

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE NATIONAL ACADEMY
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN

SERIES OF PHYSICS AND MATHEMATICS

1 (353)

JANUARY – MARCH 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

БАС РЕДАКТОР:

МҮТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан), <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, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

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

БАЙГҮНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, Сәтбаев университеті (Алматы, Қазақстан), <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 Анджей, 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)), ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8701101900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1436451>

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

ОГМАН 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, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <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 меңгерушісі (Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603642864>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802016>

КАПАЛОВА Нұрсұлу Алдажарқызы, техника ғылымдарының кандидаты, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты», Киберқауіпсіздік зертханасының меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>,

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина Ұлттық Ғылым академиясының академигі, Қолданбалы 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 Ұлттық Ғылым академиясының академигі (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

ТИГИНЯНУ 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>

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математика сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы).

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

Тақырыптық бағыты: *ақпараттық-коммуникациялық технологиялар*

Қазіргі уақытта: *«ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» бағыты бойынша ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдар тізіміне енді.*

Мерзімділігі: *жылына 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 Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Галимканр 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 Саппаева (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 (Люблин, 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 (Люблин, 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 Сауле 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 Нурсулу 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 Беларуси (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: *Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).*

Свидетельство о постановке на переучет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № **KZ20VPU00113741**. Дата выдачи **28.02.2025**

Тематическая направленность: *информационно-коммуникационные технологии.*

В настоящая время: *вошел в список журналов, рекомендованных КОКРНВО 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

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>

WOJCIK 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/>

NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES
ISSN 1991-346X
Volume 1. Number 353 (2025). 227–241

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1726.336>

УДК 004.931

**A.R. Orazayeva¹, ©J.A. Tussupov¹, A.K. Shaikhanova¹, G.B. Bekeshova¹,
A.D. Galymova², 2025.**

¹Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan;

²Semey Medical University, Semey, Kazakhstan.

E-mail: tussupov@mail.ru

FUZZY EXPERT SYSTEM FOR ASSESSING DYNAMIC CHANGES IN BIOMEDICAL IMAGES OF BREAST CANCER TUMORS

Orazayeva Ainur Rishatovna – Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, PhD, Astana, Kazakhstan, E-mail: oaris.83@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2899-9886>;

Tussupov Jamalbek Aliaskarovich – Professor, Department of Information Systems, Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan, E-mail: tussupov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9179-0428>;

Shaikhanova Aigul Kayrulaevna – PhD, Professor of the Department of Information Security, L.N. Gumilyov Eurasian National University; Astana, Kazakhstan, E-mail: shaikhanova_ak@enu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>;

Bekeshova Gulvira Bauyrzhanovna – Senior Lecturer, L.N. Gumilev Eurasian National University, Master, Astana, Kazakhstan, E-mail: gulvirabauyrzhanovna@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1635-4693>;

Galymova Assem Duysengalikyzy – lecturer of the Department of General Education Disciplines of the “Semey Medical University” NCJSC, Master of Natural Sciences, Semey, Kazakhstan. e-mail: galymova.aseem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9570-0971>.

Abstract. This article discusses the development of a fuzzy expert system for analyzing dynamic changes in biomedical images of breast cancer tumors. Modern medical imaging methods allow obtaining detailed images of tumor formations, but accurate interpretation of the dynamics of their changes remains a difficult task due to the high variability of biological processes and the influence of external factors. The use of fuzzy logic in expert systems allows taking into account data uncertainty, which helps to improve the accuracy of diagnosis and control over the effectiveness of treatment. In a medical expert system for diagnosing breast cancer using image analysis, the results of processing are used to confirm the diagnosis, select treatment methods, and draw predictive conclusions. Various tests are provided for diagnosing breast cancer tumors. The proposed system includes several main modules: image preprocessing, extraction of information features, formation of fuzzy rules, and decision making. Image processing algorithms allow analyzing the textural,

morphological, and color characteristics of the tumor, as well as assessing changes in its size, shape, and structure. The developed expert system uses a fuzzy rule base based on clinical guidelines and expert knowledge, which ensures the flexibility and adaptability of the model. Experimental studies conducted on real medical data confirmed the effectiveness of the proposed approach. The use of fuzzy logic made it possible to reduce the likelihood of diagnostic errors and increase the reliability of assessing the dynamics of the tumor process. The results obtained can be used for automated decision support in oncology, improving the quality of diagnostics and personalizing treatment.

Key words: information expert system, fuzzy sets, sensors, medical imaging, breast cancer.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

**А.Р. Оразаева¹, ©Д.А. Тусупов¹, А.К. Шайханова¹, Г.Б. Бекешова¹,
Ә.Д. Ғалымова², 2025.**

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

²Семей Медицина Университеті, Семей, Қазақстан.

E-mail: tussupov@mail.ru

СҮТ БЕЗІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІ КЕЗІНДЕ ІСІКТІҢ БИОМЕДИЦИНАЛЫҚ КЕСКІНДЕРІНДЕГІ ДИНАМИКАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ БАҒАЛАУҒА АРНАЛҒАН АНЫҚ ЕМЕС САРАПТАМА ЖҮЙЕСІ

Оразаева Айнур Ришатовна – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, E-mail: oaris.83@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2899-9886>;

Тусупов Джамалбек Алиаскарович – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры, ф.-м.ғ.д., Астана, Қазақстан, E-mail: tussupov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9179-0428>;

Шайханова Айгуль Кайрулаевна – PhD, ақпараттық қауіпсіздік кафедрасының профессоры, Л. Н Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан, E-mail: shaikhanova_ak@enu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>;

Бекешова Гульвира Бауыржановна – Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің аға оқытушысы, магистр, Астана, Қазақстан, E-mail: gulvirabauyrzhanovna@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1635-4693>;

Ғалымова Әсем Дүйсенғалиқызы – «Семей Медицина Университеті» КеАҚ, Жалпы білім беру пәндері кафедрасының оқытушысы, жаратылыстану ғылымдарының магистрі, Семей, Қазақстан, E-mail: galymova.asem@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9570-0971>.

Аннотация. Берілген мақалада сүт безі қатерлі ісігі ісіктерінің биомедициналық кескіндеріндегі динамикалық өзгерістерді талдау үшін анық емес сараптамалық жүйенің дамуы талқыланады. Заманауи медициналық бейнелеу әдістері ісік түзілімдерінің егжей-тегжейлі кескіндерін алуға мүмкіндік береді, бірақ олардың өзгерістер динамикасын дәл түсіндіру биологиялық процестердің жоғары өзгергіштігіне және сыртқы факторлардың әсеріне байланысты қиын міндет болып қала береді. Сараптамалық

жүйелерде анық емес логиканы қолдану деректердің белгісіздігін есепке алуға мүмкіндік береді, бұл диагноздың дәлдігін және емдеу тиімділігін бақылауды жақсартуға көмектеседі. Кескінді талдау арқылы сүт безі қатерлі ісігін диагностикалауға арналған медициналық сараптама жүйесінде өңдеу нәтижелері диагнозды растау, емдеу әдістерін таңдау және болжамды қорытындылар жасау үшін пайдаланылады. Сүт безі қатерлі ісігінің ісіктерін диагностикалау үшін әртүрлі сынақтар қарастырылған. Ұсынылған жүйе бірнеше негізгі модульдерді қамтиды: кескінді алдын ала өңдеу, ақпараттық мүмкіндіктерді шығару, анық емес ережелерді қалыптастыру және шешім қабылдау. Кескінді өңдеу алгоритмдері ісіктің текстуралық, морфологиялық және түстік сипаттамаларын талдауға, сондай-ақ оның өлшеміндегі, пішініндегі және құрылымындағы өзгерістерді бағалауға мүмкіндік береді. Өзірленген сараптамалық жүйе клиникалық нұсқаулар мен сарапшылық білімге негізделген анық емес ережелер базасын пайдаланады, бұл модельдің икемділігі мен бейімделуін қамтамасыз етеді. Нақты медициналық деректер бойынша жүргізілген эксперименттік зерттеулер ұсынылған тәсілдің тиімділігін растады. Анық емес логиканы қолдану диагностикалық қателердің ықтималдығын азайтуға және ісік процесінің динамикасын бағалаудың сенімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Алынған нәтижелерді онкологиядағы шешімдерді автоматтандырылған қолдауға, диагностиканың сапасын арттыруға және емдеуді дербес етуде қолдануға болады.

