

ISSN 2518-1726 (Online),  
ISSN 1991-346X (Print)



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ФЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

# ХАБАРЛАРЫ

## ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН»

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF  
SCIENCES OF THE REPUBLIC OF  
KAZAKHSTAN

SERIES OF PHYSICS AND MATHEMATICS

2 (354)

APRIL – JUNE 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963  
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

## CHIEF EDITOR:

**MUTANOV Galimkair Mutanovich**, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, acting General Director of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

## EDITORIAL BOARD:

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of the CS MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

**Mamyrbayev Orken Zhumazhanovich**, (Academic Secretary), PhD in Information Systems, Deputy Director for Science of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

**BAIGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabaevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

**WOICIK Waldemar**, Doctor of Technical Sciences (Phys.-Math.), Professor of the Lublin University of Technology (Lublin, Poland), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

**SMOLARJ Andrej**, Associate Professor Faculty of Electronics, Lublin polytechnic university (Lublin, Poland), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

**KEILAN Alimkhan**, Doctor of Technical Sciences, Professor (Doctor of science (Japan)), chief researcher of Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

**KHAIROVA Nina**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the Institute of Information and Computational Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

**OTMAN Mohamed**, PhD, Professor of Computer Science Department of Communication Technology and Networks, Putra University Malaysia (Selangor, Malaysia), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

**NYSANBAYEVA Saule Yerkebulanovna**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher of the Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

**BIYASHEV Rustam Gakashevich**, doctor of technical sciences, professor, Deputy Director of the Institute for Informatics and Management Problems, Head of the Information Security Laboratory (Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

**KAPALOVA Nursulu Aldazharovna**, Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory cybersecurity, Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

**KOVALYOV Alexander Mikhailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

**MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

**TIGHINEANU Ion Mihailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

---

## News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

### Series of Physics and Mathematics

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

Certificate No. KZ20VPY00113741 on the re-registration of the periodical printed and online publication of the information agency, issued on 28.02.2025 by the Republican State Institution «Information Committee» of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan

Subject area: *information and communication technologies*.

Currently: *included in the list of journals recommended by the CCSES MSHE RK in the direction of «Information and communication technologies».*

Periodicity: *4 times a year.*

Editorial address: 28, Shevchenko str. of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

**БАС РЕДАКТОР:**

**МУТАНОВ** **Ғалымқайыр Мұтанұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, КР ФЖБМ ФК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

**РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:**

**ҚАЛИМОЛДАЕВ** **Максат Нұрәділұлы**, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, КР ФЖБМ ФК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана менгерушісі (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

**МАМЫРБАЕВ** **Әркен Жұмажанұлы** (ғалым хатшы), Ақпараттық жүйелер саласындағы техника ғылымдарының (PhD) докторы, КР ФЖБМ ФК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

**БАЙГУНЧЕКОВ** **Жұмаділ Жақабайұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Колданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, Сәтбаев университеті (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

**ВОЙЧИК** **Вальдемар**, техника ғылымдарының докторы (физ-мат), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

**СМОЛАРЖ** **Андрей**, Люблин политехникалық университетінің электроника факультетінің доценті (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

**КЕЙЛАН** **Әлімхан**, техника ғылымдарының докторы, профессор (ғылым докторы (Жапония)), КР ФЖБМ ФК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» бас ғылыми қызметкері (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

**ХАЙРОВА** **Нина**, техника ғылымдарының докторы, профессор, КР ФЖБМ ФК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» бас ғылыми қызметкері (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

**ОТМАН** **Мохаммед**, PhD, Информатика, Коммуникациялық технологиялар және желілер кафедрасының профессоры, Путра университеті Малайзия (Селангор, Малайзия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

**НЫСАНБАЕВА** **Сауле Еркебұланқызы**, техника ғылымдарының докторы, доцент, КР ФЖБМ ФК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» аға ғылыми қызметкері (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

**БИЯШЕВ** **Рустам Гакашевич**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Информатика және басқару мәселелері институты директорының орынбасары, Ақпараттық қауіпсіздік зертханасының мәнгерушісі (Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

**КАПАЛОВА** **Нұрсұлу Алдаражарқызы**, техника ғылымдарының кандидаты, КР ФЖБМ ФК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты», Киберқауіпсіздік зертханасының мәнгерушісі (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>

**КОВАЛЕВ** **Александр Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина Үлттых Ғылым академиясының академигі, Колданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

**МИХАЛЕВИЧ** **Александр Александрович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь Үлттых Ғылым академиясының академигі (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

**ТИГИНЯУ** **Ион Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

**«КР ҰҒА Хабарлары. Физика-математика сериясы».**

**ISSN 2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Үлттых ғылым академиясы» РКБ (Алматы).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасоз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке кою туралы КР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **28.02.2025** ж. берген №**KZ20VPY00113741** Куәлік.

Такырыптық бағыты: *ақпараттық-коммуникациялық технологиялар*

Қазіргіткінде: *«ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» бағытының бойынша КР БФМ БГСБК үсынсан журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: жылдан 4 рет.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© «Қазақстан Республикасының Үлттых ғылым академиясы» РКБ, 2025

## **ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

**МУТАНОВ Галимкаир Мутанович**, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

## **Редакционная коллегия:**

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

**МАМЫРБАЕВ Оркен Жумажанович**, (ученый секретарь), доктор философии (PhD) по специальности «Информационные системы», заместитель директора по науке РГП «Институт информационных и вычислительных технологий» Комитета науки МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55967630400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1774027>

**БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич**, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, Университет Сатпаева (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506823633>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1923423>

**ВОЙЧИК Вальдемар**, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблины, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

**СМОЛАРЖ Анджей**, доцент факультета электроники Люблинского политехнического университета (Люблины, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56249263000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1268523>

**КЕЙЛАН Алимхан**, доктор технических наук, профессор (Doctor of science (Japan)), главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

**ХАЙРОВА Нина**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

**ОТМАН Мохамед**, доктор философии, профессор компьютерных наук, Департамент коммуникационных технологий и сетей, Университет Путра Малайзия (Селангор, Малайзия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56036884700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/747649>

**НЫСАНБАЕВА Саule Еркебулановна**, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

**БИЯШЕВ Рустам Гакашевич**, доктор технических наук, профессор, заместитель директора Института проблем информатики и управления, заведующий лабораторией информационной безопасности (Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

**КАПАЛОВА Нурсулы Алдажаровна**, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кибербезопасности РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

**МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович**, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларусь (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

---

**«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».**

**ISSN 2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

Собственник: Республика́нское общество́нное объедине́ние «Национа́льная академия нау́к Респу́блики Казахста́н» (г. Алма́ты).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № KZ20VPY00113741. Дата выдачи 28.02.2025

Тематическая направленность: *информационно-коммуникационные технологии*.

В настоящее время: *вшел в список журналов, рекомендованных КОКСНВО МНВО РК по направлению «информационно-коммуникационные технологии».*

Периодичность: 4 раза в год.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19  
<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

