

**ISSN: 2224-5227 (Print)**  
**ISSN: 2518-1483 (Online)**

**ACADEMIC SCIENTIFIC  
JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE**

**No3  
2025**

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



**ACADEMIC SCIENTIFIC  
JOURNAL OF COMPUTER  
SCIENCE**

**3 (355)**

**JULY – SEPTEMBER 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>

**Mamyrbaev 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 Yerkebulanova**, 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>

**MIKALEVICH 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>

---

## Academic Scientific Journal of Computer Science

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty).

Certificate № KZ77VPY00121154 on the re-registration of the periodical printed and online publication of the information agency, issued on 05.06.2025 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.

<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 Жаңабайұлы**, 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 менгерушісі (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 менгерушісі (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191242124>

**КОВАЛЕВ** **Александр Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина Ұлттық 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 Ұлттық 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>

---

**Academic Scientific Journal of Computer Science**

**ISSN 2518-1726 (Online)**

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

Меншіктеуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (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 **05.06.2025** ж берген № **KZ77VРУ00121154** Күнелік.

Такырыптық бағыты: *ақпараттық-коммуникациялық технологиялар*

Казіргі үақытта: *«ақпараттық-коммуникациялық технологиялар» бағыты бойынша КР БФМ БГСБК ұсынған журналдар тізімінен енди.*

Мерзімділігі: жылдан 4 рет.

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

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 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/142 3665>

## **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 (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

**СМОЛАРЖ Анджеек**, 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 Мухамед**, 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 Сауль Еркебулатовна**, 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 Беларусь (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004159952>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/46249977>

**ТИГИНИЯ 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>

---

**Academic Scientific Journal of Computer Science**

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

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

Собственник: ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № KZ77VPY00121154. Дата выдачи 05.06.2025

Тематическая направленность: *информационно-коммуникационные технологии.*

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

Периодичность: *4 раза в год.*

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

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2025

**CONTENTS**

<b>S. Adilzhanova, B. Amirkhanov, G. Amirkhanova, A. Anuarbek</b>	
Innovative methods for ensuring cybersecurity of technological control systems of a digital twin of a food industry enterprise.....	11
<b>L.A. Alexeyeva</b>	
Vibrotransport bispinors of Dirac equations in biquaternionic representation at sublightspeeds and their properties.....	25
<b>A. Amirova, B. Aldosh, A. Ibraikhan, T. Smagulov, A. Aitmangambet</b>	
A machine learning-based approach to detect malicious links on Instagram.....	41
<b>G. Argyngazin</b>	
Artificial intelligence: is alarmism justified?.....	52
<b>Zh.A. Abdibayev, S.K. Sagnayeva, B.B. Orazbayev, M. James C. Crabbe, K.A. Dyussekeyev</b>	
Development of an effective water accounting method for irrigation systems for automated water resource management systems.....	66
<b>Zh. Bazarbek, N. Toyganbaeva, M. Mansurova, T Sarsembayeva, M. Sakypbekova</b>	
Developing a dataset for creating a Large Language model (LLM) for the Kazakh language.....	78
<b>A. Bekarystankzy, M. Baizakova, A. Kassenkhan, M. Iglikova</b>	
Recommendation algorithms for educational preferences: a review.....	93
<b>A. Yerimbetova, U. Berzhanova, E. Daiyrbayeva, B. Sakenov, M. Sambetbayeva</b>	
Development of a parallel corpus for Kazakh sign language translation and training of the transformer model.....	110
<b>Sh.P. Zhumagulova, O.Zh. Stamkulov, K. Momynzhanova</b>	
Hybrid deep learning approach for accurate ECG beat classification using ResNet18 and BiLSTM.....	132
<b>A. Zulhazhav, G. Bekmanova, M. Altaibek, A. Omarbekova, A. Sharipbay</b>	
A personalized learning feedback system driven by a lexical semantic network.....	147

<b>T.S. Sadykova, B.K. Sinchev, Im Cho Young, A.S. Auyezova</b> The application of vector space models in intelligent information retrieval systems.....	160
<b>A. Sambetbayeva, V. Jotsov</b> Comparative analysis of deep learning architectures for road crack segmentation.....	176
<b>D. Oralbekova, A. Akhmediyarova, D. Kassymova, Z. Alibiyeva</b> Research on linguistic analysis methods for identifying and extracting text data in the Kazakh language.....	188
<b>Zh.S. Takenova</b> Research on expert assessment methods for determining teachers' priorities by discipline.....	204
<b>Zh. Tashenova, A.R. Gabdullin, Zh. Abdugulova, Sh. Amanzholova, E. Nurlybaeva</b> Analysis of modern wireless network security protocols and prospects for their development.....	228
<b>A. Temirbayev, N. Meirambekuly, N. Uzbekov, A. Beisen, L. Abdizhalilova</b> CubeSat-based APRS digipeater: design, feasibility and mission concept.....	243
<b>N. Temirbekov, D. Tamabay, S. Kasenov, A. Temirbekov, A. Baimankulov</b> A web-based system for air pollution monitoring with API-integrated data sources.....	258
<b>A.A. Tlepiyev, A. Mukhamedgali, Y.T. Kaipbayev, A.N. Kalmashova, Y.G. Mukhanbet</b> Surface water monitoring in Kazakhstan using NDWI and random forest: a case study of Lake Akkol.....	271
<b>Z. Turysbek, O. Mamyrbayev, M. Abdullah</b> Development of an intelligent system for detecting fake news.....	286
<b>G.S. Shaimerdenova, S.T. Akhmetova, A.N. Zhidebayeva, E.B. Mussirepova, D.A. Bibulova</b> The role of computer modeling in enhancing safety and efficiency in industrial facilities.....	301

