \quad (2)$$

f) Morphological Classification модулін эксперименттік зерттеу. Morphological Classification модулі бұрын жүктелген деректер мен есептелген тәуекел көрсеткіштері негізінде ауруды морфологиялық жіктеуге арналған.

M индикаторы анемиялық синдромға жату дәрежесі болып табылады және 0-ден 100 %-ға дейінгі мәндерді қабылдай отырып, Hb, HCT, RBC және қан индекстерінің патологиялық көрсеткіштері негізінде есептеледі. 20 %-дан жоғары M мәндерінде анемияға күдік анықталады, ал 50 %-дан жоғары – анемия, 20 %-дан төмен-норма.

Анемиялық синдром болған кезде индикаторларға негізделген анемия түрі анықталады: макроциттік анемия үшін Mмакро, нормоцитарлық анемия үшін Mрмо, микроциттік үшін Mмикро. Әрбір индикаторда 50 % шегі бар, оның үстінде тиісті типке жататындығы анықталады. Анемия бірнеше индикаторлар 50 %-дан жоғары болған кезде аралас болуы мүмкін. Анемияның сипаты мәндері 50 %-дан жоғары болған кезде тиісті индикаторлар негізінде белгіленеді. Мысалы, темір тапшылығы анемиясының болуын анықтаған кезде нәтиже келесідей болуы мүмкін: M = 0,8; m микро = 0,8, Mмакро = 0,0, Mрмо = 0,2; MЖДА = 0,7.

g) Ensembling модулін эксперименттік зерттеу. Ensembling модулі графикалық интерфейс арқылы диагностиканы нақтылау үшін машиналық оқыту ансамбльдерін құруға және қолдануға арналған. Ансамбльдеу – нәтижелердің дәлдігін жақсарту үшін әртүрлі комбинацияларда бірнеше модельдерді пайдалануға мүмкіндік беретін машиналық оқыту әдісі (Zhang, Liu & Shen, 2022). Бұл зерттеуде қолданылатын ансамбль түрлері – бустинг, бэггинг, дауыс беру және стекинг (Mienye & Sun, 2022)

Ensembling модулі келесі мүмкіндіктермен интуитивті пайдаланушы интерфейсі арқылы модельдерді құрастыруды жүзеге асырады: ансамбль түрін және архитектураның ілеспе параметрлерін таңдау; болжау үшін кіріс және шығыс айнымалысын таңдау; модельдің дұрыс құрылысын тексеру және оны жазбаны қосу мүмкіндігімен пайдаланушы атымен сақтау; өлшемдер мен қол жетімді деректерді автоматты түрде анықтай отырып, оқыту және болжау үшін деректер жиынтығын қосу; таңдалған тапсырма үшін ықтимал комбинацияларды көрсете отырып, оқыту немесе болжау үшін кез келген қолжетімді «үлгі-деректер жиыны» комбинациясын пайдалану; модельдер мен күндерді басқару: өзгерту, қарау және жою.

Ансамбль құруға арналған интерфейс 5-суретте көрсетілген.

5-сурет. Ансамбльдерді жобалауға арналған терезе

Ескерту – автормен құрастырылған

g) Neural модулі эксперименттік зерттеу. Neural модулі графикалық интерфейсті қолдана отырып, диагностика кезінде жасырын заңдылықтарды табу үшін нейрондық желілердің архитектурасы мен гиперпараметрлерін құруға арналған. Neural модулі келесі мүмкіндіктерді ұсынады: кіріс және шығыс деректерін көрсете отырып, графикалық конструктор түрінде нейрондық желі архитектурасын белгілеу; модельдің гиперпараметрлерін теңшеу: оңтайландырғыш, шығын функциясы, дәуір саны, партия мөлшері және тексеру пайызы; өлшемдер мен кол жетімді деректерді автоматты түрде анықтай отырып, оқыту және болжау үшін деректер жиынтығын (деректер жиынтығын) қосу; таңдалған тапсырма үшін ықтимал комбинацияларды көрсете отырып, оқыту немесе болжау үшін кез келген қолжетімді «үлгі-деректер жиыны» комбинациясын пайдалану; модельдер мен күндерді басқару: өзгерту, қарау және жою; сервер қосымшасынан журналдарды тікелей шығаратын кіріктірілген консоль.

Neural Модулінің модельдерінің мысалы 6-суретте келтірілген.