Түйін сөздер: ақпараттық сараптама жүйесі, анық емес жинақтар, датчиктер, медициналық бейнелеу, сүт безі қатерлі ісігі.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдемейді.

**А.Р. Оразаева¹, © Д.А. Тусупов¹, А.К. Шайханова¹, Г.Б. Бекешова¹,
А.Д. Галымова², 2025.**

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан;

²Медицинский Университет Семей, Семей, Казахстан.
E-mail: tussupov@mail.ru

НЕЧЕТКАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В БИМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ОПУХОЛЕЙ ПРИ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Оразаева Айну́р Ришатовна – Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, E-mail: oaris.83@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2899-9886>;

Тусупов Джамалбек Алиаскарович – профессор кафедры информационных систем Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, д.ф.-м.н., Астана, Казахстан, E-mail: tussupov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9179-0428>;

Шайханова Айгуль Кайрулаевна – PhD, профессор кафедры информационной безопасности, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, E-mail: shaikhanova_ak@enu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-6006-4813>;

Бекешова Гульвира Бауыржановна – магистр, старший преподаватель Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, E-mail: gulvirabauyrzhanovna@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1635-4693>;

Галымова Асем Дуйсенгаликызы – преподаватель кафедры общеобразовательных дисциплин НАО «Медицинский Университет Семей», магистр естественных наук, Семей, Казахстан, E-mail: galymova.aseм@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9570-0971>.

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка нечеткой экспертной системы для анализа динамических изменений биомедицинских изображений опухолей молочной железы. Современные методы медицинской визуализации обеспечивают детальные изображения опухолей, но их динамическая интерпретация затруднена высокой изменчивостью биологических процессов и внешними факторами. Применение нечеткой логики в экспертных системах позволяет учитывать неопределенность данных, повышая точность диагностики и эффективность контроля лечения.

Разрабатываемая система состоит из нескольких модулей: предобработки изображений, извлечения информативных признаков, формирования нечетких правил и принятия решений. Алгоритмы обработки изображений анализируют текстурные, морфологические и цветовые характеристики опухоли, а также изменения ее размеров, формы и структуры. Система использует нечеткую базу правил, основанную на клинических рекомендациях и экспертных знаниях, обеспечивая гибкость и адаптивность модели.

Экспериментальные исследования на реальных медицинских данных подтвердили высокую эффективность предложенного подхода. Применение нечеткой логики снизило вероятность диагностических ошибок и повысило достоверность оценки динамики опухоли. Результаты исследования могут применяться для автоматизированной поддержки принятия решений в онкологии, улучшения диагностики и персонализированного лечения.

Ключевые слова: информационная экспертная система, нечеткие множества, датчики, медицинская визуализация, рак молочной железы.

Кіріспе

Зерттеушілер 2040 жылға қарай онкологиялық аурулардың жыл сайынғы саны 47 пайызға артып, 28,4 миллионға жетеді деп болжайды. Бұл жағдайлардың көпшілігі адам дамуының төмен және орташа индекстері бар елдерде орын алады (Ротштейн, 1998). Осы елдердің көпшілігінде темекі шегу, дұрыс емес тамақтану, семіздік және отырықшы өмір салты сияқты қауіп факторлары айтарлықтай артады деп күтілуде (Серкова, 2017). Қатерлі ісікпен сырқаттанушылық пен өлім-жітім популяция құрылымының, өмір сүру жағдайының және денсаулық сақтау жүйесінің жағдайды басқару қабілетінің өзгеруіне әсер етеді (Тарчинска, 2020).

Қазіргі уақытта онкологияның өзекті мәселелерінің бірі сүт безі қатерлі ісігінің (СБКІ) алдын алу болып табылады (Кателян, 2019). Сүт безі қатерлі ісігін диагностикалау қазіргі заманғы медицинада қолданылатын диагностикалық әдістердің күрделі кешенін қамтиды (Козловска, 2016). Осы саладағы перспективті тәсіл сүт безі қатерлі ісігімен сырқаттанушылыққа әсер ететін қауіп факторларының комбинациясын анықтау арқылы Қазақстанның әртүрлі аймақтарында сүт безі қатерлі ісігі бойынша жеке тәуекелді бағалау және жоғары тәуекел топтарын құру болып табылады (Вольфсдорф Джозеф, 2018).

Бұл зерттеудің мақсаты онкологиялық ауруларды диагностикалау үшін биомедициналық кескінді талдауға негізделген анық емес сараптамалық жүйені әзірлеу, кейс ретінде сүт безі қатерлі ісігін қолдану. Медициналық ақпараттық жүйелер анық емес және белгісіз ортада медициналық шешімдерді қолдау жүйелерімен интеграциялануымен сипатталады. Ауруларды диагностикалау белгісіздік пен анықсыздықтың бірнеше деңгейін қамтиды (Таубаев, 2020). Қазіргі уақытта белгісіздік ғылымда және анық емес логикада маңызды мәнге ие, ол табиғи тіл арқылы модельдеу және коммуникация әдісін қамтамасыз етеді (Абдикеримова, 2019). Қолданбалы жасанды интеллект жүйелерінің саны, ең алдымен, символдық өңдеуге емес, анық емес есептеулерге негізделген айтарлықтай өскені анық.

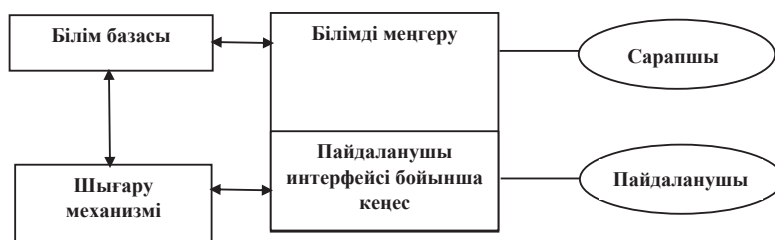
Жасанды интеллект теориясы қазір әртүрлі салаларда, соның ішінде медицинада кеңінен қолданылады. Дәрігерлерге әртүрлі ауруларды диагностикалау және емдеуге көмектесу үшін көптеген шешімдерді қолдау жүйелері (DSS) әзірленді, мысалы, Aaphelp, Internist I, Mycin, Emycin, Casnet/Glaucoma, Pip, DXplain, Concise Medical Manual, Isabel, Refiner Series жүйесі және RMA. Онкологиялық ауруларды емдеу үшін ONCOCIN, OASIS және Lisa сияқты жүйелер әзірленді (Василевский, 2018). Бұған қоса, көптеген медициналық қолданбалар анық емес логиканы пайдаланады, соның ішінде CADIAG, MILORD, DOCTORMOON, TxDENT, MedFrame/CADIAG-IV, Fuzzy Expert System және MDSS (Ангелский, 2010). Сүт безі қатерлі ісігін диагностикалауда DSS өте маңызды, өйткені ол бүкіл әлем бойынша әйелдер өлімінің басты себебі болып табылады. Бұл жүйелердің мүмкіндіктерін талдау анық емес логиканың жоғары тиімді есептеу әдісі екенін көрсетеді (Ушенко, 2011).

Әдістер мен материалдар.

Кескінді талдау арқылы сүт безі қатерлі ісігін диагностикалауға арналған медициналық сараптама жүйесінде өңдеу нәтижелері диагнозды растау, емдеу әдістерін таңдау және болжамды қорытындылар жасау үшін пайдаланылады (Заболотна, 2013). Медициналық диагностикалық ақпараттық жүйелерді әзірлеу кезінде диагностиканың ерте кезеңдерінде сүт безі патологиясының белгілерін анықтау үшін параметрлерді талдау өте маңызды (Нижинска-Астапенк, 2021).

Медициналық сараптама жүйесін құру кезінде бірнеше міндеттерді шешу қажет: жүйенің мақсатын анықтау; оның құрылымдық негізін таңдау; зерттелетін нозологиялық формалардың тізімін құрастыру және талдау; симптомдардың ауырлығы мен ағзаның функционалдық жағдайы туралы статистикалық сенімді ақпаратты жинау; биомедициналық ақпаратты өңдеу әдісін таңдау және биомедициналық ақпаратты бағалау алгоритмін әзірлеу және диагностикалық және болжамдық қорытындыларды жасау (Оразаева, 2022).