## МАЗМҰНЫ

<b>С. Адилжанова, Б. Амирханов, Г. Амирханова, А. Ануарбек</b>	
Тағам өнеркәсібі кәсіпорны цифрлық егізінің технологиялық басқару жүйелерінің киберқауіпсіздігін қамтамасыз етудің инновациялық әдістері.....	11
<b>Л.А. Алексеева</b>	
Сублимация жылдамдығындағы бикуатерниондық көріністегі Дирак тендеулерінің вибротранспорттық биспинорлары және олардың қасиеттері.....	25
<b>А. Амирова, Б. Альдош, А. Ибраихан, Т. Смагулов, А. Айтмагамбет</b>	
Instagramдағы зиянды сілтемелерді анықтау үшін машиналық оқытуға негізделген тәсіл.....	41
<b>Ғ.А. Арғынғазин</b>	
Жасанды интеллект: алармистік көзқарас қалыптастыру орынды ма?.....	52
<b>Ж.А. Әбдібаев, С.К. Сагнаева, Б.Б. Оразбаев, М. Джеймс К. Крэбб, К.А. Дюсекеев</b>	
Су ресурстарының автоматтандырылған жүйелеріне суару жүйелеріндегі су есептеудің тиімді әдісін өзірлеу.....	66
<b>Ж.П. Базарбек, Н.А. Тойганбаева, М.Е. Мансурова, Т.С. Сарсембаева, М.Ж. Сакыпбекова</b>	
Қазақ тіліне арналған ұлken тіл моделін (LLM) жасау үшін Dataset өзірлеу..	78
<b>А. Бекарыстанқызы, М. Байзакова, А. Қасенхан, М. Игликова.</b>	
Білім ауды жақсарту үшін ұсыныс беретін алгоритмдерге шолу.....	93
<b>А.С. Еримбетова, У.Г. Бержанова, Э.Н. Дағырбаева, Б.Е. Сәкенов, М.А. Сәмбетбаева</b>	
Қазақ ым тіліне аудару үшін параллель корпус құру және transformer моделін оқыту.....	110
<b>Ш.П. Жұмағулова, О.Ж. Стамқұлов, К.Р. Момынжанова</b>	
RESNET18 және BILSTM қолдана отырып, ЭКГ жүрек соғысын дәл жіктеуге арналған гибридті терең оқыту тәсілі.....	132
<b>А. Зулхажав, Г.Т. Бекманова, М. Алтайбек, А.С. Омарбекова, А.А. Шәріпбай</b>	
Цифрлық білім және студенттердің академиялық жетістіктері: денгейлер бойынша білім беруді дамыту.....	147

<b>Т.С. Садыкова, Б.К. Синчев, Im Cho Young, А.С. Ауезова</b> Интеллектуалды ақпаратты іздеу жүйелерінде векторлық кеңістік модельдерін қолдану.....	160
<b>А.К. Самбетбаева, В. Йоцов</b> Жол төсемінің жарықтарын сегментациялауда қолданылатын терең оқыту архитектураларын салыстырмалы талдау.....	176
<b>Д. Оралбекова, А. Ахмедијрова, Д. Қасымова, Ж. Алибиева</b> Қазақ тіліндегі мәтіндік ақпаратты анықтау және оны шығарып алу үшін лингвистикалық талдау әдістерін зерттеу.....	188
<b>Ж.С. Такенова</b> Пәндер бойынша оқытушылардың басымдығын бағалауга арналған сараптамалық бағалау әдістерін зерттеу.....	204
<b>Ж.М. Ташенова, А.Р. Габдуллин, Ж.К. Абдугулова, Ш.А. Аманжолова, Э.Н. Нұрлыбаева</b> Заманауи сымсыз желінің қауіпсіздік хаттамаларын талдау және олардың даму перспективалары.....	228
<b>А.А. Темирбаев, Н. Мейрамбекұлы, Н.Ш. Узбеков, Ә.Н. Бейсен</b> CUBESAT негізіндегі APRS қайта таратқышы: жобалау, іске асыру мүмкіндігі және миссия тұжырымдамасы.....	243
<b>Н. Темирбеков, Д. Тамабай, С. Касенов, А. Темирбеков, А. Байманкулов</b> API-интеграцияланған дереккөздері бар атмосфералық ауаның ластануын бақылауга арналған веб-негізделген жүйе.....	258
<b>А.А. Тлепиев, А. Мухамедгали, Е.Т. Кайпбаев, А.Н. Калмашова, Е.Ф. Муханбет</b> Қазақстандағы беткі суларды NDWI және RANDOM FOREST әдісі арқылы мониторингілеу: Ақкөл көлінің мысалында.....	271
<b>Ж. Тұрысбек, О.Ж. Мамырбаев, А. Мұхаммед</b> Жалған жаңалықтарды анықтайтын интеллектуалды жүйені әзірлеу.....	286
<b>Г.С. Шаймерденова, С.Т. Ахметова, А.Н. Жидебаева, Э.Б. Мусирепова, Д.А. Бибулова</b> Өнеркәсіптік обьектілердің қауіпсіздігі мен тиімділігін арттырудағы компьютерлік модельдеудің рөлі.....	301

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>С. Адильжанова, Б. Амирханов, Г. Амирханова, А. Ануарбек</b> Инновационные методы обеспечения кибербезопасности технологических систем управления цифрового двойника предприятия пищевой промышленности.....	11
<b>Л.А. Алексеева</b> Вибротранспортные биспиноры уравнений Дирака в бикватернионном представлении при дозвуковых скоростях и их свойства.....	25
<b>А. Амирова, Б. Алдош, А. Ибраихан, Т. Смагулов, А. Айтмагамбет</b> Метод на основе машинного обучения для выявления вредоносных ссылок в Instagram.....	41
<b>Г. Аргынгазин</b> Искусственный интеллект: оправдан ли алармизм?.....	52
<b>Ж.А. Абдибаев, С.К. Сагнаева, Б.Б. Оразбаев, М. Джеймс К. Крэбб, К.А. Дюссекеев</b> Разработка эффективного метода учёта воды для ирригационных систем автоматизированного управления водными ресурсами.....	66
<b>Ж. Базарбек, Н. Тойганбаева, М. Мансурова, Т. Сарсембаева, М. Сакипбекова</b> Создание набора данных для разработки крупной языковой модели (LLM) для казахского языка.....	78
<b>А. Бекарыстанкызы, М. Байзакова, А. Кассенхан, М. Игликова</b> Алгоритмы рекомендаций для образовательных предпочтений: обзор.....	93
<b>А. Еримбетова, У. Бержанова, Е. Дайырбаева, Б. Сакенов, М. Самбетбаева</b> Создание параллельного корпуса для перевода казахского жестового языка и обучение трансформерной модели.....	110
<b>Ш.П. Жумагулова, О.Ж. Стамкулов, К. Момынжанова</b> Гибридный подход глубокого обучения для точной классификации сердечных сокращений ЭКГ с использованием ResNet18 и BiLSTM.....	132
<b>А. Зулхажав, Г. Бекманова, М. Алтайбек, А. Омарбекова, А. Шарипбай</b> Система персонализированной обратной связи в обучении на основе лексико-семантической сети.....	147