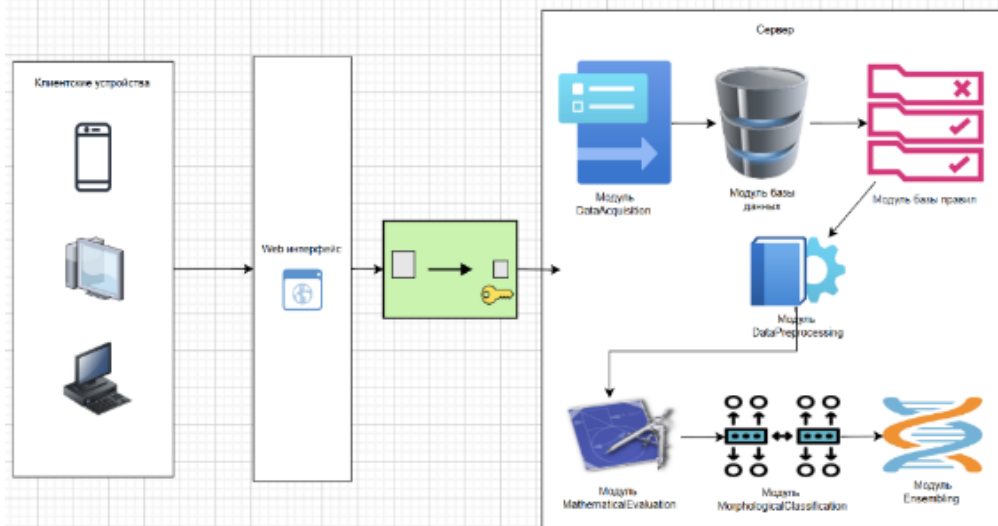
6-сурет. Модельдердің мысалы (сол жақта) және датасеттер (оң жақта)

Ескерту – автормен құрастырылған

Neural модулін гиперпараметрлерді автоматты түрде таңдау мүмкіндіктерімен толықтыруға болады (мысалы, hyperopt немесе Optuna арқылы), бұл пайдаланушының араласуынсыз оңтайлы параметрлерді табуға мүмкіндік береді.

Нәтижелер және оларды талқылау. Денсаулық паспортына арналған клиникалық-гематологиялық синдромдарды диагностикалаудың бағдарламалық-аппараттық кешенінің архитектуралық моделі жүйенің әртүрлі компоненттерінің құрылымы мен өзара әрекеттесуін сипаттайды. Ол медициналық деректерді жинау, өңдеу және талдау үшін бірлесіп жұмыс істейтін бағдарламалық және аппараттық компоненттерді қамтиды. 7-суретте архитектуралық модельдің жалпы схемасы көрсетілген.

Денсаулық папортының деректерін жіктеу міндеттері үшін алгоритмдердің тиімділігі машиналық оқытудың негізгі әдістерімен бағаланды: сызықтық / радиалды SVM (Altın, Budak & Özcan, 2023); логистикалық регрессия (Das, 2024); жақын көршілер әдісі (K-Nearest Neighbors, KNN) (Wang, Chukova & Nguyen, 2023); шешім ағашы (Srivastava et al., 2023); Naive Bayes (Peretz, Koren & Koren, 2024); кездейсоқ орман (Sun et al., 2024).



7-сурет. Денсаулық паспортының бағдарламалық-аппараттық кешенінің архитектуралық моделі

Ескерту – автормен құрастырылған

Талдау үшін денсаулық паспортының деректер жиынтығынан көрсеткіштер мен қан индекстері сияқты туынды бағандар алынып тасталды. Осылайша, модельді оқыту үшін қан анализінің негізгі деректері мен анемияны жіктеу нәтижелері ғана қалады. Деректерді сүзіп, жоғарыда аталған негізгі мәндерді таңдағаннан кейін айнымалылар арасындағы байланысты бақылау үшін корреляциялық матрица құрған жөн. Екі матрица құрылады: біреуі барлық айнымалыларды корреляциялау үшін, екіншісі мақсатты және бастапқы айнымалылар арасындағы корреляция үшін қажет (Chen et al., 2021).

Күтілгендей, бұл деректер жиынтығы қанның негізгі параметрлері арасындағы ұқсас тәуелділіктерді көрсетеді (Sharifani & Amini, 2023). Барлық негізгі ML алгоритмдері үшін K-fold валидациясымен оқыту және тестілеу жүргізілді (Dutschmann, Kinzel, Ter & Baumann, 2023), бұл 1-кестеде келтірілген келесі нәтижелерді берді.