## CONTENTS

### INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

<b>O. Auyelbekov, E. Bostanov, R. Berkutbayeva, A. Seididayeva, I. Musabekova</b> ANALYSIS OF AGRICULTURAL YIELDS IN KAZAKHSTAN USING UNMANNED AERIAL VEHICLES AND AI.....	12
<b>S.T. Akhmetova, S.U. Ismailov, A.A. Batyrbekov, A.S. Ismailova</b> PREREQUISITES FOR CREATION OF A VIRTUAL 3D MODEL OF AN UNMANNED UNIVERSAL CROPPING TRACTOR.....	33
<b>A. Bekarystankzyz, O. Mamyrbayev, D. Oralbekova, A. Yerimbetova, M. Turdalyuly</b> TESTING THE AUDIO-TEXT DATASET FOR KAZAKH LANGUAGE USING THE CONFORMER ENCODER.....	50
<b>G. Bekmanova, M. Kantureeva, A. Omarbekova, B. Ergesh, A. Zakirova</b> THE USE AND IMPACT ASSESSMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATION.....	61
<b>N.S. Yesmukhamedov, S. Sapakova, Syed Abdul Rahman Al-Haddad, D. Daniyarova</b> DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM ARCHITECTURE FOR HEALTHCARE INSTITUTIONS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE.....	74
<b>T. Zhukabayeva, V. Desnitsky, Y. Mardenov, N. Karabayev</b> INFORMATION SECURITY INCIDENT MANAGEMENT IN IIOT SYSTEMS WITH EDGE COMPUTING.....	92
<b>M. Ilesbay, A. Tynymbayev, S. Mambetov, A. Barakova, O. Joldasbayev</b> INTEGRATED METHOD OF INFORMATION PROTECTION BASED ON DATA COMPRESSION, ENCRYPTION AND SEPARATION.....	107
<b>B.A. Karibayev, N. Meirambekuly, M. Ibraim, A.S. Baikenov, G.B. Ikhsan</b> DESIGN OF A SIX-ELEMENT S-BAND ANTENNA ARRAY FOR CUBESAT.....	125
<b>N. Karymsakova, K. Ozhikenov, M. Bolysbek, R. Beisembekova</b> ARCHITECTURE OF THE MEDICAL REHABILITATION PLATFORM.....	140

<b>D. Kuanyshbay, A. Shoiynbek, K. Rabbany, A. Bekarystankzyz, A. Mukhametzhhanov</b> COMPARISON OF MACHINE LEARNING AND REINFORCEMENT LEARNING FOR DEPRESSION RECOGNITION FROM SPEECH.....	155
<b>E. Nysanov, Zh. Kemelbekova, E. Abdrashova, S. Kurakbaeva, A. Baydibekova</b> MODELING AND CALCULATION OF THE FLOW OF THREE-PHASE MEDIA WITH VARIABLE CONCENTRATIONS.....	169
<b>B. Orazbaev, Z. Kuzhukhanova, K. Orazbaeva, A. Kishubaeva</b> DEVELOPMENT OF MODELS OF ATMOSPHERIC AND RECTIFICATION COLUMNS IN PRIMARY OIL REFINING.....	181
<b>D. Rakhimova, A. Sarsenbayeva, A. Turarbek, A. Auezova</b> THE USE OF DEEP LEARNING TO IMPROVE THE ACCURACY OF ANSWERS IN MULTILINGUAL QUESTION-AND-ANSWER SYSTEMS... <td>196</td>	196
<b>L. Rzayeva, D. Pogolovkin, A. Myrzatay</b> DEVELOPMENT OF A MODULAR NLP-BASED CORRESPONDENCE ANALYSIS SERVICE FOR DIGITAL FORENSICS.....	212
<b>A.T. Sankibayev, I. Makhambayeva, K. Kanibaikyzy, A. Temirbek</b> MODELING OF VIBRATIONAL PROCESSES IN WOLFRAM MATHEMATICA SYSTEM.....	234
<b>N.M. Temirbekov, A.K. Turarov</b> NUMERICAL SOLUTION OF THE DIRECT AND INVERSE PROBLEM OF GAS LIFT OIL PRODUCTION PROCESS BY THE METHOD OF CONJUGATE EQUATIONS.....	251
<b>Z. Utemaganbetov, Kh. Ramazanova, K. Bizhanova, R. Assylbayeva</b> AN ANALYTICAL AND NUMERICAL METHOD FOR TRANSFERRING BOUNDARY CONDITIONS FOR A ONE-DIMENSIONAL DIFFUSION EQUATION.....	280
<b>M. Khizirova, K.Chezhimbayeva, A. Kassimov, M. Yermekbayev</b> RESEARCH ON DISTRIBUTION TRAFFIC AND DISTRIBUTION METHODS IN VANET NETWORKS.....	294
<b>K. Yakunin, D. Kusain, R.I. Mukhamediev, N. Yunicheva, N. Kuldeyev</b> INTEGRATION OF FLIGHT PATH PLANNING PROGRAMS AND CONTROL SYSTEMS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES.....	317

## МАЗМУНЫ

### АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

<b>Ө. Әуелбеков, Е. Бостанов, Р. Беркутбаева, А. Сейдилдаева, И. Мусабекова</b> ҚАЗАҚСТАНДА АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ӨНІМДІЛІГІН ҮШКЫШСЫЗ ҮШУ АППАРАТТАРЫ МЕН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ҚӨМЕГІМЕН ТАЛДАУ.....	12
<b>С.Т. Ахметова, С.У. Исмаилов, А.А. Батырбеков, А.С. Исмаилова</b> ЖУРГІЗУШІСІЗ ӘМБЕБАП ЕГІН ЕГЕТИН ТРАКТОРДЫҢ ВИРТУАЛДЫ 3D МОДЕЛІН ҚҰРУДЫҢ АЛҒЫ ШАРТТАРЫ.....	33
<b>А. Бекарыстанқызы, О. Мамырбаев, Д. Оралбекова, А. Еримбетова, М. Тұрдалыұлы</b> CONFORMER ШИФРЛАУШЫСЫН ҚОЛДАНЫП ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕ АУДИО- МӘТІН ТҮРІНДЕ ЖИНАЛҒАН МӘЛІМЕТТЕР ҚОРЫН СЫНАУ.....	50
<b>Г.Т. Бекманова, М.А. Кантуреева, А.С. Омарбекова, Б. Ж. Ергеш, А.Б. Закирова</b> ЖОҒАРЫ БІЛІМ БЕРУДЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІ ҚОЛДАНУ ЖӘНЕ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ.....	61
<b>Н.С. Есмұхамедов, С. Сапақова, Сайд Абдул Рахман Әл-Хаддад, Д. Даниярова,</b> МЕДИЦИНАЛЫҚ МЕКЕМЕЛЕРГЕ АРНАЛҒАН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІ ҚОЛДАНАТЫН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ АРХИТЕКТУРАСЫН ӘЗІРЛЕУ.....	74
<b>Т. Жукабаева, В. Десницкий, Е. Марденов, Н. Карабаев</b> ПОТ-ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУПІСІЗДІК ИНЦИДЕНТТЕРІН ШЕТКІ ЕСЕПТЕУЛЕРДІ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП БАСҚАРУ.....	91
<b>М.А. Ілесбай, Ә.Б. Тынымбаев, С.Т. Мамбетов, А.Ш. Баракова, О.К. Джолдасбаев</b> ДЕРЕКТЕРДІ СЫФУ, ШИФРЛАУ ЖӘНЕ БӨЛУ НЕГІЗІНДЕ АҚПАРАТТЫ ҚОРҒАУДЫҢ БІРІКТІРІЛГЕН ӘДІСІ.....	107
<b>Б.А. Карибаев, Н. Мейрамбекұлы, М. Ибраим, А.С. Байкенов, Г.Б. Ихсан</b> CUBESAT ҮШІН АЛТЫ ЭЛЕМЕНТТІ S-ДИАПАЗОНДЫ АНТЕННА ТОРЫН ЖОБАЛАУ.....	125
<b>Н.Т. Карымсакова К.А. Ожикенов М.Е. Болысбек, Р.Н. Бейсембекова</b> МЕДИЦИНАЛЫҚ ӨҢАЛТУ ПЛАТФОРМА АРХИТЕКТУРАСЫ.....	140