<b>Т.С. Садыкова, Б.К. Синчев, Им Чо Ён, А.С. Ауезова</b> Применение моделей векторного пространства в интеллектуальных системах информационного поиск.....	160
<b>А. Самбетбаева, В. Йоцов</b> Сравнительный анализ архитектур глубокого обучения для сегментации трещин на дорогах.....	176
<b>Д. Оралбекова, А. Ахмедиярова, Д. Касымова, З. Алибиева</b> Исследование методов лингвистического анализа для идентификации и извлечения текстовых данных на казахском языке.....	188
<b>Ж.С. Такенова</b> Исследование методов экспертной оценки для определения приоритетов учителей по дисциплинам.....	204
<b>Ж. Ташенова, А.Р. Габдуллин, Ж. Абдугулова, Ш. Аманжолова, Е. Нурлыбаева</b> Анализ современных протоколов безопасности беспроводных сетей и перспективы их развития.....	228
<b>А. Темирбаев, Н. Мейрамбекулы, Н. Узбеков, А. Бейсен, Л. Абдижалилова</b> APRS-дигипитер на основе CubeSat: проектирование, осуществимость и концепция миссии.....	243
<b>Н. Темирбеков, Д. Тамабай, С. Касенов, А. Темирбеков, А. Байманкулов</b> Веб-система мониторинга загрязнения воздуха с API-интеграцией источников данных.....	258
<b>А.А. Тлепиев, А. Мухамедгали, Е.Т. Кайпбаев, А.Н. Калмашова, Е.Г. Муханбет</b> Мониторинг поверхностных вод в Казахстане с использованием NDWI и случайного леса: кейс озера Аккол.....	271
<b>З. Турысбек, О. Мамырбаев, М. Абдулла</b> Разработка интеллектуальной системы для выявления фейковых новостей.....	286
<b>Г.С. Шаймерденова, С.Т. Ахметова, А.Н. Жидебаева, Е.Б. Муссирепова, Д.А. Бибулова</b> Роль компьютерного моделирования в повышении безопасности и эффективности промышленных объектов.....	301

**Zh.S. Takenova, 2025.**

International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: takenova@mail.ru

## **RESEARCH ON EXPERT ASSESSMENT METHODS FOR DETERMINING TEACHERS' PRIORITIES BY DISCIPLINE**

**Zhanar Takenova** — Master of Economic Sciences, International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan,  
E-mail: takenova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8925-5808>.

**Abstract.** To effectively allocate the teaching load across disciplines between teachers, an urgent task is to use the priority of teachers. Expert evaluation methods are the most widely used in education, so well-known expert evaluation methods were chosen to solve the current problem. Analysis of the solution methods, the range of application of the methods and the complexity of using the methods were carried out. The article reviews known peer review methods that are proposed to be used to assess faculty priority across disciplines, such as group assessment methods, pairwise comparisons, the Kemeny method, and the averages method. The group assessment method allows you to aggregate the opinions of multiple experts, forming a generalized view of the priority of teachers. The pairwise comparison method involves comparing teachers in pairs based on their competencies within a discipline, which helps to identify relative priorities. The Kemeny method, based on finding the median ranking, ensures a consistent and objective distribution of priority, minimizing inconsistencies in expert opinions. The mean method, the most common method, is based on finding the mean value of expert opinions. This study describes the results of a study on the application of these methods to evaluate teachers' priorities by discipline, presenting the calculation algorithms. Depending on the resources available to the educational organization, any of the methods discussed in the paper can be used. A practical example of computing teachers' priority for one subject and a comparative analysis of the results are provided. The obtained results can be useful for educational organizations in planning and organizing the learning process.

**Keywords:** teacher priority, expert evaluation, group assessment method, pairwise comparison method, teacher ranking

**Ж.С. Takenova, 2025.**

Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан.

E-mail: takenova@mail.ru

## **ПӘНДЕР БОЙЫНША ОҚЫТУШЫЛАРДЫҢ БАСЫМДЫҒЫН БАҒАЛАУҒА АРНАЛҒАН САРАПТАМАЛЫҚ БАҒАЛАУ ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Takenova Жанар Сарсенбаевна** – экономика ғылымдарының магистрі, Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: takenova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8925-5808>.