1-кесте. Модель бойынша дәлдік нәтижелері

	Result	Microcyt	Macrocyt	Normal	Mmahz	Mmzhda
Linear Svm	0.8014	0.9586	0.9764	0.9528	0.9823	0.9470
Radial Svm	0.8135	0.8820	0.9467	0.9143	0.9852	0.9617
Logistic Regression	0.7954	0.9499	0.9645	0.9350	0.9823	0.9499
KNN	0.7955	0.8820	0.9467	0.9143	0.9852	0.9617
Decision Tree	0.8902	0.8789	0.9438	0.9379	0.9853	0.9291
<i>Ескерту – автормен құрастырылған</i>						

Дәлдік төмендеді деп болжануда, өйткені жаңа деректер жиынтығы шынайырақ, жолдар бойынша қысқа және оқу жиынтығынан туынды индекстерді алып тастауға байланысты болуы мүмкін. 2-кестеден көріп отырғаныңыздай, кездейсоқ орман ең жақсы нәтиже көрсетті (орташа дәлдік 93,9 %), одан кейін LinearSVM, Logistic Regression және Decision Tree (сәйкесінше 93,6 %, 92,9 % және 92,6 %). Жоғарыда айтылғандай, RF қазірдің өзінде ансамбль әдісі болып табылады, сондықтан оның орнына келесі ең жақсы модельдер қолданылады.

2-кесте. Модель бойынша дәлдік нәтижелері

Модель және бағалаушы саны	Дәлдігі
Boosting: LGBM	<u>0.9468</u>
Bagging: E15-DTree	0.9443
Voting: soft, DT + LSVM + LR	0.9453
Stacking: DT + LSVM + LR, final – LSVM	0.8834
Random Forest – highest basic model acc.	0.9399
Decision Trees – highest non-ensembling acc.	0.9261
<i>Ескерту – автормен құрастырылған</i>	

Ансамбль әдістерінің көпшілігі немесе олардың кем дегенде бір конфигурациясы ансамбльсіз негізгі модельдердің кез келгеніне қарағанда жоғары дәлдікті көрсетті, бұл ансамбль әдістері клиникалық және гематологиялық синдромдарды дифференциалды диагностикалау үшін жақсырақ нәтиже бере алатынын дәлелдеді, деректер жиынының нақты қасиеттеріне негізделген алгоритмді қосымша теңшеу/таңдау.

Қорытынды. Мақалада зертханалық зерттеулердің деректерін өңдеуді автоматтандыруға, клиникалық-гематологиялық синдромдарды диагностикалауға және дәстүрлі әдістерді де, жасанды интеллектті де қолдана отырып пациенттерді басқаруға арналған инновациялық шешім болып табылатын денсаулық паспортының бағдарламалық кешенінің есептеу-аналитикалық модульдері сипатталған. Жүйе клиникалық-гематологиялық синдромдарды тиімді диагностикалауға және диагностиканың дәлдігін жақсартуға мүмкіндік беретін медициналық ақпаратты жинауға, өңдеуге және талдауға арналған әртүрлі модульдерді қамтиды. Кешеннің негізгі компоненттеріне мәліметтер базасымен жұмыс істеуге, деректерді өңдеуге және математикалық өңдеуге арналған модульдер, сондай-ақ морфологиялық жіктеуге және машиналық оқытуды қолдануға арналған аналитикалық модульдер кіреді. Кешенді енгізу клиникалық-диагностикалық орталықтарда, зертханаларда және ауруханаларда медициналық қызметтердің сапасын едәуір жақсартуға ықпал етеді.

Мүдделер қақтығысы. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Алғыс. Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады (ЖТН АР19679525 «Электрондық

денсаулық паспортына арналған клиникалық-гематологиялық синдромдарды диагностикалаудың бағдарламалық кешені»).

Ғылыми мақаланы жазу процесінде генеративті ЖИ және оның көмегімен технологияны қолдану туралы хабарлама. Бұл мақаланы жазу процесінде авторлар генеративті жасанды интеллект технологиясын немесе оны қолдайтын құралдар қолданбады.