<b>Д. Қуанышбай, А. Шойынбек, К. Раббани, А. Мұхаметжанов, Б. Мералиев</b> СӨЙЛЕУ АРҚЫЛЫ ДЕПРЕССИЯНЫ ТАНУ ҮШИН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ МЕН КУШЕЙТУ АРҚЫЛЫ ОҚЫТУДЫ САЛЫСТАРЫУ.....	155
<b>Е.А. Нысанов, Ж.С. Кемельбекова, Э.Т. Абдрашова, С.Ж. Куракбаева, А.О. Байдибекова</b> АЙНЫМАЛЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫ ҮШ ФАЗАЛЫ ОРТАЛАРДЫҢ АҒЫНЫН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ЕСЕПТЕУ.....	169
<b>Б. Оразбаев, Ж. Кужуханова, К. Оразбаева, А. Кишубаева</b> МҰНАЙДЫ БАСТАПҚЫ ӨҢДЕУ КЕЗІНДЕ АТМОСФЕРАЛЫҚ ЖӘНЕРЕТИФИКАЦИЯЛЫҚКОЛОНОЛАРЫНЫҢ МОДЕЛЬДЕРІН ӘЗІРЛЕУ.....	181
<b>Д. Рахимова, А. Сарсенбаева, Э. Тураарбек, Э. Ауезова</b> КӨП ТІЛДІ СҰРАҚ-ЖАУАП ЖҮЙЕЛЕРІНДЕ ЖАУАПТАРДЫҢ ДӘЛДІГІН АРТТАРЫУ ҮШИН ТЕРЕҢ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАNU.....	196
<b>Л. Раева, Д. Поголовкин, А.Мырзатай</b> ЦИФРЛЫҚ КРИМИНАЛИСТИКА ҮШИН NLP НЕГІЗІНДЕГІ МОДУЛЬДІК ХАТ АЛМАСУДЫ ТАЛДАУ ҚЫЗМЕТІН ӘЗІРЛЕУ.....	212
<b>А.Т. Санкибаев, И. Махамбаева, К. Канибайкызы, А. Темирбек</b> ТЕРБЕЛІСТЕР ҮДЕРІСІН WOLFRAM МАТЕМАТИКА ЖҮЙЕСІНДЕ МОДЕЛЬДЕУ.....	234
<b>Н.М. Темирбеков, А.К. Турапов</b> МҰНАЙ ӨҢДІРУДІҢ ГАЗЛИФТТІК ПРОЦЕСІНІҢ ТУРА ЖӘНЕ КЕРІ ЕСЕПТЕРІН ТҮЙІНДЕС ТЕҢДЕУЛЕР ӘДІСІМЕН САНДЫҚ ШЕШУ.....	251
<b>З. Утемаганбетов, Х. Рамазанова, К. Бижанова, Р. Асылбаева</b> БІРӨЛШЕМДІ ДИФФУЗИЯ ТЕҢДЕУІ ҮШИН ШЕКАРАЛЫҚ ШАРТТАРДЫ КӨШПРУДІҢ АНАЛИТИКАЛЫҚ-САНДЫҚ ӘДІСІ.....	280
<b>М. Хизирова, К. Чежимбаева, А. Касимов, М. Ермекбаев</b> VANET ЖЕЛІЛЕРІНДЕ ТАРАТУ ТРАФИГІН ЖӘНЕ ТАРАТУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	294
<b>К. Яқунин, Д. Құсайын, Равиль И. Мухамедиев, Н. Юничева, Н. Кульдеев</b> ҮШУ МАРШРУТТАРЫН ЖОСПАРЛАУ БАҒДАРЛАМАЛАРЫ МЕН ҮШҚЫШСЫЗ ҮШУ АППАРАТТАРЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ҮШТАСТАРЫУ.....	317

**СОДЕРЖАНИЕ****ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

<b>О. Ауелбеков, Е. Бостанов, Р. Беркутбаева, А. Сейдилдаева, И. Мусабекова</b> АНАЛИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ УРОЖАЙНОСТИ В КАЗАХСТАНЕ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИИ.....	12
<b>С.Т. Ахметова, С.У. Исмаилов, А.А. Батырбеков, А.С. Исмаилова</b> ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ 3D МОДЕЛИ БЕСПИЛОТНОГО УНИВЕРСАЛЬНОГО ПРОПАШНОГО ТРАКТОРА.....	33
<b>А. Бекарыстанкызы, О. Мамырбаев, Д. Оралбекова, А. Еримбетова, М. Турдалыулы</b> ТЕСТИРОВАНИЕ КОРПУСА ДАННЫХ В ВИДЕ АУДИО-ТЕКСТ НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CONFORMER .....	50
<b>Г.Т. Бекманова, М.А. Кантуреева, А.С. Омарбекова, Б.Ж. Ергеш, А.Б. Закирова</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВЫСШЕМ ОБРАЗОВАНИИ.....	61
<b>Н.С. Есмухамедов, С. Сапакова, Сайед Абдул Рахман Аль-Хаддад, Д. Даниярова</b> РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	74
<b>Т. Жукабаева, В. Десницкий, Е. Марденов, Н. Карабаев</b> УПРАВЛЕНИЕ ИНЦИДЕНТАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ПОТ-СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ.....	92
<b>М.А. Илесбай, А.Б. Тынымбаев, С.Т. Мамбетов, А.Ш. Баракова, О.К. Джолдасбаев</b> ИНТЕГРИРОВАННЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ СЖАТИЯ, ШИФРОВАНИЯ И РАЗДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ.....	107

<b>Б.А. Карибаев, Н. Мейрамбекулы, М. Ибраим, А.С. Байкенов, Г.Б. Ихсан</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШЕСТИЭЛЕМЕНТНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ S-ДИАПАЗОНА ДЛЯ CUBESAT.....	125
<b>Н.Т. Карымсакова К.А. Ожикенов, М.Е. Болысбек, Р.Н. Бейсембекова</b> АРХИТЕКТУРА ПЛАТФОРМЫ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ.....	140
<b>Д. Куанышбай, А. Шойынбек, К. Раббани, А. Бекарыстанкызы, А. Мухаметжанов</b> СРАВНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕПРЕССИИ ПО РЕЧИ.....	155
<b>Е.А. Нысанов, Ж.С. Кемельбекова, Э.Т. Абдрашова, С.Ж. Куракбаева, А.О. Байдибекова</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕЧЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫХ СРЕД С ПЕРЕМЕННЫМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ.....	169
<b>Б. Оразбаев, Ж. Кужуханова, К. Оразбаева, А. Кишубаева</b> РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ АТМОСФЕРНЫХ И РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОНН ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ.....	181
<b>Д. Раҳимова, А. Сарсенбаева, А. Турабек, А. Ауезова</b> ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОТВЕТОВ В МУЛЬТИЯЗЫЧНЫХ ВОПРОСНО-ОТВЕТНЫХ СИСТЕМАХ.....	196
<b>Л. Рзаева, Д. Поголовкин, А. Мырзатай</b> РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОГО СЕРВИСА АНАЛИЗА ПЕРЕПИСОК НА ОСНОВЕ NLP ДЛЯ ЦИФРОВОЙ КРИМИНАЛИСТИКИ.....	212
<b>А.Т. Санкибаев, И. Махамбаева, К. Канибайкызы, А. Темирбек</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМЕ WOLFRAM MATHEMATICA.....	234
<b>Н.М. Темирбеков, А.К. Тураров</b> ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ГАЗЛИФТНОГО ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ НЕФТИ МЕТОДОМ СОПРЯЖЕННЫХ УРАВНЕНИЙ.....	251

<b>З. Утемаганбетов, Х. Рамазанова, К. Бижанова, Р. Асылбаева</b> АНАЛИТИКО-ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ПЕРЕНОСА КРАЕВЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ОДНОМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ДИФФУЗИИ.....	280
<b>М. Хизирова, К. Чежимбаева, А. Касимов, М. Ермекбаев</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАФИКА И МЕТОДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В СЕТЯХ VANET.....	294
<b>К. Якунин, Д. Кусайын, Р.И. Мухамедиев, Н. Юничева, Н. Кульдеев</b> СОПРЯЖЕНИЕ ПРОГРАММ ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ ПОЛЕТА И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	317

© N. Karymsakova<sup>\*1</sup>, K. Ozhikenov<sup>2</sup>, M. Bolysbek<sup>3</sup>,  
R. Beisembekova<sup>2</sup>, 2025.

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup> Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Northwestern Polytechnical University, Xi'an, China.