**Аннотация.** Оқытушылар арасында пәндер бойынша оқу жүктемесін тиімді бөлу үшін оқытушылардың басымдығын пайдалану өзекті міндет болып табылады. Білім беру саласында сараптамалық бағалау әдістері әртүрлі мақсаттарда кеңінен қолданылады, сондықтан, ең алдымен, қарастырылып отырган өзекті мәселені шешу үшін сараптамалық бағалаудың белгілі әдістері тандалды. Шешім әдістеріне, әдістерді қолдану спектріне және әдістерді қолданудың күрделілігіне талдау жасалды. Сараптамалық бағалау әдістерінің кең ауқымынан пайдалану әдістерінің тобы ерекшеленеді. Мақалада топтық бағалау әдістері, жұптық салыстыру, Кемени әдісі және орташа мән әдісі сиякты пәндер бойынша оқытушылардың басымдылығын бағалау үшін қолдануға ұсынылатын белгілі сараптамалық бағалау әдістері қарастырылған. Топтық бағалау әдісі бірнеше сарапшының пікірлерін біріктіруге мүмкіндік беріп, оқытушылардың басымдығы туралы жинақталған ұғым қалыптастырады. Жұптық салыстыру әдісі пән аясында оқытушыларды олардың құзыреттері бойынша жұптап салыстыруды көздейді, бұл салыстырмалы басымдықтарды анықтауға мүмкіндік береді. Медиандық ранжирлеуді іздеуге негізделген Кемени әдісі сарапшылар пікірлеріндегі қайшылықтарды азайта отырып, басымдықтарды келісімді және объективті бөлуге мүмкіндік береді. Орташа мәндер әдісі сарапшылар пікірлерінің орташа мәнін есептеуге негізделген және ең көп таралған әдіс болып табылады. Жұмыста осы әдістерді пән бойынша оқытушылар басымдығын бағалауда қолдану нәтижелері және оларды есептеу алгоритмдері сипатталған. Білім беру ұйымының ресурстарына байланысты жұмыста қарастырылған әдістердің кез келгені қолданылуы мүмкін. Бір пән бойынша оқытушылар басымдығын есептеу мысалы және нәтижелердің салыстырмалы талдауы ұсынылады. Алынған нәтижелер оқу процесін жоспарлау және үйымдастыру кезінде білім беру ұйымдары үшін пайдалы болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** оқытушылар басымдығы, сараптамалық бағалау, топтық бағалау әдісі, жұптық салыстыру әдісі, оқытушыларды ранжирлеу

**Ж.С. Takenova, 2025.**

Международная образовательная корпорация, Алматы, Казахстан.

E-mail: takenova@mail.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИОРИТЕТА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ПО ДИСЦИПЛИНАМ**

**Takenova Жанар Сарсенбаевна** – магистр экономических наук, Международная образовательная корпорация, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: takenova@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8925-5808>.

**Аннотация.** Для эффективного распределения учебной нагрузки по дисциплинам между преподавателями актуальной задачей является использование приоритета преподавателей. Наиболее широко используются в сфере образования для различных целей методы экспертных оценок, поэтому в первую очередь для решения рассматриваемой актуальной задачи были выбраны для изучения известные методы экспертных оценок. Проведен анализ методов решения, спектр применения методов и трудоемкость использования методов. Из широкого спектра методов экспертных оценок выделены группы методов для использования. В статье рассмотрены известные методы экспертной оценки, которые представляются использовать для оценки приоритета преподавателей по дисциплинам, такие как методы групповой оценки, парных сравнений, метода Кемени и метод средних значений. Целью работы было сравнить методики применения методов экспертных оценок для решения практических задач. Метод групповой оценки позволяет агрегировать мнения нескольких экспертов, формируя обобщённое представление о приоритете преподавателей. Метод парных сравнений предполагает попарное сопоставление преподавателей по их компетенциям в рамках дисциплины, что позволяет выявить относительные приоритеты. Метод Кемени, основанный на поиске медианного ранжирования, позволяет обеспечить согласованное и объективное распределение приоритета, минимизируя противоречия в экспертных мнениях. Метод средних значений – самый распространённый метод, основан на поиске среднего значения из экспертных мнений. В работе описываются результаты исследования применения этих методов для оценки приоритетов преподавателей по дисциплине, с приведением алгоритмов их расчёта. В зависимости от ресурсов, которыми обладает организация образования, в работе может использоваться любой из рассмотренных методов. Приведён практический пример расчёта оценки приоритета преподавателей по одной дисциплине и сравнительный анализ результатов их расчёта. Полученные результаты могут быть полезны для организаций образования при планировании и организации учебного процесса.

**Ключевые слова:** приоритет преподавателей, экспертная оценка, метод групповой оценки, метод парных сравнений, ранжирование преподавателей.

**Введение.** Задача планирования учебной нагрузки преподавателей является актуальной задачей в управлении образовательными бизнес-процессами (Tashev et al., 2023). Эффективное распределение учебных нагрузок преподавателей по дисциплинам зависит от точности определения приоритета преподавателей.

Для определения приоритета преподавателей, основным фактором на который необходимо опираться, является эффективность преподавания по дисциплине. Вопросы оценки эффективности преподавания в университетах рассматриваются в исследовании Berk R.A. (Berk, 2005), где приводится обзор 12 факторов, которые влияют на эффективность преподавания. К ним относятся: рейтинги студентов, мнение коллег, самооценка, видеоматериалы, интервью со студентами, рейтинги данные выпускниками, рейтинги данные работодателями, рейтинги данные администрацией, наличие стипендии за преподавание, наличие наград у преподавателя, педагогическое портфолио преподавателя, показатели результатов обучения. Автор анализирует каждый фактор, предлагая их комбинированное использование для более объективного измерения.

В работе Юревича М.А. (Yurevich, 2013) также представлено исследование факторов, которые влияют на оценки преподавателей в университетах Европы, США и Австралии. Он описывает следующие факторы: студенческие рейтинги, экспертные рейтинги, самооценка, видеоматериалы, опрос студентов, рейтинги выпускников, рейтинги работодателей, рейтинги руководства, преподавательские навыки, награды, результаты обучения, личное дело преподавателя. Как видно, факторы, влияющие на оценку эффективности преподавания у Berk R.A. и Юревича М.А. практически совпадают.

Исследование Исаевой Т., Чурикова М. и Котляренко Ю. (Isayeva et al., 2015) акцентирует внимание на эффективности применения различных методик оценки преподавателей в российских и зарубежных вузах. Авторы делят оценки на количественные – рейтинговые и бальные, а также качественные - экспертные и рецензируемые. Анализируют преимущества и недостатки количественных и качественных подходов, а также затрагивают вопрос восприятия этих оценок самими преподавателями. Делается вывод о необходимости комплексного подхода, учитывающего как объективные показатели, так и субъективные аспекты восприятия деятельности педагога.