1-суретте берілген MES құрылымы интерфейстің екі функциясымен компьютерлік бағдарламасы бар екенін көрсетеді: сарапшыдан білім алу және пайдаланушымен диалог жүргізу.



Сур. 1. Медициналық сараптама жүйесінің архитектурасы
(Fig. 1. Architecture of a medical expert system)

Сараптамалық жүйе жұмысының нәтижесі белгілі бір категорияға жататын ықтималдығын көрсететін қорытынды болып табылады (Квьетный, 2015). Бұл сараптамалық жүйенің айрықша ерекшелігі, ол сараптамалық білімдерді қосумен қатар, кескіндерді автоматтандырылған өңдеу арқылы алынған сандық өлшемдерден мәліметтер базасын жасайды (Заболотна, 2020).

Биомедициналық кескіндерді компьютерлік өңдеудің заманауи әдістері диагностиктердің жақсы көрнекі қабылдауы үшін кескіндерді жақсартады, бұл жоғары сенімді диагноздарға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе сүт безі қатерлі ісігін талдауда маңызды (Омиотек, 2021). Сүт безі қатерлі ісігін диагностикалау кезінде биомедициналық кескіндерді талдауды автоматтандыру үшін бастапқы кезең кескінді бұрмалайтын факторларды басу үшін кескінді жақсарту процедураларын қамтиды (мысалы, шуды сүзгілеу және жарықтандырудың бұзылуын жою) (Билинский, 2017). Сипаттау кезеңінде объектінің ерекше белгілері есептеледі, ал соңғы кезеңде объект белгілі бір категорияға жіктеледі. Осы үш кезеңнің ең маңыздысы – бейнені түсіндіру (сурет 2). Тану нәтижесі таңдалған мүмкіндіктерге және олардың ақпараттық мазмұнына байланысты болады, бұл мүмкіндік мәніне негізделген нысанды жіктеу мүмкіндігін анықтайды. Факторлардың екі тобын анықтауға болады: объектінің өзінің қасиеттері (мысалы, онкопатология учаскесінің суреттері) және кескіннің қалыптасу шарттары (сенсордың шуы және біркелкі емес жарықтандыру сияқты).

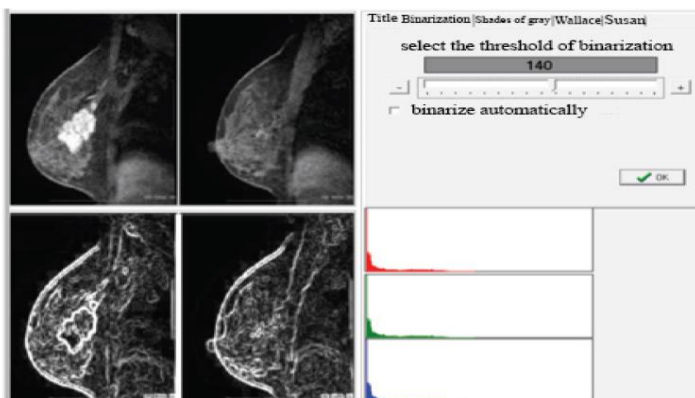


Сур. 2. Объектіні танудағы кескінді өңдеу кезеңдері
(Fig. 2. Stages of image processing in object recognition)

Қазіргі уақытта оптоэлектронды жүйелер негізінен ісік мөлшерін жергілікті анықтауға бағытталған сүт безі қатерлі ісігін бейнелеуді зерттеуде қолданылады. Патология дәрежесін және ауру ықтималдығын бағалау үшін шешуші болып табылатын клиникалық маңызды көрсеткіштерге диаметр және қисықтық сияқты әртүрлі статистикалық параметрлер кіреді. Сондықтан диагностикалық жабдық кескінді өңдеудің сенімділігі, дәлдігі және жылдамдығы бойынша жоғары стандарттарға сай болуы керек. Дегенмен, онкологиядағы заманауи диагностикалық жүйелер көбінесе бұл талаптарға сәйкес келмейді. Сонымен қатар, осы саладағы медициналық диагностикалық жабдықтардың стандарттары үнемі өсіп келеді, бұл жаңа ақпараттық әдістер мен озық құралдарды пайдалануды қажет етеді.

Әдетте кіріс кескіннің элементтік функционалдық түрлендірулері арқылы сипатталатын детерминирленген бұрмаланулардан айырмашылығы, кездейсоқ әсерлер аддитивтік, импульстік және мультипликативті шу үлгілері арқылы модельденеді. Биомедициналық кескіндерді өңдеу сапасын арттыру үшін әдетте Кирш, Робертс, Собел, Уоллес және Сюзан сияқты алгоритмдер қолданылады.

Кирш сүзгісі 3×3 2D диафрагмасымен жұмыс істейді (белгілі бір уақытта сүзгі арқылы тікелей өңделген кескін бөлігі). Сонымен қатар, кескін элементтерінің тізбегі $([X][X][X])$ болып табылатын терезеге сілтеме жасағанда, бұл түрлендіру бір өлшемді деп аталады, сәйкес, екі өлшемді түрлендіру де бар.



Сур. 3. Сүт безі қатерлі ісігіндегі ісіктердің онкологиялық кескіндерін өңдеу үшін Кирш сүзгісін қолдану
(Fig. 3. Application of the Kirsch filter for processing oncological images of tumors in breast cancer)

Диафрагма келесідей көрінеді:

A0	A1	A2
A7	F	A3
A6	A5	A4

$$S_i = A_i + A_i(+1) + A_i(+2)$$

$$T_i = A_i(+3) + A_i(+4) + A_i(+5) + A_i(+6) + A_i(+7).$$

Біріншіден, циклде S_i және T_i айнымалыларының барлық мәндері жоғарыда келтірілген формулаларға сәйкес есептеледі, онда «(+))» 8 қосу модулін білдіреді. Әрі қарай, модульдердің айырмашылығының мәндерін табамыз $|5 \cdot S_i - 3 \cdot T_i|$ әрбір i үшін 0-ден 7-ге дейін және осы модульдер арасындағы ең үлкен мән:

$$F' = \max_{i=0..7} (|5 \cdot S_i - 3 \cdot T_i|)$$

F' соңғы мәні F элементіне енгізіледі, содан кейін жұмыс терезесі ауыстырылады. Кириш сүзгісін қолдануға негізделген сүт безі қатерлі ісігінің биомедициналық ісік кескінін өңдеу нәтижесі 3-суретте көрсетілген.

Клиникалық зерттеулер көбінесе нақты цифрлық критерийлерді ғана емес, сонымен қатар индекстердің (терминдердің) өзгерістерінің белгілі бір тілдік сипаттамаларын қажет ететінін ескере отырып, авторлар олардың кейбіреулерін анық емес логиканың математикалық құралдарын пайдалана отырып талдаған. Бұл тәсіл сипаттамалық сипаттамалары мен сапалы мазмұны бар критерийлер үшін бір мәнді сандық өрнекті алуға мүмкіндік береді, мысалы: L – төмен, LA – орташадан төмен, A – орташа, HA – орташадан жоғары, H – жоғары. Бұл терминдердің әрқайсысы анық емес жиын болып табылады, арнайы мүшелік функциялары арқылы тағайындалған және 0-ден 1-ге дейінгі сандық дәрежелері бар белгілі бір интервалмен ұсынылуы мүмкін. Жиынға абсолютті мүше еместік 0 және абсолютті мүшелік 1 арқылы көрсетіледі.