E-mail: nkarymsakova1@gmail.com

## ARCHITECTURE OF THE MEDICAL REHABILITATION PLATFORM

**Karymsakova Nurgul** — PhD, acting assistant professor of Department of AI and Big Data, al-Farabi Kazakh National university, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: nkarymsakova1@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8187-2369>;

**Ozhikenov Kassymbek** — Candidate of technical sciences, Head of Department of Robotics and Technical Means of Automation, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: ozhikenov@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2026-5295>;

**Roza Beisembekova** — Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Software Engineering, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: beisembekova.r@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-2813-1577>;

**Bolysbek Murat Yerzhanuly** — master degree student, Northwestern Polytechnical University, No. 1, Dongxiang Road, Chang'an District, Xi'an, China,

E-mail: bolysbekmurat.132@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6718-7020>.

**Abstract.** The work describes the creation of a modular system of an integrated specialized medical information platform aimed at improving the organization and management of medical rehabilitation. The main goal of the project is to create an adaptive system that provides improvement of rehabilitation services by integrating medical components and adapting treatment approaches to individual patients. The platform is based on a modular design with a microservice architecture to ensure adaptability and easy expansion. To ensure system availability, the system uses cloud computing and Internet of Things (IoT) devices for real-time monitoring of patients, and machine learning algorithms for data analysis and generation of individual treatment recommendations. The method is based on existing research combined with practical experience to meet the specific requirements of the rehabilitation sector. The main novelty of this work is the implementation of modern Internet of Things technologies with cloud computing and advanced data analysis using machine learning methods to create a unified rehabilitation

platform. System aimed at working for medical institutions, also has the ability to effectively implement telemedicine and home rehabilitation services. The platform provides care to patients in various situations, resulting in significantly improved rehabilitation pathways tailored to individual needs. The proposed solution shows great potential for improving healthcare services through modern rehabilitation management and expanded access to personalized treatment.

**Keywords:** modular architecture, IoT, machine learning, patient monitoring, rehabilitation, scalability

**Acknowledgment, funding:** This work was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (No. BR24992820-OT-24).

© Н.Т. Карымсакова<sup>1\*</sup> К.А. Ожикенов<sup>2</sup> М.Е. Болысбек<sup>3</sup>,  
Р.Н. Бейсембекова<sup>2</sup>, 2025.

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Satbayev University, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>Солтүстік-батыс политехникалық университеті, Сиань, Қытай.

E-mail: nkarymsakova1@gmail.com

## МЕДИЦИНАЛЫҚ ОҢАЛТУ ПЛАТФОРМА АРХИТЕКТУРАСЫ

**Карымсакова Нургұль Тлетаевна** — PhD, Жасанды интеллект және Big Data кафедрасының доцент м.а., әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан, E-mail: nkarymsakova1@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8187-2369>;

**Ожикенов Касымбек Адильбекович** — техникалық ғылымдар кандидаты, Роботты техника және автоматиканың техникалық құралдары кафедрасының кафедра менгерушісі, Satbayev University, Алматы, Қазақстан,

E-mail: ozhikenovk@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2026-5295>;

**Бейсембекова Роза Нуралиевна** — техникалық ғылымдар кандидаты, Программалық инженерия кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University, Алматы, Қазақстан,

E-mail: beisembekova.r@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-2813-1577>;

**Болысбек Мурат Ержанұлы** — магистрант, Солтүстік-Батыс политехникалық университеті, Сиань, Қытай,

E-mail: bolysbekmurat.132@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6718-7020>.

**Аннотация.** Жұмыста медициналық оңалтуды ұйымдастыру мен басқаруды жақсартуға бағытталған интеграцияланған арнайы медициналық ақпараттық платформаның модульдік жүйесін құру сипатталған. Жобаның негізгі мақсаты — медициналық компоненттерді біріктіру және жеке пациенттерге емдеу тәсілдерін бейімдеу арқылы оңалту қызметтерін жақсартуды қамтамасыз ететін бейімделу жүйесін құру. Платформа бейімделуді және оңай кеңейтуді қамтамасыз ету үшін микросервистік архитектурасы бар модульдік дизайнга негізделген. Жүйенің қолжетімділігін

қамтамасыз ету үшін бұлттық есептеулерді және пациенттерді нақты уақытта бақылауға арналған Заттар интернеті (IoT) құрылғыларын және деректерді талдау және емдеудің жеке ұсыныстарын жасау үшін машиналық оқыту мен жасанды интеллект алгоритмдерін пайдаланады. Әдіс оңалту секторының нақты талаптарын қанағаттандыру үшін практикалық тәжірибемен бірге бар зерттеулерге негізделген. Бұл жұмыстың негізгі жаңалығы – бірыңғай оңалту платформасын құру үшін машиналық оқыту мен жасанды интеллект әдістерін пайдалана отырып, заманауи заттар интернеті технологияларын бұлттық есептеулермен және кеңейтілген деректер талдауымен біркітіру арқылы жүзеге асыру. Жүйе медициналық мекемелер үшін жұмыс істеуге бағытталған, сонымен қатар телемедициналық және үйде оңалту қызметтерін жасанды интеллект бақылауыменен тиімді іске асыруға мүмкіндігі бар. Платформа пациенттерге әртүрлі жағдайларда үздіксіз күтім көрсетеді, нәтижесінде жеке қажеттіліктеге бейімделген оңалту жолдары әлде қайда жақсарады. Ұсынылған шешім заманауи оңалтуды басқару және дербестендірілген емдеуге кеңейтілген қолжетімділік арқылы денсаулық сақтау қызметтерін жақсартудың үлкен әлеуетін көрсетеді. Микросервистік архитектурада негізделген платформаның болашақ жоспарлары бойынша карасақ - тізе операциясынан кейін оңалту процедуralарын қажет ететін адамдар үшін қолдану жоспарлануда.

**Түйін сөздер:** модульдік архитектура, IoT, машиналық оқыту, пациенттерді бақылау, оңалту, масштабтау

© Н.Т. Карымсакова<sup>\*1</sup> К.А. Ожikenov<sup>2</sup> М.Е. Болысбек<sup>3</sup>,  
Р.Н. Бейсембекова<sup>2</sup>, 2025.

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup> Satbayev University, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Северо-западный политехнический университет, Сиань, Китай.

E-mail: nkarymsakova1@gmail.com

## АРХИТЕКТУРА ПЛАТФОРМЫ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

**Карымсакова Нургуль Тлетаевна** — PhD, и.о. доцента кафедры ИИ и Big Data, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

E-mail: nkarymsakova1@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8187-2369>;

**Ожikenов Касымбек Адильбекович** — кандидат технических наук, заведующий кафедрой кафедры Робототехники и технических средств автоматики, Satbayev University, Алматы, Казахстан,

E-mail: ozhikenovk@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2026-5295>;

**Бейсембекова Роза Нуралиевна** — кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Программная инженерия» Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,

E-mail: beisembekova.r@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-2813-1577>;

**Болысбек Мурат Ержанулы** — студент магистратуры, Северо-западный политехнический университет, Сиань, Китай,

E-mail: bolysbekmurat.132@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6718-7020>.

**Аннотация.** В статье описывается создание модульной системы для интегрированной медицинской информационной платформы, которая направлена на улучшение организации и управления медицинской реабилитацией. Основная цель состоит в создании адаптивной системы, которая предоставляет лучшие услуги по реабилитации, интегрируя медицинские компоненты и адаптируя подходы к лечению для отдельных пациентов. Платформа основана на модульной конструкции с архитектурой микросервисов для обеспечения адаптивности и простых возможностей расширения. Система использует облачные вычисления для обеспечения высокой доступности системы и устройства Интернета вещей (IoT) для мониторинга пациентов в реальном времени и алгоритмы машинного обучения для анализа данных и генерации персонализированных рекомендаций по лечению. Метод основан на существующих исследованиях вместе с практическим опытом для удовлетворения конкретных требований сектора реабилитации. Главное новшество этой работы объединение современных технологий интернета вещей с облачными вычислениями и передовой аналитикой данных с помощью методов машинного обучения и искусственного интеллекта для создания единой платформы реабилитации. Система функционирует для медицинских учреждений, но также поддерживает телемедицину и услуги по реабилитации на дому. Платформа обеспечивает постоянный уход за пациентами в различных условиях, что приводит к улучшению путей реабилитации, адаптированных к индивидуальным потребностям. Предлагаемое решение демонстрирует большой потенциал для улучшения услуг здравоохранения за счет современного управления реабилитацией и расширенной доступности персонализированного лечения. Планируется использование данной платформы на основе микросервисной архитектуры для использования в реабилитационных процедурах после проведенных операций на коленях.