Для решения задачи определения приоритета преподавателей можно применить экспертные системы. В работе Кравченко Т.К. (Kravchenko, 2010) рассматривается построение экспертной системы поддержки принятия решений (ЭСПР) на основе иерархической структуры критериев и применения логических правил. Новизна подхода заключается в реализации модульной архитектуры, позволяющей адаптировать систему под различные предметные области. Методология включает этапы построения базы знаний, определения весов критериев и формализации предпочтений, что делает систему универсальной для задач управления.

Анализ существующих работ показывает, что для определения приоритета преподавателей в основном применяются методы экспертных оценок и многокритериальные методы анализа. Описание особенностей применения формализованных методов экспертных оценок в задачах управления процессами представлено в работе Данеляна Т.Я. (Danelyan, 2015). Приводятся этапы экспертного оценивания, а также методы коллективной работы экспертов группы и методы получения индивидуального мнения экспертов. Представлена методика обработки результатов опроса экспертов в разрезе формирования обобщенной оценки, определения относительный весов объектов и установления степени согласованности мнений экспертов.

Tsukida и Gupta (Tsukida et al., 2011) подробно анализируют методы парных сравнений, в частности, модели Брэдли–Тэрри и Тюрстоуна. Авторы исследуют статистические аспекты построения матриц предпочтений и проводят сравнительный анализ методов по критериям устойчивости и интерпретируемости результатов. Работа включает практические рекомендации по применению этих методов в анализе социальных и поведенческих данных.

Классическая работа Thurstone L.L. (Thurstone, 2017) представляет формализацию закона сравнительного суждения, где автор вводит количественные меры для субъективных предпочтений. Метод Тюрстоуна, основанный на предположении нормального распределения латентных переменных, до сих пор применяется в психометрии, маркетинге и при построении шкал.

**Материалы и методы.** В случаях, когда необходимо учитывать множество критериев и альтернатив, при наличии противоречивых мнений экспертов и наличии нечетких оценок, используются многокритериальные методы анализа, такие как AHP (Analytic Hierarchy Process), ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité) и TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), которые позволяют ранжировать и согласовывать оценки, обеспечивая более взвешенные решения. Методы являются достаточно сложными в расчетах, особенно при большом числе альтернатив, зависимы от шкалы критериев и часто не учитывают зависимость между критериями.

Одним из известных авторов метода анализа иерархий является Saaty T.L. (Saaty, 2008). Он описывает широко используемый инструмент для принятия решений в условиях многокритериальности. В своей работе автор подробно описывает процесс декомпозиции задачи на иерархические уровни, процедуры парных сравнений и расчёт весов альтернатив. Метод доказал свою эффективность в образовательной сфере, где он применяется для выбора программ, преподавателей и других управлеченческих решений, требующих экспертных оценок.

В работе Kou G., Lu Y., Peng Y., Shi Y. (Kou et al., 2012) рассматриваются методы многокритериального принятия решений (MCDM) в задаче оценки

алгоритмов классификации. Авторы описывают применение таких подходов, как TOPSIS, ELECTRE и интеграция ранговых корреляций при сравнении и ранжировании альтернатив по нескольким показателям. Работа актуальна для задач, где требуется объективное агрегирование разнородных критериев, включая системы поддержки принятия решений.

Метод Дельфи, как инструмент экспертного прогнозирования, анализируется в статье Rowe и Wright (Rowe et al., 1999). Авторы исследуют когнитивные и организационные аспекты процедуры, подчеркивая её преимущества — анонимность, итеративность, фокус на консенсус — и ограничения, связанные с рисками предвзятости и слабым контролем качества суждений. Работа представляет собой мета-анализ применения метода Дельфи в различных областях, включая стратегическое планирование и управление.

Интересную интерпретацию метода анализа иерархий представляют Кривулин Н.К. и Сергеев С.Н. (Krivulin et al., 2019), разработавшие реализацию метода принятия решений в процессе аналитической иерархии, основанную на математических операциях. Предложенный подход упрощает вычисления и даёт альтернативную трактовку процедуры агрегации предпочтений. Это позволяет применять АНР в условиях ограниченного ресурса, что особенно актуально для задач с высокими вычислительными затратами.

Практическим вопросам получения и анализа экспертных суждений посвящена монография Meyer M.A. и Booker J.M. (Meyer et al., 1991), в которой систематизируются методы выявления экспертного знания и анализа полученных данных. Авторы приводят классификацию видов неопределенности, обсуждают процедуры отбора экспертов и предоставляют практические рекомендации по агрегированию оценок. Работа является фундаментальной для проектирования процедур экспертных опросов, в том числе в области управления качеством образования и анализа рисков.

Следует отметить, что в ходе изучения работ (которые раскрыты в открытом доступе для исследователей), в которых рассматривалось применение методов экспертных оценок в сфере принятия решения в вопросах планирования деятельности преподавателей, выявлено не так много работ по направлению эффективного планирования учебной нагрузки преподавателей.

В то же время, из опыта работы в сфере управления в организации образования, можно отметить, что широко применяется методика привлечения малых групп экспертов для непосредственного оценивания, где эксперты самостоятельно и независимо друг от друга могут проводить оценивание по широкому кругу вопросов для принятия управленческих решений. Недостатком является, что при сборе экспертных мнений, опираются только на количественные показатели деятельности преподавателя, например – анализ публикационной активности преподавателя, не учитывая качественные показатели, например – уровень владения материалом.

Основными характеристиками компетентности экспертов являются: наличие учёной степени и звания, должность, стаж работы и уровень владения вопросом. Оценки компетентности экспертов по данным мнений экспертов (по их оценкам объектов) приведены в работах (Yevlanov et al., 1978; Mirkin, 1974). Задачи определения компетентности экспертов сведены к определению максимального собственного значения матрицы, полученной из исходной и соответствующего собственного вектора. Полученная от экспертов оценка объектов, то есть оценка приоритета объектов, также сведена к нахождению максимального собственного значения транспонированной матрицы, использованной для определения компетенции экспертов, и соответствующего собственного вектора. В работах приведены итерационные методы получения этих значений, обосновывается сходимость этих итерационных подходов к собственным векторам (Nikaydo, 1972).