Сүт безі қатерлі ісігінің ісіктерін диагностикалау үшін әртүрлі сынақтар қарастырылды, соның ішінде бейнелеу, маммография, ультрадыбыстық, МРТ және биопсия. 120 суретке көппараметрлік талдау жүргізілді. «Норма» және «патология» топтары үшін олардың өзгеру аралықтары 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1. «Норма» және «патология» топтары үшін олардың өзгеру интервалдары

Level of pathology	Evidence				
	Visual interpretation (X1)	X-ray mammography (X2)	Tumor size (X3)	Ultrasound (X4)	Tumor marker (X5)
Norm Category 1	Absence of pathological structures	Smooth and clear contours, no calcifications, moderate density, no stellation	0	Echogenicity, even contours, no calcifications, normal lymph nodes	0÷22 Unit/ml

Pathology Category 2	Structures that have signs of an unconditionally benign anature	Smooth and clear contours, no calcifications, slow growth, increased density, no stellation	0,5 cm		0÷22 Unit/ml
Pathology Category 3	Structures with signs of a benign nature, with a risk of malignancy of not more than 2%	Irregular contours, no calcifications, increased radiographic density, no stellation	0,5 ÷ 1 cm	Anechogenicity or hyoechogenicity, uneven contours, no calcifications, axillary enlarged rounded lymph nodes	22÷30 Unit/ml
Pathology Category 4	Structures suspicious of a malignant process, but do not have all the signs of cancer		1 ÷ 3 cm		22÷30 Unit/ml
Pathology Category 5	Extremely high probability(more than 95%) malignancy of changes	Irregularity of contours, inclusion of calcifications, increased radiographic density, stellation of the structure, rapid growth	over 3 cm	Anechogenicity or hyoechogenicity, uneven contours and stellation, inclusions of calcifications, axillary enlarged rounded lymph nodes	over 40 Unit/ml
Pathology Category 6	Malignant formations		The likelihood that the tumor is growing in size		over 40 Unit/ml

1-кесте негізінде анық емес терминдер негізінде сүт безі қатерлі ісігінің ауырлық деңгейін бағалау үшін деректер базасы жасалды (2-кесте). Деректер базасынан әрбір көрсеткіш үшін индекстерді ресімдеу үшін сәйкес мүшелік функциялары анықталады.

Кесте 2. Анық емес терминдерге негізделген сүт безі қатерлі ісігінің ауырлық дәрежесін бағалау деректер базасы

Level of pathology	Signs				
	X1	X2	X3	X4	X5
Norm/ Category 1	L	L	L	L	L
	L	L	L	L	LA
Pathology/Category 2	L	L	LA	L	L
	L	L	LA	L	LA
Pathology/Category 3	L	A	LA	A	A
	L	A	A	A	A
Pathology/Category 4	A	A	LA	A	A
	A	A	A	A	A

	L	A	HA	A	A
Pathology/Category 5	H	H	HA	H	H
Pathology/Category 6	H	H	H	H	H

Сондықтан сүт безі қатерлі ісігінің ауырлық деңгейін бағалаудың математикалық үлгілері келесі формаға ие (1):

$$\begin{aligned}
 \mu^{d1}(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) &= \mu^L(X_1) \cdot \mu^L(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^L(X_4) \cdot \mu^L(X_5) \cup \\
 &\quad \mu^L(X_1) \cdot \mu^L(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^L(X_4) \cdot \mu^{LA}(X_5); \\
 \mu^{d2}(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) &= \mu^L(X_1) \cdot \mu^L(X_2) \cdot \mu^{LA}(X_3) \cdot \mu^L(X_4) \cdot \mu^L(X_5) \cup \\
 &\quad \mu^L(X_1) \cdot \mu^L(X_2) \cdot \mu^{LA}(X_3) \cdot \mu^L(X_4) \cdot \mu^{LA}(X_5); \\
 \mu^{d3}(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) &= \mu^L(X_1) \cdot \mu^A(X_2) \cdot \mu^{LA}(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cdot \mu^A(X_5) \cup \\
 &\quad \mu^L(X_1) \cdot \mu^A(X_2) \cdot \mu^A(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cdot \mu^A(X_5); \\
 \mu^{d4}(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) &= \mu^A(X_1) \cdot \mu^A(X_2) \cdot \mu^{LA}(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cdot \mu^A(X_5) \cup \\
 \mu^A(X_1) \cdot \mu^A(X_2) \cdot \mu^A(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cdot \mu^A(X_5) \cup &\quad \mu^A(X_1) \cdot \mu^A(X_2) \cdot \mu^{HA}(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \\
 &\quad \cdot \mu^A(X_5); \\
 \mu^{d5}(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) &= \mu^H(X_1) \cdot \mu^H(X_2) \cdot \mu^{HA}(X_3) \cdot \mu^H(X_4) \cdot \mu^H(X_5); \\
 \mu^{d6}(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) &= \mu^H(X_1) \cdot \mu^H(X_2) \cdot \mu^H(X_3) \cdot \mu^H(X_4) \cdot \mu^H(X_5).
 \end{aligned} \tag{1}$$

Теңдеулерді құру үшін мүшелік функцияларын анықтау қажет, ол үшін барлық x_i факторлары үшін j (H, HA, A, LA, L) барлық анық емес мүшелерінің $\mu^j(x_i)$ (бұл жағдайда j – симметрия коэффициентінің мәні, i – зерттеу интервалы: $i = 1, 4$) анықтау керек. Егер норма түрі жоғары деңгей норманың нұсқасы ретінде қарастырылса, онда теңдеулерді құру бес анық емес мүше (L, LA, A, HA, A) үшін орындалуы керек.

Мүшелік функциялардың графиттік формасы 4суретте көрсетілген. Ұқсас қисықтарды таңдау олардың жұптық салыстыру әдісімен $x_1 \div x_5$ коэффициенттері үшін алынған $\mu^j(x_i)$ сарапшылық мүшелік функцияларының бөліктік сызықтық жуықтаулары болуына байланысты.

$\mu^j(u)$ функциясынан $\mu^j(x_i)$ қажетті функцияларға көшу келесі түрде жүзеге асырылады:

$$u_i = 4 \frac{x_n - \bar{x}_n}{\bar{x}_n - x_n}, \widetilde{\mu^j}(u_n) = \mu^j(x_n) \tag{2}$$

Арудың ауырлығына қатысты шешім қабылдау келесі алгоритмді ұстануы мүмкін:

1-қадам: нақты емделуші үшін факторлардың мәндерін жазыңыз $x_n (n = 1,5)$.

2-қадам: (1) теңдеулерді пайдаланып, x_n факторларының тіркелген мәндері үшін $\mu^j(x_n)$ мүшелік функцияларының мәндерін анықтаңыз.

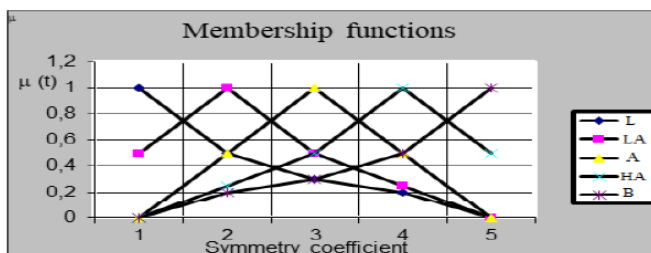
3-қадам: $n = 1,5$ үшін логикалық теңдеулерді пайдаланып, барлық ауырлық дәрежесі dn үшін $\mu^{d_{in}}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ мүшелік функцияларын есептеңіз. $\mu(a)$ және $\mu(b)$ мүшелік функцияларының үстіндегі $I(\cdot)$ және $OR(V)$ операциялары тиісінше \min және \max амалдарымен ауыстырылады.

$$\mu(a) \cdot \mu(b) = \min[\mu(a), \mu(b)] \tag{3}$$

$$\mu(a) \cup \mu(b) = \max[\mu(a), \mu(b)] \tag{4}$$

4-қадам: Шешімді анықтаңыз.

$$\mu^{d_0}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max[\mu^{d_n}(x_1, x_2, \dots, x_n)] \tag{5}$$

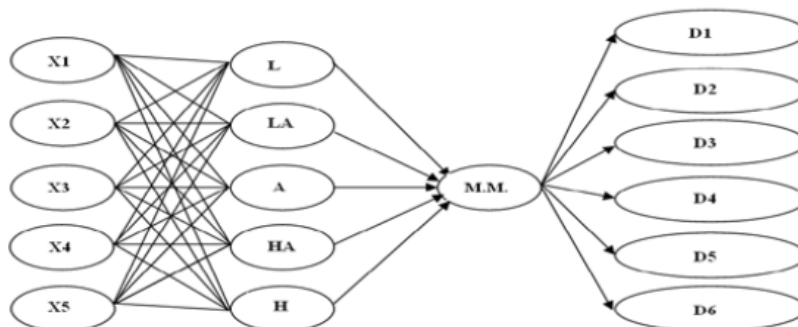


Сур. 4. Анық емес терминдердің мүшелік функциялары
(Fig. 4. Membership functions of fuzzy terms)

Қажетті диапазон осы шешімге сәйкес келеді, бұл диапазон сүт безі қатерлі ісігінің ауырлығын көрсетеді.