**Ключевые слова:** модульная архитектура, IoT, машинное обучение, мониторинг пациентов, реабилитация, масштабируемость

**Финансирование.** Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (№ BR24992820-OT-24).

**Введение.** Медицинская реабилитация в настоящее время сталкивается с множеством вызовов, связанных с управлением, наблюдение за пациентами и анализом медицинских данных. Традиционные методы, основанные на бумажных носителях или разрозненных электронных системах, часто оказываются неэффективными для обеспечения комплексного мониторинга и лечения пациентов. Это создает риск ошибок в диагностике и лечении из-за человеческого фактора, ограничивает возможности персонализации медицинской помощи и продлевает время восстановления пациентов. С продолжающейся ростом цифровизации мира, в частности области здравоохранения, а также вызовы в медицинской реабилитации ставят задачу разработки комплексной медицинской информационной платформы,

способной интегрировать современные технологии для повышения эффективности и качества реабилитационных процессов. В условиях цифровизации здравоохранения важно обеспечить надежные и доступные инструменты для мониторинга пациентов, анализа их состояния в реальном времени и предоставления персонализированных рекомендаций. Традиционные подходы к реабилитации не всегда отвечают современным требованиям, что приводит к высоким рискам ошибок и увеличению времени на восстановление.

По стратегическому плану развития Республики Казахстан до 2025 года (President of the Republic of Kazakhstan, 2018; Tokayev, 2022), продолжится работа по совершенствованию технологий SMART-медицины с внедрением мобильных приложений и гаджетов по удаленному мониторингу пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями в рамках инвестиционного проекта. Медицинские организации будут оснащены необходимой ИТ-инфраструктурой, доступом к Интернету и сертифицированными медицинскими информационными системами для автоматизации собственных бизнес-процессов. Внедрение SMART-медицины позволит сделать медицинскую помощь более доступной, качественной и эффективной, что приведет к значительному улучшению здоровья населения и экономического положения страны.

Исследование имеет тесную связь с другими научными работами в области применения информационных технологий в здравоохранении, особенно с работами, посвященными использованию облачных вычислений, микросервисных архитектур и технологий Интернета вещей для медицинских нужд. В статье (Haustein, 2013: 9) информатика также позволяет исследователям хранить большие объемы информации и получать к ним доступ, а также «извлекать» клинические данные для проверки исследовательских гипотез. Прецизионная медицина направлена на предоставление персонализированного лечения, учитывающего индивидуальную изменчивость генов, окружающей среды и факторов риска. Исследование (Alanazi, 2023: 1275) показало, что Personal Health Records (PHRs) играют важную роль в процессе реабилитации пациентов, обеспечивая улучшенный мониторинг здоровья, лучшее взаимодействие с врачами, повышение качества ухода и эффективное управление лечением. PHR предоставляет пациентам возможность отслеживать свои медицинские показатели, общаться с медицинскими специалистами, контролировать свои лекарства и следить за рецептами, что способствует более эффективной и персонализированной реабилитации. В исследовании (Kamalov, 2023: 3317), посвященном безопасности IoT и его близким приложениям, было установлено, что в проанализированных статьях рассматриваются такие подходы, как искусственный интеллект, технология блокчейна, облачные вычисления, системы обнаружения вторжений, киберфизические системы,

облачные технологии, аутентификация и анонимность, методы шифрования, зашифрованные коммуникации, внутренние вычисления. край, технология 6LoWPAN и сотовые сети 5G. Эти подходы были разделены на 12 категорий для повышения безопасности Интернета вещей. Было отмечено, что многие исследователи проявили интерес к анализу конфиденциальности и безопасности Интернета вещей с использованием подхода искусственного интеллекта, что подчеркивает актуальность этой темы в текущих исследованиях. В статье (De la Iglesia 2020: 858) предложенная система экзоскелета для локтя интегрирует виртуальную реальность и контекстно-осведомленную архитектуру, обеспечивая интерактивные реабилитационные упражнения. Система способна генерировать новые упражнения, мониторить прогресс пользователей и динамически изменять характеристики упражнений. Благодаря интеграции коммерческих медицинских датчиков система обеспечивает точный диагноз и эволюцию пациентов. Кроме того, она позволяет удаленно загружать контент упражнений, мониторить медицинские параметры и обеспечивает доступность из любой точки мира, что делает ее эффективным инструментом для реабилитации в домашних условиях.

Кроме того, она позволяет удаленно загружать контент упражнений, мониторить медицинские параметры и обеспечивает доступность из любой точки мира, что делает ее эффективным инструментом для реабилитации в домашних условиях. В (Uddin 2024: 1876) статье исследуется использование биосенсоров и технологий интернета вещей (IoT) для реального мониторинга пациентов в здравоохранении. Обсуждаются преимущества облачного подключения в контексте удаленного мониторинга пациентов. Архитектура модульной системы позволяет интегрировать различные биосенсоры с различными функциональностями без ущерба для общей когерентности системы. В статье (Jang 2022: 285) в контексте реабилитации, информационная система в больничном учреждении играет важную роль в управлении клинической, административной и финансовой деятельностью. Таким образом, использование передовых информационных систем в реабилитационной практике способствует улучшению качества медицинского ухода и повышению удовлетворенности как пациентов, так и медицинского персонала.

**Материалы и методы.** Проектирование базы данных с модульной архитектурой основывается на разделении всей системы на независимые компоненты, каждый из которых отвечает за выполнение конкретных задач. В данной платформе архитектура разбита на несколько модулей, каждый из которых имеет свои функции. Управление данными о пациентах, обработка физиологических данных, анализ реабилитационных показателей, а также выдача персонализированных рекомендаций. Такой подход позволяет не только упростить разработку и поддержку системы, но и обеспечивает возможность независимого масштабирования модулей.

Для реализации модульной архитектуры применяются микросервисные принципы, где каждый модуль представляет собой автономную службу, взаимодействующую с другими через четко определенные API. Это позволяет интегрировать новые компоненты в систему без необходимости глобальных изменений в существующей архитектуре.

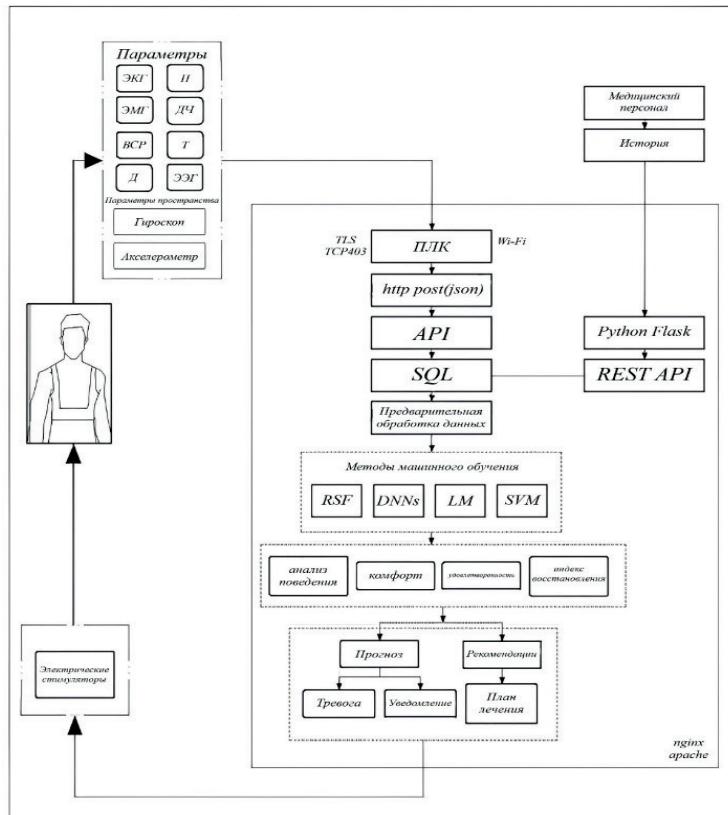


Рис. 1 - Архитектура медицинской платформы

На Рисунке 1 представлена архитектура системы мониторинга и управления процессом медицинской реабилитации с применением машинного обучения и сенсорных данных. Система разделена на восемь логических компонентов. Сенсоры и параметры пациента, ПЛК и передача данных, Система сбора и обработки данных, Методы машинного обучения, Анализ поведения и состояния пациента, Система рекомендаций и оповещений, Связь с медицинским персоналом и историей данных, Web-сервер и интерфейс доступа. Ниже будет приведено подробное описание каждого компонента.