Основываясь на опыте принятия управленческих решений в организациях образования рассмотренных в работах (Arıcı et al., 2022; Takenova, 2024) и набора стандартных ресурсов, имеющихся в организации, анализ которых проведён в работе (Takenova, 2022), разработана математическая модель формирования матрицы приоритетов преподавателей по дисциплинам.

Исследования, которые детализированы в этой статье подтверждают возможность реализации идеи о применении методов экспертных оценок для решения проблемы поиска эффективных методов для оценки приоритета преподавателей по дисциплинам в организациях образования. Основными критериями для анализа применяемых методов экспертных оценок выбраны – простота применения, спектр исходных ресурсов, которыми обладает организация образования, низкие временные и трудовые затраты на реализацию. Согласно этих критериев, выбраны четыре метода экспертных оценок для детального рассмотрения и методики применения. Все методы являются известными методами обработки полученных экспертных мнений – метод групповой оценки, метод парных сравнений, метод Кемени и метод средних значений.

Еще одной целью данной работы было получить математическую формуализацию задачи оценки приоритета преподавателей по дисциплинам для дальнейшего решения одним из методов экспертных оценок.

### 1. Постановка задачи.

Заданы следующие параметры:  $n$  – число экспертов;  $m$  – количество преподавателей,  $s$  – количество дисциплин.

На основании квалификационных требований (следует опираться на квалификационные требования, удовлетворяющие стандартам по уровню, которому принадлежит организация образования), преподаватели могут вести только определенный перечень дисциплин из заданных  $s$ , в том числе в разрезе лекций, практических и лабораторных занятий. Соответственно у каждого из  $m$  преподавателей формируется доступный ему перечень дисциплин.

Приоритет преподавателей по каждой дисциплине оценивают  $n$  экспертов.

Оценку экспертов каждого преподавателя по  $d$ -ой дисциплине обозначим следующим образом:

$$\mathbf{E}^d = \begin{pmatrix} x_{11}^d & x_{12}^d & \dots & x_{1n}^d \\ x_{21}^d & x_{22}^d & \dots & x_{2n}^d \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1}^d & x_{m2}^d & \dots & x_{mn}^d \end{pmatrix}, d = \overline{1, s},$$

где  $x_{ij}^d$  – это результат оценивания  $j$ -ым экспертом  $i$ -го преподавателя по  $d$ -ой дисциплине.

Задача состоит в определении по каждой дисциплине приоритета каждого преподавателя с применением метода экспертных оценок.

Для решения задачи введем обозначения значений приоритетов, где приоритет  $j$ -го преподавателя по  $d$ -ой дисциплине обозначим через  $p_{dj}$ . Тогда в итоге получим матрицу приоритетов преподавателей по дисциплине:  $\mathbf{P} = [p_{dj}], d = \overline{1, s}, j = \overline{1, m}$ .

Вводим ограничения, что могут принимать только целочисленные значения от «1» до «10». Чем выше значение, тем выше приоритет преподавателя.

Для примера рассмотрим случай, когда экспертами проводится оценивание преподавателей по одной дисциплине, то есть случай, когда  $d = 1$ .

Тогда полагаем, что  $x_{ij}^d = x_{ij}$  и сводим задачу к определению приоритета преподавателей по одной дисциплине и нахождению  $\{p_j\}, j = \overline{1, m}$ . По аналогии, определяя значения приоритетов по каждой дисциплине получаем матрицу приоритетов преподавателей по всем дисциплинам –  $\mathbf{P}$ .

2. Методика определения матрицы приоритетов преподавателей по дисциплинам.

Для решения задачи определения матрицы приоритетов преподавателей по дисциплинам методами экспертной оценки представляется методика, которая состоит из следующих этапов:

1) Дисциплины делятся и собираются на родственные группы

2) Создается группа экспертов по каждой родственной группе дисциплин в количестве 3-4 человека. Эксперты должны иметь педагогический опыт или опыт академической или методической управленческой работы, знания предметной области по выделенной группе дисциплин

3) Формируется портфолио преподавателей и определенный шаблон для выставлениями экспертами своих мнений

4) Для работы экспертов, им выдается портфолио преподавателей с одинаковым набором информации о деятельности преподавателя.

5) Эксперты независимо друг от друга оценивают каждого преподавателя по дисциплине, согласно выданному шаблону. Эксперты заполняют три вида шаблона: Шаблон 1 – путем выставления баллов от «1» до «10», где

«10» является самой высокой оценкой приоритета преподавателя; Шаблон 2 – путем парного сравнения преподавателей друг с другом, с выставлением значений «0», если приоритет первого преподавателя ниже, чем второго, значение «0,5» - если оба преподавателя равны, значение «1» - если приоритет первого преподавателя выше, чем второго; Шаблон 3 – путем ранжирования преподавателей с выставлением рангов, где значение ранга «1» соответствует самому высокому приоритету преподавателя

6) Рассчитывается согласованность мнений экспертов

7) Рассчитывается приоритет каждого преподавателя по каждой дисциплине методом экспертных оценок и таким образом формируется матрица приоритетов преподавателей по всем дисциплинам. Применяются методы обработки экспертных мнений: метод средних значений, метод групповых оценок, метод парных сравнений и метод Кемени.

2. Оценка согласованности мнений экспертов.

Для принятия результатов, полученных методом экспертных оценок, важен этап проверки согласованности мнений экспертов.

Принято (Ivchenko et al., 2010), что оценка согласованности мнений экспертов, когда число экспертов больше двух, определяется на основе коэффициента конкордации.