Нәтижелер және оларды талқылау

Реттеу блоктарын, мүшелік функцияларды сақтауды, анық емес өндеуді және сараптамалық жүйеде шығаруды іске асыру анық емес логиканы пайдалана отырып жарамды диагнозды алу принциптеріне негізделген. Сүт безі қатерлі ісігінің ауырлық дәрежесін бағалау үшін анық емес логикалық блоктарды енгізу негізінде сүт безі қатерлі ісігінің ауырлығын бағалаудың ақпараттық-медициналық сараптама жүйесінің негізгі идеологиясы 5-суретте көрсетілген. Бұл блоктарды іске асыру нәтижесі әзірленген бағдарламалық қабық болды, бұл жағдайда пайдаланушыға бағдарламаны іске қосқаннан кейін мәндердің төменгі және жоғарғы шкаласы мәнін, яғни белгілі бір патологияның деректер базасына енгізу сұралады, біздің жағдайда анықтама үшін негізгі мәндерді енгіземіз.

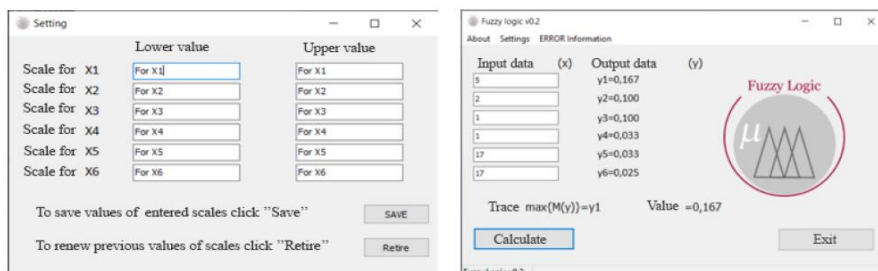


Сур. 5. Ауырлықты бағалауға арналған анық емес логикалық блоктар
(Fig. 5. Fuzzy logic blocks for the assessment of the severity stage)

Бұл блоктарды іске асыру нәтижесі келесідей қызмет ететін бағдарламалық құрал қабығы болып табылады:

1. Бағдарламаны іске қосқаннан кейін пайдаланушыға осы жағдайда қан газдары сияқты нақты индекстерге негізделген дерекқордан мәндердің жоғарғы және төменгі шегін енгізу ұсынылады. Бұл мәндер анықтау үшін негіз болады.

2. Бағдарламаны жалғастыру үшін пайдаланушы барлық өрістерді толтырғаннан кейін «сақтау» түймесін басу керек. Бұрын енгізілген деректерді қалпына келтіру үшін пайдаланушы «retire» түймесін басу керек.



Сур. 6. Бағдарламаның диалогтық терезесінің мысалдары
(Fig. 6. Examples of the dialog window of the program)

Қорытынды

Медициналық диагностикаға, атап айтқанда сүт безі қатерлі ісігін диагностикалауға арналған ақпараттық сараптамалық жүйені әзірлеу үшін анық емес жиындарды қолдану әдісі одан әрі жетілдірілді. Медициналық диагностикадағы математикалық әдістердің негізгі қолданулары талданды, олардың шектеулері бағаланды, анық емес логикаға негізделген принциптер белгіленді.

Негізгі ғылыми нәтижелер:

- Науқас жағдайының сандық және сапалық параметрлерін қамтитын анық емес логиканы пайдалана отырып, диагностикалық шешім қабылдауды формализациялау үшін математикалық модельдер мен алгоритмдер әзірленді.

- Мүшелік функциялардың математикалық модельдері осы параметрлерді анық емес жиындар ретінде көрсету үшін құрылды, олар диагностикалық модельдер мен сүт безі қатерлі ісігінің диагностикасын анықтау алгоритмдерінде қолданылады.

Әзірленген модельдер мен алгоритмдер жасанды интеллект, білім инженериясы, эксперименттік жоспарлау, анық емес жиындар теориясы және лингвистикалық айнымалылар принциптеріне негізделген. Эксперттік жүйе нақты деректер арқылы тексерілді.

Зерттеудің практикалық құндылығы. Зерттеу сүт безі қатерлі ісігінің ауырлығын жіктеу үшін анық емес логикаға негізделген автоматтандырылған сараптамалық жүйені пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл анық емес

сараптамалық жүйеге негізделген бағдарлама қабығы жасалды. Бұл қабық әртүрлі медициналық салаларда, соның ішінде клиникалық тәжірибе мен дәрігерді оқытуда интеллектуалды диагностикалық қолдау үшін қажетті объектіге бағытталған жүйелерді жобалау құралы ретінде қызмет ете алады. Қабықшаның көрнекті ерекшелігі - ол бағдарламалау немесе анық емес жиындар бойынша арнайы дайындықты қажет етпей, сараптамалық диагностикалық жүйелерді құруға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер

Rotshtein A. (1998). Design and Tuning of Fussy IF – THEN Vuly for Medical Didicol Diagnosis. In Fuzzy and Neuro-Fuzzy Systems in Medicine. USA, CRC-Press, pp. 235–295.

Serkova V.K., Pavlov S.V., Romanava V.A., et al. (2017). Medical expert system for assessment of coronary heart disease destabilization based on the analysis of the level of soluble vascular adhesion molecules. Proc.SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments, 104453O.

Tarczynska M., Sekula P., Gaweda K., Szubstarski M., Przybylski P. and Czekańska-Chehab E. (2020). Stress radiography in the diagnosis and assessment of the outcomes of surgical treatment of chronic anterolateral ankle instability,” *Acta Radiologica* 61(6), 783-788.

Katelyan O.V., Himych S.D., Kolesnic P.F., Barylo A.S., Pavlov V.S., Kozlovskaya T.I., Maciejewski M. & Kalizhanova A. (2019). Study of the peripheral blood circulation of an abdominal wall using optoelectronic plethysmograph. Information Technology in Medical Diagnostics II. CRC Press, Balkema book, Taylor & Francis Group, London, UK, pp. 119-125.

Kozlovskaya T.I., Sander S.V., et al. (2016). Device to determine the level of peripheral blood circulation and saturation. Proc. SPIE 10031, 100312Z.

Wolfsdorf Joseph I., et al. (2018). ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Diabetic ketoacidosis and the hyperglycemic hyperosmolar state. *Pediatric diabetes* 19, pp.155-177.

Taubayev G., Bychkov A.L., Murzin F.A., Khairulin S.S., Abdikerimova G.B. (2020). Machine learning algorithms and classification of textures. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* this link is disabled, 98(23), pp. 3854–3866.

Абдикеримова Г.Б., Бычков А.Л., Синьёв В., Мурзин Ф.А., Русских Н.Е., Рябчикова Е.И., Хайрулин С.С. (2019). Методы обнаружения и выделения областей на текстурных изображениях. *Вестник СибГУТИ*. (3):5-13.

Әбдікерімова Г.Б., Бычков А.Л., Хайрулин С.С., Ф.А.Мурзин, Н.Е. Русских, Рябчикова Е.И., Синьёв В. (2019). Трансмиссиялық электронды микроскоп арқылы алынған кескіндерді талдау. Бүгінгі материалдар: 12, 90–92 бб.

Абдикеримова Г.Б., Мурзин Ф.А., Бычков А.Л., Синьёв В.Е.И., Рябчикова Е.И. (2018). Микрофотографияда жасуша қабырғаларын сегменттеу үшін бағдарламалық құралдар. Теориялық және қолданбалы ақпараттық технологиялар журналы 96(15), 4783–479.

Vasilevskiy O., Didych V., et al. (2018). Method of evaluating the level of confidence based on metrological risks for determining the coverage factor in the concept of uncertainty. *Proceedings of SPIE* 10808, 108082C.

Angelsky O. V., Ushenko A. G., Ushenko Y. A. et al. (2010). Statistical, correlation, and topological approaches in diagnostics of the structure and physiological state of birefringent biological tissues,” CRC Press, USA, 21-67.