Сенсоры и параметры пациента.

Устройство пациента оснащено различными сенсорами, которые измеряют физиологические параметры.

ЭКГ (электрокардиограмма) — отслеживает активность сердца, используется для прогнозирования состояния сердечно-сосудистой системы пациента, предупреждения критических состояний и предоставления рекомендаций по корректировке лечения.

П (пульс) — частота сердечных сокращений, применяется для оценки текущего состояния пациента, определения его комфорта и реакции организма на лечение или физические нагрузки.

ЭМГ (электромиограмма) — измеряет активность мышц, данные помогают анализировать физическую активность, разрабатывать планы реабилитации, а также корректировать электрическую стимуляцию мышц.

ДЧ (дыхательная частота) — частота дыхания, используется для прогнозирования состояния дыхательной системы и формирования рекомендаций, связанных с нагрузками и восстановлением.

ВСР (вариабельность сердечного ритма) — изменчивость частоты сердечных сокращений, данные анализируются для оценки стресса, уровня усталости и общей физической формы пациента.

Т (температура) — телесная температура, применяется для быстрого обнаружения отклонений от нормы и своевременного уведомления медицинского персонала.

Д (артериальное давление) — уровень кровяного давления, данные помогают контролировать динамику давления в процессе лечения, формировать рекомендации и корректировать терапию.

ЭЭГ (электроэнцефалограмма) — активность мозга, данные используются для оценки нейрологических функций и разработки индивидуальных планов лечения.

Гироскоп и акселерометр — собирают данные о движении и положении тела, применяются для анализа активности пациента, мониторинга реабилитационного прогресса и обнаружения аномальных ситуаций.

Вышеуказанные сенсоры на пациенте собирают данные о его физиологических параметрах. Эти параметры отправляются в систему для обработки и анализа на Программируемый Логический Контроллер для предварительной фильтрации и управления потоком данных.

ПЛК и передача данных.

ПЛК используется для сбора данных с сенсоров и передачи их в центральную систему. Данные передаются по протоколу TLS TCP403 для обеспечения безопасной передачи информации.

Данные отправляются в формате JSON через HTTP post запросы, что позволяет легко интегрировать их с другими системами и компонентами. Данные, обработанные Программируемый Логический Контроллер, передаются в центральную систему, так же стоит отметить что данный подход облегчает взаимодействие с API и предоставляет безопасный канал связи.

Система сбора и обработки данных.

API — интерфейс прикладного программирования, через который данные принимаются и передаются на обработку.

SQL база данных — используется для хранения собранных данных. Структурированное хранение данных позволяет легко извлекать и обрабатывать информацию для дальнейшего анализа.

Предварительная обработка данных — этап, на котором данные очищаются, нормализуются и подготавливаются для анализа и машинного обучения. Это важный шаг, так как качество исходных данных влияет на точность и надежность анализа. После получения данных через API они поступают в систему предварительной обработки, где проходят этапы очистки и нормализации для дальнейшего анализа. Этот процесс улучшает качество данных и подготавливает их для работы с моделями машинного обучения. Затем обработанные данные сохраняются в SQL базе данных, обеспечивающей долговременное и структурированное хранение, что позволяет гибко организовать данные и облегчает доступ к ним для последующего анализа. На следующем этапе данные анализируются с использованием различных алгоритмов машинного обучения, что позволяет выполнять более сложные задачи, такие как поведенческий анализ, оценка комфорта и удовлетворенности пациента, а также расчет индекса восстановления.

Методы машинного обучения.

После обработки данные передаются в систему машинного обучения для анализа. Используются следующие методы.

RSF (Random Survival Forests) — метод анализа выживаемости и прогнозирования времени события (Ishwaran, Hemant, et al.).

DNNs (Deep Neural Networks) — глубокие нейронные сети для сложного анализа и прогнозирования (Sze, Vivienne, et al.).

LM (Linear Models) — линейные модели для простого анализа и прогнозирования (Rao, Calyampudi Radhakrishna, et al.).

SVM (Support Vector Machines) — метод опорных векторов, используемый для классификации и регрессии (Hearst, Marti A., et al.).

Эти алгоритмы применяются для анализа поведения, оценки комфорта и удовлетворенности пациента, а также для вычисления индекса восстановления. Результаты машинного обучения служат для создания персонализированных прогнозов, рекомендаций, уведомлений и оповещений для пациентов и медицинского персонала, включая прогнозирование состояния пациента, рекомендации по корректировке плана лечения, оповещения о критических изменениях, а также уведомления для пациента или персонала.

Анализ поведения и состояния пациента.

На основе результатов машинного обучения производится.

Анализ поведения пациента — изучение и прогнозирование изменений в поведении пациента в процессе реабилитации, как результат можем получить прогнозирование изменений в поведении пациента и адаптации к реабилитационным мерам.

Оценка комфорта и удовлетворенности пациента — анализ условий и их влияние на процесс восстановления, можно выработать рекомендаций по улучшению условий лечения.

Вычисление индекса восстановления — показатель, отражающий прогресс пациента в процессе лечения, отражающего общее состояние пациента и эффективность реабилитации.

Система рекомендаций и оповещений. На основе результатов машинного обучения система формирует прогнозы, рекомендации, оповещения и уведомления.

Прогноз — прогнозирование состояния пациента и возможных рисков.

Рекомендации — разработка персонализированных рекомендаций для улучшения процесса реабилитации.

Тревога — система оповещений, которая уведомляет медицинский персонал о критических изменениях в состоянии пациента.

Уведомление — функция отправки уведомлений пациенту и медицинскому персоналу о необходимости изменений в плане реабилитации.

План лечения — на основе анализа данных и прогнозов система формирует или корректирует индивидуальный план лечения. Система интегрирует все собранные данные и результаты анализа для формирования или корректировки индивидуального плана лечения. Это включает учет параметров здоровья, физических нагрузок и когнитивных функций.

Связь с медицинским персоналом и историей данных.

Python Flask — веб-фреймворк для создания REST API, через который медицинский персонал может взаимодействовать с системой, запрашивать данные о пациентах и получать отчеты.

История данных — база данных с историей состояния и показателей пациентов, которая позволяет медицинскому персоналу отслеживать динамику и прогресс.

Python Flask обеспечивает REST API для удаленного доступа к системе, что позволяет медицинскому персоналу через веб-интерфейс отслеживать данные, получать отчеты и корректировать планы лечения. История данных пациента сохраняется для анализа прогресса и оптимизации плана реабилитации.

Web-сервер и интерфейс доступа.

Nginx/Apache — веб-серверы, которые обеспечивают работу REST API и доступ к системе для медицинского персонала через веб-интерфейс. Это позволяет удобно просматривать данные, управлять планами лечения и отслеживать состояние пациентов. Такое распределение функций между компонентами делает архитектуру гибкой и модульной, где каждый компонент отвечает за свои задачи и взаимодействует с другими через стандартизованные интерфейсы и протоколы.