Задаем через  $n$  – число экспертов, а через  $m$  – число преподавателей, тогда коэффициент конкордации будет вычисляться по формуле:

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)},$$

$$S = \sum_{j=1}^m \left( \sum_{i=1}^n x_{ij} - \frac{1}{2} n(m+1) \right)^2,$$

где  $x_{ij}$  – это результат оценивания  $j$ -ым экспертом  $i$ -го преподавателя ( $j = 1, i = 1$ ).

Коэффициент конкордации равняется единице, если мнения всех экспертов согласованы, и в противном случае, равен нулю. Принято считать (Kendall et al., 1939), что согласованность будет достаточной, если коэффициент конкордации больше, чем 0.5.

Для определения с какой доверительной вероятностью мнения экспертов являются согласованными, используется критерий Пирсона (Kendall et al., 1939):

$$\chi_{cal}^2 = m(n-1)W. \quad (1)$$

Необходимо найти табличное значение  $\chi_{tab,\alpha}^2$ , взятое для степени свободы  $m-1$  и которое больше, чем вычисленное значение  $\chi_{cal}^2$ , по которому определяется уровень значимости  $\alpha$ .

Мнения экспертов будем считать хорошо согласованными с доверительной вероятностью = 1 - . Расчет согласованности мнений экспертов на приведен в примере 1.

*Пример 1.* При заданном коэффициенте  $W = 0.55$ , при количестве экспертов  $n = 3$  и количестве преподавателей  $m = 15$  необходимо определить доверительную вероятность согласованности мнений экспертов по критерию Пирсона.

*Решение:* Вычисляем значение  $\chi^2_{cal}$  по формуле (1):  $\chi^2_{cal} = 15.4$ . Находим табличное значение  $\chi^2_{(tab,\alpha)}$  для степени свободы равное 14 и больше, чем 15.4, то есть  $\chi^2_{cal} < \chi^2_{(tab,\alpha)}$  (Chi-Square Table, 2025). Имеем согласно данных табличной формы:  $\chi^2_{(tab,\alpha)} = 23.685$  для уровня значимости  $\alpha = 0.05$ . Следовательно, считаем, что мнения экспертов хорошо согласованы с доверительной вероятностью  $\rho = 0.95$ .

4. Методы экспертных оценок и алгоритмы решения для определения приоритета преподавателей по одной дисциплине.

Путем анализа методов экспертных оценок на трудоемкость метода решения, временные затраты на решение и круг требуемых ресурсов для решения, выбраны для рассмотрения четыре метода экспертных оценок: метод средних значений, метод групповой оценки, метод парных сравнений и метод Кемени.

Для каждого метода разработан алгоритм решения и реализована программа на Python.

В программе предусмотрен блок для оценки согласованности мнений экспертов, который также предлагает рассмотреть замену какого-либо эксперта, если его мнение не соответствует постановке задачи.

Для удобства обработки данных, в коде программы реализована задача загрузки данных из листов файла формата Excel.

1. Метод средних значений. Метод является наиболее широко используемым при обработке данных на практике в образовательной сфере. Для определения приоритета преподавателей по дисциплине, находим по каждому преподавателю по этой дисциплине среднее значение по всем мнениям экспертов. Чем выше согласованность экспертов, тем точнее будет результат, вычисленный методом средних значений.

В примере 2, рассмотрена задача с применением метода средних значений.

*Пример 2.* На кафедре, имеется 7 преподавателей, каждый из которых имеет квалификацию для преподавания определенной дисциплины.

Необходимо определить приоритет преподавателей по этой дисциплине.

Для решения задачи собрана группа из трех экспертов, каждому из которых выдано портфолио преподавателей со следующей информацией: педагогический стаж, академическая и научная квалификация и результаты опросов студентов. Экспертам представлен шаблон, в котором они должны отразить свое мнение по этим 7 преподавателям. Эксперты проводят

оценивание независимо друг от друга, путем выставления баллов от «1» до «10», где «10» - самая высокая оценка данная преподавателю.

Решение задачи методом средних значений. Задаем в виде таблицы 1 мнения экспертов, полученные путем непосредственного оценивания преподавателей.

Таблица 1. – Мнения экспертов по оценке приоритета преподавателей по дисциплине

№	Преподаватели	Эксперт 1 (Э1)	Эксперт 2 (Э2)	Эксперт 3 (Э3)
1	П1	9	8	10
2	П2	7	9	7
3	П3	5	6	7
4	П4	10	4	8
5	П5	1	7	5
6	П6	3	5	4
7	П7	6	4	7

Согласно предложенной методики, далее определяется согласованность мнений экспертов. По результатам вычислений программой, были получены следующие значения параметров согласованности мнений экспертов: коэффициент конкордации  $W = 0.71$ ; расчетное значение критерия Пирсона  $\chi^2_{cal} = 12.78$ ; табличное значение  $\chi^2_{(tab,\alpha)} = 16.81$  (степень свободы – 6). Табличное значение для заданной степени свободы, больше, чем расчетное значение критерия Пирсона.

Согласно таблице  $\chi^2_{(tab,\alpha)} = 16.81$  соответствует уровню значимости  $\alpha = 16.81$  соответствует уровню значимости  $\alpha = 0.01$  (Chi-Square Table, 2025).

Вывод – мнения экспертов хорошо согласованы с доверительной вероятностью = 0.99.

Следующий блок разработанной программы запускает расчет приоритета преподавателей по дисциплине по методу средних значений. Нормированный результат к шкале «10», полученный в результате вычислений программой представлен в таблице 2.

Таблица 2. – Результат вычислений приоритета преподавателей по дисциплине методом средних значений

№	Преподаватели	Итоговая экспертная оценка по методу средних значений
1	П1	10
2	П2	9
3	П3	7
4	П4	8
5	П5	5
6	П6	4
7	П7	6

По результатам вычислений методом средних значений имеем следующую приоритетность преподавателей по дисциплине: «П1>П2>П4>П3>П7>П5>П6». Самый высокий приоритет у преподавателя под номер 1 (значение приоритета равно – «10») и самый низкий – у преподавателя под номером 6 ((значение приоритета равно – «4»).