Ushenko Yu. A., Dubolazov O. V., Karachevtsev A. O. (2011). Statistical Structure of Skin Derma Mueller Matrix Images in the Process of Cancer Changes. *Optical Memory and Neural Networks (Information Optics)*. 20(2), 145-154.

Ushenko Yu. A., Sidor M. I., Bodnar G. B. (2014). Mueller-matrix mapping of optically anisotropic fluorophores of biological tissues in the diagnosis of cancer. *Quantum Electron*. 44(8), 785-790.

Zabolotna N. I., Wojcik W., Pavlov S. V., Ushenko O. G. Suleimenov B. (2013). Diagnostics of pathologically changed birefringent networks by means of phase Mueller matrix tomography. Proc. SPIE 8698, 86980C.

Nizhynska-Astapenko Z., Pavlov S., Vlasenko O., Wojcik W., et al. (2021). Information medical fuzzy-expert system for the assessment of the diabetic ketoacidosis severity on the base of the blood gases indices. Proc. SPIE 12126, Fifteenth International Conference on Correlation Optics, 1212626.

A.P. Ораззаева, Д.А. Тусупов, С.В. Павлов, Абдикеримова Г.Б. (2022). Эффективность обработки биомедицинских изображений рака молочной железы с использованием фильтров. Известия национальной академии наук Республики Казахстан. Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, серия физико-математическая, №. 1, 2022, С. 69-76.

Kvuetnyy R., Bunyak Y., Sofina O., et al. (2015). Blur recognition using second fundamental form of image surface. Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications, 98161A.

Zabolotna N. I., Sholota V. V., Okarskyi H.H. (2020). Methods and systems of polarization reproduction and analysis of the biological layers structure in the diagnosis of pathologies. Proc. SPIE 11369, 113691S.

Omiotek Z., Kotyra A. (2021). Flame image processing and classification using a pre-trained VGG16 model in combustion diagnosis. Sensors 21(2), 1-15.

Bilynsky Y., Sukhotska I., Yukysh S., et al. (2017). Controlling geometric dimensions of small-size complex-shaped objects. Proc. SPIE 10445, 104450I.

References

Rotshtein A. (1998). Design and Tuning of Fussy IF – THEN Vuly for Medical Didicol Diagnosis. In Fuzzy and Neuro-Fuzzy Systems in Medicine. USA, CRC-Press, pp. 235–295. (In English)

Serkova V.K., Pavlov S.V., Romanava V.A., et al. (2017). Medical expert system for assessment of coronary heart disease destabilization based on the analysis of the level of soluble vascular adhesion molecules. Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments, 104453O. (In English)

Tarczynska M., Sekula P., Gaweda K., Szubstarski M., Przybylski P. and Czekajska-Chehab E. (2020). Stress radiography in the diagnosis and assessment of the outcomes of surgical treatment of chronic anterolateral ankle instability,” Acta Radiologica 61(6), 783-788. (In English)

Katelyan O.V., Himych S.D., Kolesnic P.F., Barylo A.S., Pavlov V.S., Kozlovska T.I., Maciejewski M. & Kalizhanova A. (2019). Study of the peripheral blood circulation of an abdominal wall using optoelectronic plethysmograph. Information Technology in Medical Diagnostics II. CRC Press, Balkema book, Taylor & Francis Group, London, UK, pp. 119-125. (In English)

Kozlovska T.I., Sander S.V., et al. (2016). Device to determine the level of peripheral blood circulation and saturation. Proc. SPIE 10031, 100312Z. (In English)

Wolfsdorf Joseph I., et al. (2018). ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Diabetic ketoacidosis and the hyperglycemic hyperosmolar state. Pediatric diabetes 19, pp.155-177. (In English)

Taubayev G., Bychkov A.L., Murzin F.A., Khairulin S.S., Abdikerimova G.B. (2020). Machine learning algorithms and classification of textures. Journal of Theoretical and Applied Information Technology this link is disabled, 98(23), pp. 3854–3866. (In English)

Abdikirimova G.B., By'chkov A.L., Sin'yuy V., Murzin F.A., Russkix N.E., Ryabchikova E.I., Xajrulin S.S. (2019). Metody` obnaruzheniya i vy`deleniya oblastej na teksturny`x izobrazheniyax [The method of detection and selection of areas in texture images]. Vestnik SibGUTI. (3):5-13. (In rus)

Abdikirimova G.B., By'chkov A.L., Xajrulin S.S., F.A.Murzin, N.E. Russkix, Ryabchikova E.I., Sin`yu V. (2019). Transmissiyaly`k e`lektrondy` mikroskop arky`ly` aly`nfan keskinderdi taldau [Analysis of images obtained with a transmission electron microscope]. By`gingi materialdar: 12, 90–92 bb. (In kaz)

Abdikirimova G.B., Murzin F.A., By'chkov A.L., Sin`yu V.E.I., Ry`bchikova E.I. (2018). Mikrofotografiyada zhasusha kabyy`rralary`n segmentteu yshin bardarlamaly`k qyraldar [Software

tools for segmenting cell walls in microphotography]. *Teoriyalı'k zhāne qoldanbaly'k aqparatty'k texnologiyalar zhurnaly'* 96(15), 4783–479. (In kaz)

Vasilevskiy O., Didych V., et al. (2018). Method of evaluating the level of confidence based on metrological risks for determining the coverage factor in the concept of uncertainty. *Proceedings of SPIE 10808, 108082C.* (In English)

Angelsky O. V., Ushenko A. G., Ushenko Y. A. et al. (2010). Statistical, correlation, and topological approaches in diagnostics of the structure and physiological state of birefringent biological tissues,” *CRC Press, USA, 21-67.* (In English)

Ushenko Yu. A., Dubolazov O. V., Karachevtsev A. O. (2011). Statistical Structure of Skin Derma Mueller Matrix Images in the Process of Cancer Changes. *Optical Memory and Neural Networks (Information Optics).* 20(2), 145-154. (In English)

Ushenko Yu. A., Sidor M. I., Bodnar G. B. (2014). Mueller-matrix mapping of optically anisotropic fluorophores of biological tissues in the diagnosis of cancer. *Quantum Electron.* 44(8), 785-790. (In English)

Zabolotna N. I., Wojcik W., Pavlov S. V., Ushenko O. G. Suleimenov B. (2013). Diagnostics of pathologically changed birefringent networks by means of phase Mueller matrix tomography. *Proc. SPIE 8698, 86980C.* (In English)

Nizhynska-Astapenko Z., Pavlov S., Vlasenko O., Wojcik W., et al. (2021). Information medical fuzzy-expert system for the assessment of the diabetic ketoacidosis severity on the base of the blood gases indices. *Proc. SPIE 12126, Fifteenth International Conference on Correlation Optics, 1212626.* (In English)

A.R. Orazava, D.A. Tussupov, S.V. Pavlov, Abdikerimova G.B. (2022). E'ffektivnost' obrabotki biomeditsinskix izobrazhenij raka molochnoj zhelezy' s ispol'zovaniem fil'trov [Effectiveness of processing biomedical images of breast cancer using filters]. *Izvestiya nacional'noj akademii nauk Respubliki Kazaxstan. Kazaxskij Nacional'ny'j universitet im. Al'-Farabi, seriya fiziko-matematicheskaya, №. 1, 2022, S. 69-76.* (In rus)

Kvyetnyy R., Bunyak Y., Sofina O., et al. (2015). Blur recognition using second fundamental form of image surface. *Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications, 98161A.* (In English)

Zabolotna N. I., Sholota V. V., Okarskiy H.H. (2020). Methods and systems of polarization reproduction and analysis of the biological layers structure in the diagnosis of pathologies. *Proc. SPIE 11369, 113691S.* (In English)

Omiotek Z., Kotyra A. (2021). Flame image processing and classification using a pre-trained VGG16 model in combustion diagnosis. *Sensors* 21(2), 1-15. (In English)

Bilynsky Y., Sukhotska I., Yukysh S., et al. (2017). Controlling geometric dimensions of small-size complex-shaped objects. *Proc. SPIE 10445, 104450I.* (In English)