Таким образом предварительная архитектура может обеспечивать надежное и безопасное взаимодействие между устройством пациента, системой сбора

данных, компонентами машинного обучения и медицинским персоналом. Система предназначена для мониторинга состояния пациента в режиме реального времени, персонализированной поддержки и предоставления рекомендаций, что значительно повышает эффективность медицинской реабилитации.

Для достижения масштабируемости системы планируется реализация горизонтального масштабирования каждого модуля. В случае увеличения нагрузки, связанной с ростом числа пациентов или объема обрабатываемых данных, будут добавляться дополнительные серверы для каждого из модулей, что позволит более эффективно распределять ресурсы и поддерживать высокую производительность системы. Необходимо будет внедрить облачные технологии, чтобы обеспечить гибкость системы, позволяя ей адаптироваться к изменяющимся условиям и изменению объемов нагрузки.

Для обеспечения масштабируемости предполагается внедрение подхода сегментирования, который позволит разделять данные на сегменты по заранее определенным критериям, таким как регион или тип заболевания. Это позволит распределить нагрузку по нескольким узлам и уменьшить давление на отдельные серверы, что повысит общую производительность системы.

Для реализации масштабируемости системы нужно удостовериться что архитектура комплексной медицинской информационной платформы является модульной, вот основные причины, почему она соответствует модульной архитектуре. Четко разделенные функциональные блоки. Архитектура разделена на модули, такие как сбор данных с сенсоров, обработка данных, методы машинного обучения, система рекомендаций и оповещений, и взаимодействие с медицинским персоналом. Каждый блок выполняет отдельные функции, что позволяет легко изменять, заменять или обновлять модули без значительного влияния на остальные части системы.

Взаимодействие через API. Модули взаимодействуют между собой через API и REST API, что упрощает интеграцию новых компонентов, а также позволяет масштабировать и модернизировать отдельные части системы без изменения всей архитектуры.

Гибкость и масштабируемость. Использование разных методов машинного обучения и компонентов для анализа данных и создания рекомендаций указывает на гибкость в добавлении или замене алгоритмов. Поддержка передачи данных по стандартным протоколам также облегчает масштабируемость и позволяет добавлять новые сенсоры или устройства.

Многоуровневое взаимодействие. Архитектура включает несколько уровней взаимодействия (сбор данных, обработка, анализ, рекомендации и взаимодействие с персоналом), что является характерной чертой модульной системы, где каждый уровень или компонент обособлен, но может интегрироваться с другими.

Таким образом, представленную архитектуру действительно можно охарактеризовать как модульную.

**Результаты и обсуждение.** Взаимодействие компонентов в модульной архитектуре

Для реализации эффективного взаимодействия между модулями применен подход на основе REST API, обеспечивающий удаленный обмен данными и вызовов необходимых функций.

The screenshot shows a software application interface. On the left, there is a sidebar with various sections: Пациенты, Контакт врача, Аналитика, Аудиоизделия, Метаданные, Управление, Частные, Технологии, Программы, Ресурсами, МИС, МИСС, Выявление, Коммуникации. The 'Методы' section is currently selected and highlighted in blue. The main area contains a table titled 'Методы' with the following data:

Название	Контроллер	Описание API	Описание XML
1. Get	CRUD	Получение пациентов	Получение пациентов
2. Update	Administrator	Обновление пациентов	Обновление пациентов
3. Post	CRUD	Добавление пациентов	Добавление пациентов
4. Put	CRUD	Изменение пациентов	Изменение пациентов
5. Get	CRUD	Проверка	Проверка
6. Стартапы	Administrator	Приложение включено	Приложение включено
7. Инициализация	Administrator	Инициализация	Инициализация
8. Остановка	Administrator	Приостановка	Приостановка
9. Старт	Administrator	Запуск системы	Запуск системы
10. Завершение	Administrator	Обновление информации	Обновление информации
11. Проверка	Administrator	Проверка работоспособности	Проверка работоспособности
12. Открытие	Administrator	Установка объектов	Установка объектов
13. Создание	Administrator	Обновление города	Обновление города
14. Удаление	Administrator	Удаление объектов	Удаление объектов

Рис. 2 - Пример работы платформы

В архитектуре комплексной медицинской информационной платформы, показанной на Рисунке 2 мы можем увидеть взаимодействие компонентов в данной модульной архитектуре. Все сенсоры, закрепленные на пациенте, собирают данные о его физиологических параметрах (например, ЭКГ, дыхательная частота и др.). Эти данные обрабатываются и отправляются на Программируемый Логический Контроллер (ПЛК) для предварительной фильтрации и управления потоком данных. Данные, обработанные ПЛК, передаются в центральную систему через сеть с использованием протоколов TLS TCP403 и HTTP POST в формате JSON для защиты и стандартизации передачи информации. Данный подход облегчает взаимодействие с API и предоставляет безопасный канал связи. После поступления данных через API они попадают в систему предварительной обработки, где данные очищаются и нормализуются для дальнейшего анализа. Этот процесс улучшает качество данных и подготавливает их для использования в моделях машинного обучения. Обработанные данные сохраняются в SQL базе данных для обеспечения долговременного и структурированного хранения. SQL база данных позволяет гибко организовать данные, что облегчает доступ к ним для последующего анализа. На следующем этапе данные передаются в различные алгоритмы машинного обучения для анализа. Эти методы помогают выполнять более сложные задачи, включая поведенческий анализ, оценку комфорта и удовлетворенности пациента, а также расчет индекса восстановления. Результаты машинного обучения используются

для формирования персонализированных прогнозов, рекомендаций, уведомлений и оповещений для пациентов и медицинского персонала такие как прогнозирование состояния пациента, рекомендации по изменению плана лечения, оповещения о критических изменениях, уведомления для пациента или персонала. Python Flask предоставляет REST API для удаленного доступа к системе. Через веб-интерфейс медицинский персонал может отслеживать данные, получать отчеты и корректировать планы лечения. История данных пациента хранится для анализа прогресса и улучшения плана реабилитации. Nginx/Apache обеспечивает работу REST API и доступ к интерфейсу системы. Это позволяет удобный доступ к данным для мониторинга, контроля и управления процессом лечения. Такое распределение функций между компонентами делает архитектуру модульной и гибкой, где каждый компонент отвечает за свои задачи, и они взаимодействуют между собой через стандартизированные интерфейсы и протоколы.

**Заключение:** На данный момент исследование медицинской платформы, в частности модульной архитектуры продолжается и в будущем планируется улучшить и испытать работу платформы в реальных задачах. *Платформа может быть интегрирована в системы телемедицины для удаленного наблюдения за пациентами и управления процессами восстановления.*

На сегодняшний день выполнены работы по реализации модульной архитектуры платформы и запуск тестовой страницы, демонстрирующий основные функции.

Будет разработан механизм взаимодействия модулей с централизованной базой данных, которая будет содержать информацию о пациентах, истории заболеваний, результатах мониторинга и рекомендациях. Доступ к базе данных будет осуществляться через интерфейсы, которые необходимо создать для обеспечения надежной защиты данных и контроля доступа к информации. Планируется также внедрение очередей сообщений, чтобы организовать асинхронное взаимодействие между компонентами системы. Это решение обеспечит устойчивость системы к отказам и позволит обрабатывать данные в режиме реального времени, снижая задержки при высокой нагрузке. Так данное исследование архитектуры для платформы готовит основу для большой системы, которая сможет значительно улучшить процесс реабилитации пациентов. Ожидается, что использование платформы обеспечит значительное сокращение времени восстановления пациентов, что приведет к экономии средств и улучшению качества оказываемых медицинских услуг. Снижение нагрузки на медицинский персонал позволит оптимизировать использование ресурсов и повысить общую эффективность медицинского учреждения.