Әдебиеттер тізімі

- Назарбаев, Н. (2018). «Стратегия Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства: послание Президента Республики Казахстан-Лидера нации Нурсултана Назарбаева народу Казахстана от 14 декабря 2012 года.
- Акулин, И.М., Чеснокова, Е.А., Пресняков, Р.А., Прядко, А.Е., & Гурьянова, Н.Е. (2022). Электронная медицинская карта: опыт правового регулирования стран ЕАЭС. Врач и информационные технологии, (1), 72-83.
- Ambalavanan, R., Snead, R. S., Marczika, J., & Malioukis, A. (2024). Epidemiological contemplation for a currently pragmatic COVID-19 health passport: a perspective. *Frontiers in Public Health*, 12, 1347623.
- Ismukhamedova, A., Uvaliyeva, I., & Belginova, S. (2024). Integrating machine learning in electronic health passport based on WHO study and healthcare resources. *Informatics in Medicine Unlocked*, 44, 101428.
- Мищенко, И.А., Волынская, Е.В., Давыдова, С.С., Коробова, С.А., & Панов, С.Ф. (2021). Практика внедрения электронного паспорта здоровья в образовательных учреждениях. Перспективы науки и образования, (6 (54)), 536-554.
- Soh, T. Y. T., Rosdy, M. N. M., & Sabri, B. A. M. (2023). Exploring the need for an oral health passport. *International Dental Journal*, 73, S13-S14.
- Hennessy, S., Nash, M., & Donohue, G. (2024). Enhancing physical health monitoring in people with severe mental illness: the development of a health passport. *Mental Health Practice*, 27(4).
- Айтбаева, Г., Токатова, Ж., & Маханбетова, М. (2023). Перспективы цифровизации экономики Казахстана. *Scientific Collection «InterConf»*, (145), 131-134.
- Towett, G., Snead, R. S., Grigoryan, K., & Marczika, J. (2023). Geographical and practical challenges in the implementation of digital health passports for cross-border COVID-19 pandemic management: a narrative review and framework for solutions. *Globalization and Health*, 19(1), 98.
- Умурзакова, Р. З., & Раимова, Д. А. (2023). Современные методы диагностики и лечения постгеморрагических анемии. *Экономика и социум*, (5-2 (108)), 1147-1152.
- Zhang, Y., Liu, J., & Shen, W. (2022). A review of ensemble learning algorithms used in remote sensing applications. *Applied Sciences*, 12(17), 8654.
- Mienye, I. D., & Sun, Y. (2022). A survey of ensemble learning: Concepts, algorithms, applications, and prospects. *IEEE Access*, 10, 99129-99149.
- Altin, F. G., Budak, İ., & Özcan, F. (2023). Predicting the amount of medical waste using kernel-based SVM and deep learning methods for a private hospital in Turkey. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 33, 101060.
- Das, A. (2024). Logistic regression. In *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research* (pp. 3985-3986). Cham: Springer International Publishing.
- Wang, A. X., Chukova, S. S., & Nguyen, B. P. (2023). Ensemble k-nearest neighbors based on centroid displacement. *Information Sciences*, 629, 313-323.
- Srivastava, A., Samanta, S., Mishra, S., Alkhayyat, A., Gupta, D., & Sharma, V. (2023). Medi-Assist: A Decision Tree based Chronic Diseases Detection Model. In *2023 4th International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)* (pp. 1-7). IEEE.
- Peretz, O., Koren, M., & Koren, O. (2024). Naive Bayes classifier—An ensemble procedure for recall and precision enrichment. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 136, 108972.
- Sun, Z., Wang, G., Li, P., Wang, H., Zhang, M., & Liang, X. (2024). An improved random forest based on the classification accuracy and correlation measurement of decision trees. *Expert Systems with Applications*, 237, 121549.
- Chen, L., Li, S., Bai, Q., Yang, J., Jiang, S., & Miao, Y. (2021). Review of image classification algorithms based on convolutional neural networks. *Remote Sensing*, 13(22), 4712.
- Sharifani, K., & Amini, M. (2023). Machine learning and deep learning: A review of methods and applications. *World Information Technology and Engineering Journal*, 10(07), 3897-3904.
- Dutschmann, T. M., Kinzel, L., Ter Laak, A., & Baumann, K. (2023). Large-scale evaluation of k-fold cross-validation ensembles for uncertainty estimation. *Journal of Cheminformatics*, 15(1), 49.

Information about authors

Uvaliyeva Indira – Doctor PhD, the School of Digital Technology and artificial intelligence, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, E-mail: iuvalieva@ektu.kz

Tezekpaeva Shynar – PhD student, the School of Digital Technology and artificial intelligence, D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan, E-mail: shtezekpaeva@edu.ektu.kz

Borozenets David – 4rd year student of the EP «Mathematical and Computer Modeling», D. Serikbayev Oskemen, East Kazakhstan technical university, Oskemen, Kazakhstan, E-mail: borozenets.david.sh4@yandex.kz

Kalymbek Ulan – 1 year student of the EP «Computer science and software», D. Serikbayev Oskemen, East Kazakhstan technical university, Oskemen, Kazakhstan, E-mail: kalimbek.ulan@gmail.com