CONTENTS

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

A.Abdiraman, L.Aldasheva, A.Zakirova, B.Mukhametzhanova, I.Orman GLOBAL ANALYSIS OF MOBILE BROADBAND NETWORK PERFORMANCE: INSIGHTS INTO 5G DEPLOYMENT AND FUTURE 6G CHALLENGES.....	5
R. Abdualiyeva, L. Smagulova, A. Yelepbergenova THE EFFECTIVENESS OF USING CHATGPT IN PROGRAMMING.....	17
A.B. Aben, N.M. Zhunissov, G.N. Kazbekova, A.N. Amanov, A.A. Abibullayeva DEEPPFAKE ARTIFICIAL VOICE DETECTION. COMPARISON OF THE EFFECTIVENESS OF THE LSTM AND CNN MODELS.....	32
A.A. Aitkazina, N.O. Zhumazhan DEVELOPMENT OF A BIOTECHNICAL SYSTEM FOR LASER TREATMENT OF SUNFLOWER SEEDS.....	49
G. Aksholak, A. Bedelbayev, R. Magazov SECURING KUBERNETES: AN ANALYSIS OF VULNERABILITIES, TOOLS, AND FUTURE DIRECTIONS.....	66
A.T. Akynbekova, A.A. Mukhanova, Salah Al-Majeed, A.G. Altayeva PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF FUZZY MODELS OF DECISION MAKING IN SOCIAL PROCESSES.....	78
K.M. Aldabergenova, M.A. Kantureyeva, A.B. Kassekeyeva, A. Akhmetova, T.N. Esikova FEATURES AND PROSPECTS FOR THE USE OF DIGITAL PLATFORMS AND INTERNET MARKETING IN THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PRODUCTION.....	93
A. Yerimbetova, M. Sambetbayeva, E. Daiyrbayeva, B. Sakenov, U. Berzhanova CREATING A MODEL FOR RECOGNIZING THE KAZAKH SIGN LANGUAGE USING THE DEEP LEARNING METHOD.....	108
A.N. Zhidebayeva, S.T. Akhmetova, A.O. Aliyeva, B.O. Tastanbekova, G.S. Shaimerdenova REVIEW OF DETECTION AND PREVENTION OF OFFENSIVE LANGUAGE VIA SOCIAL MEDIA DATA MINING.....	124

K.S. Ivanov, D.T. Tulekenova

ENSURING THE DETERMINABILITY OF MOTION OF AN ADAPTIVE SPACECRAFT DRIVE BY INTRODUCING AN ADDITIONAL VELOCITY CONSTRAINT FORCE.....136

M.N. Kalimoldayev, Z.D. Ormansha, K.B. Begaliev, A.S. Ainagulova, A.O. Aukenova

A BLOCKCHAIN MODEL FOR AGRICULTURAL PRODUCT TRACKING THAT SUPPORTS FEDERAL TRAINING.....151

I. Massyrova, O. Joldasbayev, S. Joldasbayev, A. Bolysbek, S. Mambetov
AUTOMATION OF THE SYSTEM FOR INDUSTRIAL PRACTICE AND INTERNSHIPS FOR STUDENTS IN ORGANIZATIONS OUTSIDE OF THE UNIVERSITY.....168

A.B. Mimenbayeva, G.O. Issakova, G.K. Bekmagambetova, A.B. Aruova, E.K. Darikulova

DEVELOPMENT OF DEEP LEARNING MODELS FOR FIRE SOURCES PREDICTION.....185

K. Momynzhanova, S.Pavlov, Sh. Zhumagulova

MATHEMATICAL MODELS AND PRACTICAL IMPLEMENTATION OF AN OPTICAL-ELECTRONIC EXPERT SYSTEM FOR GLAUCOMA DETECTION.....202

B.O. Mukhametzhanova, L.N. Kulbaeva, Z.B. Saimanova, E.K. Seipisheva, B.M. Sadanova

OPTIMIZATION AND INTEGRATION OF DOCKER TECHNOLOGY IN MODERN INFORMATION SYSTEMS.....218

A.R. Orazayeva, J.A. Tussupov, A.K. Shaikhanova, G.B. Bekeshova, A.D. Galymova

FUZZY EXPERT SYSTEM FOR ASSESSING DYNAMIC CHANGES IN BIOMEDICAL IMAGES OF BREAST CANCER TUMORS.....227

D. Oralbekova, O. Mamyrbayev, A. Akhmediyarova, D. Kassymova
USING KAZAKH NER DATASETS FOR MULTICLASS CLASSIFICATION IN THE LEGAL DOMAIN: A COMPARATIVE STUDY OF BERT, GPT, AND LSTM MODELS.....242

A. Ospanov, A.J. Pedro, T. Turymbetov, K. Dyussekeyev, A. Zhumadillayeva
ADVANCEMENTS IN ERP SYSTEMS THROUGH EMERGING

TECHNOLOGIES, MACHINE LEARNING AND HYBRID OPTIMIZATION
TECHNIQUES.....259

**K. Rabbany, A. Bekarystankyzy, A. Shoiynbek, D. Kuanyshbay,
A. Mukhametzhano**
DETECTION OF SUICIDAL TENDENCIES IN REDDIT POSTS
USING MACHINE LEARNING.....270

A. Taukenova
PERSONALIZED ARCHITECTURE: CREATING UNIQUE SPACES
WITH DIGITAL TECHNOLOGIES.....283

МАЗМҰНЫ

АҚПАРАТТЫҚ-КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ә. Әбдіраман, Л. Алдашева, А. Закирова, Б. Мухаметжанова, И. Орман МОБИЛЬДІ КЕН ЖОЛАҚТЫ ЖЕЛІЛЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІНІҢ ЖАҒАНДЫҚ ТАЛДАУ: 5G ЕНГІЗУ ЖӘНЕ 6G БОЛАШАҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	5
Р.Е. Абдуалиева, Л.А. Смагулова, А.У. Елепбергенова БАҒДАРЛАМАЛАУДА СНАТGPT ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ.....	17
А.Б. Абен, Н.М. Жунисов, Г.Н. Казбекова, А.Н. Аманов, А.А. Абибуллаева DEEPFAKE ЖАСАНДЫ ДАУЫСТЫ АНЫҚТАУ. LSTM ЖӘНЕ CNN МОДЕЛЬДЕРІНІҢ ТИІМДІЛІГІ САЛЫСТЫРУ.....	32
Ә.А. Айтқазина, Н.Ө. Жұмажан КҮНБАҒЫС ТҰҚЫМДАРЫН ЛАЗЕРМЕН ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН БИОТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕНІ ДАМЫТУ.....	49
Г.И. Ақшолақ, А.А. Бедельбаев, Р.С. Мағазов KUBERNETES-ТІ ҚОРҒАУ: ОСАЛДЫҚТАРДЫ, ҚҰРАЛДАРДЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҚ БАҒЫТТАРДЫ ТАЛДАУ.....	66
А.Т. Ақынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева ӘЛЕУМЕТТІК ПРОЦЕСТЕРДЕ ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУДЫҢ БҰЛДЫР МОДЕЛЬДЕРІН ЕНГІЗУ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	78
К.М. Алдабергенова, М.А. Кантуреева, А.Б. Касекеева, А.Ж. Ахметова, Т.Н. Есикова АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ӨНДІРІСІН ДАМЫТУДА ЦИФРЛЫҚ ПЛАТФОРМАЛАР МЕН ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГТІ ҚОЛДАНУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	93
А.С. Еримбетова, М.А. Сәмбетбаева, Э.Н. Дайырбаева, Б.Е. Сәкенов, У.Г. Бержанова ТЕРЕҢ ОҚЫТУ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ҚАЗАҚ ҰМ ТІЛІН ТАНУҒА АРНАЛҒАН МОДЕЛЬ ҚҰРУ.....	108