#### **Литература**

Касым-Жомарт Токаев выступил с Посланием народу Казахстана, «Развитие телемедицины в Казахстане», 2022, URL:<https://informburo.kz/novosti/kasym-zomart-tokaev-vystupil-s-poslaniem-narodu-kazaxstana>

Об утверждении Стратегического плана развития Республики Казахстан до 2025 года и признании утратившими силу некоторых указов Президента Республики Казахстан. Указ Президента Республики Казахстан от 15 февраля 2018. — № 636. URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/kaz191496.pdf>

Andreev F. (2019) Каждый пятый пациент в России сталкивается с врачебной ошибкой. URL: <https://rg.ru/2019/03/04/kazhdyy-piatyy-pacient-v-rossii-stalkivaetsya-s-vrachebnoj-oshibkoj.html>

Szabo L., KFF Health News. (2024) Women and Minorities Bear the Brunt of Medical Misdiagnosis. URL: <https://www.poz.com/article/women-minorities-bear-brunt-medical-misdiagnosis>

Haustein D., Riggs R., McLaughlin M. (2013) Clinical informatics in rehabilitation practice. *AAPMR Now*. Originally published: September 20, 2013; last updated: February 13. — 2017. URL: <https://now.aapmr.org/clinical-informatics-in-rehabilitation-practice/>

Alanazi A., Alanazi M., Aldosari B. (2023) Personal Health Record (PHR) Experiences and Recommendations for a Transformation in Saudi Arabia. *Journal of Personalized Medicine*. — P. 13:1275. <https://doi.org/10.3390/jpm13081275>

Kamalov F., Pourghbleh B., Gheisari M., Liu Y., Moussa S. (2023) Internet of Medical Things Privacy and Security: Challenges, Solutions, and Future Trends from a New Perspective. *Sustainability*. — 15:3317. <https://doi.org/10.3390/su15043317>

Chang C.-S., Wu T.-H., Wu Y.-C., Han C.-C. (2023) Bluetooth-Based Healthcare Information and Medical Resource Management System. *Sensors*, 23:5389. <https://doi.org/10.3390/s23125389>

De la Iglesia D.H., Mendes A.S., González G.V., Jiménez-Bravo D.M., de Paz Santana J.F. (2020) Connected Elbow Exoskeleton System for Rehabilitation Training Based on Virtual Reality and Context-Aware. *Sensors*, 20:858. <https://doi.org/10.3390/s20030858>

Uddin R., Koo I. (2024) Real-Time Remote Patient Monitoring: A Review of Biosensors Integrated with Multi-Hop IoT Systems via Cloud Connectivity. *Applied Sciences*, 14:1876. <https://doi.org/10.3390/app14051876>

Jang J.S., Kim N., Lee S.H. (2022) Scalable and Interoperable Platform for Precision Medicine: Cloud-based Hospital Information Systems. *Healthcare Informatics Research*, 28(4):285–286. <https://doi.org/10.4258/hir.2022.28.4.285>

Ishwaran, H., Kogalur, U. B., Blackstone, E. H., & Lauer, M. S. (2008). Random survival forests.

Sze V., Chen, Y.H., Yang T.J., & Emer J.S. (2017). Efficient processing of deep neural networks: A tutorial and survey. *Proceedings of the IEEE*. — 105(12). — P. 2295-2329.

Rao, C. R., Toutenburg, H., Rao, C. R., & Toutenburg, H. (1995). Linear models. — P. 3-18. Springer New York.

Hearst, M. A., Dumais, S. T., Osuna, E., Platt, J., & Scholkopf, B. (1998). Support vector machines. *IEEE Intelligent Systems and their applications*. — 13(4). — P. 18-28.

## References

Kasym-Zhomart Tokaev vystupil s Poslaniem narodu Kazakhstana, “Razvitie telemeditsiny v Kazakhstane” 2022 [Kassym-Jomart Tokayev delivered a Message to the People of Kazakhstan, “Development of Telemedicine in Kazakhstan”]. URL: <https://informburo.kz/novosti/kasym-zomart-tokaev-vystupil-s-poslaniem-narodu-kazaxstana> (in Russian)

Ob utverzhdenii Strategiceskogo plana razvitiya Respubliki Kazakhstan do 2025 goda i priznaniu utrativshimi silu nekotorykh ukazov Prezidenta Respubliki Kazakhstan. Ukar Prezidenta Respubliki Kazakhstan ot 15 fevralya 2018 goda № 636. [On approval of the Strategic Development Plan of the Republic of Kazakhstan until 2025 and recognition of certain decrees of the President of the Republic of Kazakhstan as invalid. Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated February 15. — 2018. — No. 636.] URL: <https://faolex.fao.org/docs/pdf/kaz191496.pdf> (in Russian)

F. Andreev (2019) Kazhdyy pyatyy patsient v Rossii stalkivaetsya s vrachebnoj oshibkoj [Every fifth patient in Russia faces a medical error, Fedor Andreev]. URL: <https://rg.ru/2019/03/04/kazhdyy-piatyy-pacient-v-rossii-stalkivaetsya-s-vrachebnoj-oshibkoj.html> (in Russian)

Szabo L., KFF Health News. (2024) Women and Minorities Bear the Brunt of Medical Misdiagnosis. URL: <https://www.poz.com/article/women-minorities-bear-brunt-medical-misdiagnosis>

Haustein D., Riggs R., McLaughlin M. (2013) Clinical informatics in rehabilitation practice. *AAPMR Now*. Originally published: September 20, 2013; last updated: February 13. — 2017. URL: <https://now.aapmr.org/clinical-informatics-in-rehabilitation-practice/>

- Alanazi A., Alanazi M., Aldosari B. (2023) Personal Health Record (PHR) Experiences and Recommendations for a Transformation in Saudi Arabia. *Journal of Personalized Medicine*. —. P. 13:1275. <https://doi.org/10.3390/jpm13081275>
- Kamalov F., Pourghhebleh B., Gheisari M., Liu Y., Moussa S. (2023) Internet of Medical Things Privacy and Security: Challenges, Solutions, and Future Trends from a New Perspective. *Sustainability*. — 15:3317. <https://doi.org/10.3390/su15043317>
- Chang C.-S., Wu T.-H., Wu Y.-C., Han C.-C. (2023) Bluetooth-Based Healthcare Information and Medical Resource Management System. *Sensors*, 23:5389. <https://doi.org/10.3390/s23125389>
- De la Iglesia D.H., Mendes A.S., González G.V., Jiménez-Bravo D.M., de Paz Santana J.F. (2020) Connected Elbow Exoskeleton System for Rehabilitation Training Based on Virtual Reality and Context-Aware. *Sensors*, 20:858. <https://doi.org/10.3390/s20030858>
- Uddin R., Koo I. (2024) Real-Time Remote Patient Monitoring: A Review of Biosensors Integrated with Multi-Hop IoT Systems via Cloud Connectivity. *Applied Sciences*, 14:1876. <https://doi.org/10.3390/app14051876>
- Jang J.S., Kim N., Lee S.H. (2022) Scalable and Interoperable Platform for Precision Medicine: Cloud-based Hospital Information Systems. *Healthcare Informatics Research*, 28(4):285–286. <https://doi.org/10.4258/hir.2022.28.4.285>
- Ishwaran, H., Kogalur, U. B., Blackstone, E. H., & Lauer, M. S. (2008). Random survival forests.
- Sze V., Chen, Y.H., Yang T.J., & Emer J.S. (2017). Efficient processing of deep neural networks: A tutorial and survey. *Proceedings of the IEEE*. — 105(12). — P. 2295-2329.
- Rao, C. R., Toutenburg, H., Rao, C. R., & Toutenburg, H. (1995). Linear models. — P. 3-18. Springer New York.
- Hearst, M. A., Dumais, S. T., Osuna, E., Platt, J., & Scholkopf, B. (1998). Support vector machines. *IEEE Intelligent Systems and their applications*. — 13(4). — P. 18-28.

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

**[www:nauka-nanrk.kz](http://www:nauka-nanrk.kz)**

**<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>**

**ISSN2518-1726 (Online),**

**ISSN 1991-346X (Print)**

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш.Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д.Жадыранова*

Подписано в печать 20.06.2025.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать –ризограф.

20,0 п.л. Заказ 2.

---

*Национальная академия наук РК*

*050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-19*