- А.Н. Жидебаева, С.Т. Ахметова, А.О. Алиева, Б.О. Тастанбекова, Г.С. Шаймерденова**
 ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІЛЕРДЕН DATA MINING АРҚЫЛЫ БЕЙӘДЕП СӨЗДЕРДІ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ АЛДЫН АЛУҒА ШОЛУ.....124
- К.С. Иванов, Д.Т. Тулекенова**
 ЖЫЛДАМДЫҚ БАЙЛАНЫСЫНЫҢ ҚОСЫМША КҮШІН ЕНГІЗУ АРҚЫЛЫ ҒАРЫШ АППАРАТЫНЫҢ БЕЙІМДЕЛГЕН ЖЕТЕК ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ АЙҚЫНДЫЛЫҒЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ.....136
- М.Н. Калимолдаев, З.Д. Орманша, К.Б. Бегалиева, А.С. Айнагулова, А.О. Аукенова**
 ФЕДЕРАТИВТІ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАЙТЫН АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ӨНІМДЕРІН БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН БЛОКЧЕЙН МОДЕЛІ.....151
- И. Масырова, О.К. Джолдасбаев, С.К. Джолдасбаев, А. Болысбек, С.Т. Мамбетов**
 УНИВЕРСИТЕТТЕН ТЫС ҰЙЫМДАРДА СТУДЕНТТЕРДІҢ ӨНДІРІСТІК ПРАКТИКАСЫ МЕН ТАҒЫЛЫМДАМАСЫН АВТОМАТТАНДЫРУ ЖҮЙЕСІ.....168
- А.Б. Мименбаева, Г.О. Исакова, Г.К. Бекмагамбетова, Ә.Б. Аруова, Е.Қ. Дәрікүлова**
 ӨРТ КӨЗДЕРІН БОЛЖАУ ҮШІН ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛЬДЕРІН ӨЗІРЛЕУ.....185
- К.Р. Момынжанова, С.В. Павлов, Ш.П. Жұмағұлова, М.Т. Тұңғышбаев**
 ГЛАУКОМАНЫ АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН ОПТИКАЛЫҚ-ЭЛЕКТРОНДЫҚ САРАПТАМАЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІ МЕН ПРАКТИКАЛЫҚ ІСКЕ АСЫРЫЛУЫ.....202
- Б.О. Мухаметжанова, Л.Н. Құлбаева, З.Б. Сайманова, Э.К. Сейпишева, Б.М. Саданова**
 ЗАМАНАУИ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ DOCKER ТЕХНОЛОГИЯСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ИНТЕГРАЦИЯЛАУ.....218
- А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова, Ә.Д. Ғалымова**
 СҮТ БЕЗІ ҚАТЕРЛІ ІСІГІ КЕЗІНДЕ БИОМЕДИЦИНАЛЫҚ КЕСКІНДЕРІНДЕГІ ДИНАМИКАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ БАҒАЛАУҒА АРНАЛҒАН АНЫҚ ЕМЕС САРАПТАМА ЖҮЙЕСІ.....227

Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Ахмедиярова, Д. Қасымова ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ NER ДЕРЕКТЕР ЖИНАҒЫН ҚҰҚЫҚТЫҚ САЛАДА КӨПСАНАТТЫ ЖІКТЕУ ҮШІН ПАЙДАЛАНУ: BERT, GPT ЖӘНЕ LSTM МОДЕЛЬДЕРІНІҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУІ.....	242
А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, Т. Тұрымбетов, К. Дүйсекеев, А. Жұмаділлаева ERP ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЖЕТІЛДІРІЛУІ: ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАР, МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ЖӘНЕ ГИБРИДТІ ОПТИМИЗАЦИЯ ӘДІСТЕРІ.....	259
К. Раббани, А. Бекарыстанқызы, Д. Қуанышбай, А. Шойынбек, А. Мұхаметжанов МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ REDDIT ПОСТТАРЫНДАҒЫ СУИЦИДТІК ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫН АНЫҚТАУ.....	270
Ә. Таукенова ЖЕКЕЛЕНДІРІЛГЕН АРХИТЕКТУРА: ДИДЖИТАЛ ТЕХНОЛОГИЯЛАРМЕН ЕРЕКШЕ КЕҢІСТІКТЕР ЖАРАТУ.....	283

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ

А. Абдираман, Л. Алдашева, А. Закирова, Б. Мухаметжанова, И. Орман ГЛОБАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОБИЛЬНОЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ: ВНЕДРЕНИЕ 5G И БУДУЩИЕ ЗАДАЧИ 6G.....	5
Р.Е. Абдуалиева, Л.А. Смагулова, А.У. Елепбергенова ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ SNATGPT В ПРОГРАММИРОВАНИИ.....	17
А.Б. Абен, Н.М. Жунисов, Г.Н. Казбекова, А.Н. Аманов, А.А. Абибуллаева ОБНАРУЖЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ГОЛОСА DEERFAKE. СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛЕЙ LSTM И CNN.....	32
А.А. Айтказина, Н.О. Жумажан РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПОДСОЛНЕЧНИКА.....	49
Г.И. Акшолок, А.А. Бедельбаев, Р.С. Магазов ЗАЩИТА KUBERNETES: АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ, ИНСТРУМЕНТОВ И НАПРАВЛЕНИЙ НА БУДУЩЕЕ.....	66
А.Т. Акынбекова, А.А. Муханова, Salah Al-Majeed, Г.С. Алтаева ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ.....	78
К.М. Алдабергенова, М.А. Кантуреева, А.Б. Касекеева, А.Ж. Ахметова, Т.Н. Есикова ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ И ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА В РАЗВИТИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	93
А.С. Еримбетова, М.А. Самбетбаева, Э.Н. Дайырбаева, Б.Е. Сакенов, У.Г. Бержанова СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	108

- А.Н. Жидебаева, С.Т. Ахметова, А.О. Алиева, Б.О. Тастанбекова,
Г.С. Шаймерденова**
ОБЗОР ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОСКОРБИТЕЛЬНОЙ
ЛЕКСИКИ С ПОМОЩЬЮ DATA MINING В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ....124
- К.С. Иванов, Д.Т. Тулеkenова**
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛИМОСТИ ДВИЖЕНИЯ АДАПТИВНОГО
ПРИВОДА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА С ПОМОЩЬЮ ВВЕДЕНИЯ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИЛЫ СКОРОСТНОЙ СВЯЗИ.....136
- М.Н. Калимолдаев, З.Д. Орманша, К.Б. Бегалиева, А.С. Айнагулова,
А.О. Аукенова**
БЛОКЧЕЙН-МОДЕЛЬ ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОДДЕРЖКОЙ
ФЕДЕРАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ.....151
- И. Масырова, О.К. Джолдасбаев, С.К. Джолдасбаев, А. Болысбек,
С.Т. Мамбетов**
АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
ПРАКТИКИ И СТАЖИРОВКИ СТУДЕНТОВ В ОРГАНИЗАЦИЯХ
ВНЕ ВУЗА.....168
- А. Мименбаева, Г. Исакова, Г.К. Бекмагамбетова, А.Б. Аруова,
Е.К. Дарикулова**
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПОЖАРОВ.....185
- К.Р. Момынжанова, С.В. Павлов, Ш.П. Жумагулова, М.Т. Тунгушбаев**
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ
ВЫЯВЛЕНИЯ ГЛАУКОМЫ.....202
- Б.О. Мухаметжанова, Л.Н. Кулбаева, З.Б. Сайманова, Э.К. Сейпишева,
Б.М. Саданова**
ОПТИМИЗАЦИЯ И ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ DOCKER В
СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....218
- А.Р. Оразаева, Д.А. Тусупов, А.К. Шайханова, Г.Б. Бекешова,
А.Д. Галымова**
НЕЧЕТКАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ
ИЗМЕНЕНИЙ В БИМЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ОПУХОЛЕЙ
ПРИ РАКЕ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ.....227

Д. Оралбекова, О. Мамырбаев, А. Ахмедиярова, Д. Касымова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАБОРОВ ДАННЫХ NER НА КАЗАХСКОМ ЯЗЫКЕ ДЛЯ МУЛЬТИКЛАССИФИКАЦИИ В ПРАВОВОЙ СФЕРЕ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ BERT, GPT И LSTM.....	242
А. Оспанов, П. Алонсо-Жорда, Т. Турымбетов, К. Дюсекеев, А. Жумадилаева ПРОДВИЖЕНИЕ ERP СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ.....	259
К. Раббани, А. Бекарыстанкызы, Д. Куанышбай, А. Шойынбек, А. Мухаметжанов ОБНАРУЖЕНИЕ СУИЦИДАЛЬНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В ПУБЛИКАЦИЯХ НА REDDIT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	270
А. Таукенова ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННАЯ АРХИТЕКТУРА: СОЗДАНИЕ УНИКАЛЬНЫХ ПРОСТРАНСТВ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	283

**Publication Ethics and Publication Malpractice
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). 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://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN 2518-1726 (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 20.03.2025.

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

20,0 п.л. Заказ 1.