1) **Метод групповой оценки.** Согласно методу формируется матрица с результатами оценивания  $j$ -ым экспертом  $i$ -го преподавателя по одной дисциплине:  $\mathbf{E} = [\mathbf{x}_{ij}]$  ( $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ).

Для определения компетенности экспертов и приоритета преподавателей по дисциплине (Mirkin, 1974), находим матрицы:

$$\mathbf{A} = \mathbf{EE}^T, \mathbf{B} = \mathbf{E}^T \mathbf{E} \quad (2)$$

Найдением максимального собственного значения матрицы  $\mathbf{B}$  и соответствующего собственного вектора  $\bar{\mathbf{k}} = \{\bar{k}_j\}$ ,  $j = \overline{1, n}$ , определяется компетентность экспертов.

Найдением максимального собственного значения матрицы  $\mathbf{A}$  и соответствующего собственного вектора  $\bar{\mathbf{p}} = \{\bar{p}_i\}$ ,  $i = \overline{1, m}$ , определяется приоритете преподавателей.

Исследования (Kireyev et al., 2004) практических вычислений векторов  $\bar{\mathbf{k}}$  и  $\bar{\mathbf{p}}$  показывают, что при большой размерности целесообразно вычисления проводить итерационным способом.

Шаги рекуррентного алгоритма: на шаге  $t = 0$ , принимается, что  $\bar{k}_j^0 = \frac{1}{n}$ ,  $j = \overline{1, n}$ , далее для каждого  $t = 1, 2, 3, \dots$  проводятся вычисления  $\bar{\mathbf{p}}^t$ ,  $\lambda^t$ ,  $\bar{\mathbf{k}}^t$  по формулам:

$$\bar{\mathbf{p}}^t = \mathbf{E} \bar{\mathbf{k}}^{t-1} \quad (3)$$

$$\bar{\mathbf{k}}^t = \frac{1}{\lambda^t} \mathbf{E}^T \bar{\mathbf{p}}^t \quad (4)$$

Имеем, отсюда – нормировочный коэффициент вычисляется как:

$$\lambda^t = \sum_{j=1}^n K_j^t.$$

При  $t = 0$  имеем:  $\lambda^0 = \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{n}\right) = 1$ . Тогда согласно (4) получаем:

$$\bar{\mathbf{k}}^{t-1} = \frac{1}{\lambda^{t-1}} \mathbf{E}^T \bar{\mathbf{p}}^{t-1}. \quad (5)$$

Подставляя (5) в (3)

$$\bar{\mathbf{p}}^t = \frac{1}{\lambda^{t-1}} \mathbf{E} \mathbf{E}^T \bar{\mathbf{p}}^{t-1}. \quad (6)$$

Подставляя (3) в (4)

$$\bar{k}^t = \frac{1}{\lambda^t} \mathbf{E}^T \mathbf{E} \bar{k}^{t-1}. \quad (7)$$

Учитывая (2), можем записать (6) и (7) в следующем виде:

$$\bar{p}^t = \frac{1}{\lambda^{t-1}} \mathbf{A} \bar{p}^{t-1}, \quad \bar{k}^t = \frac{1}{\lambda^t} \mathbf{B} \bar{k}^{t-1}$$

Итерации по вычислению проводим до тех пор, пока.

В работе (Yevlanov et al., 1978) показана сходимость данного алгоритма к собственному вектору, соответствующему максимальному собственному числу матрицы  $\mathbf{A}$ .

Блок схема алгоритма вычисления приоритета преподавателей представлена на рисунке 1.

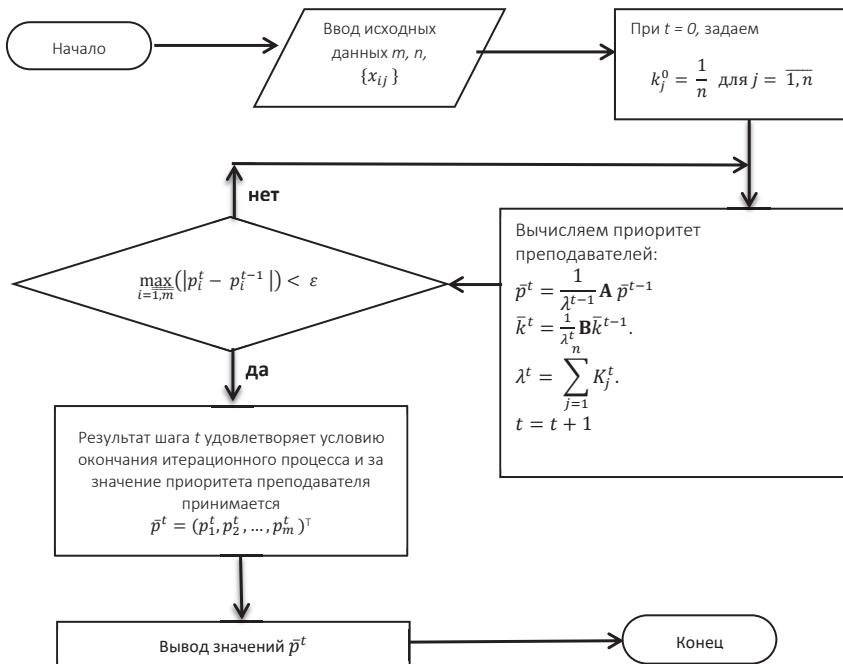


Рисунок 1. – Алгоритм вычисления приоритета преподавателей по дисциплине методом групповой экспертной оценки

На примере 2 рассмотрим решение задачи по определению приоритета преподавателей по дисциплинам с применением метода групповых оценок.

Решение задачи методом групповых оценок. Задачу решаем для данных по мнению экспертов, которые приведены в той же таблице 1.

Согласно рекуррентного алгоритма, представленного на рисунке 1,

получаем результаты вычисления по специально разработанному блоку программы на Python для метода групповых оценок.

Нормированный результат к шкале «10», полученный в результате вычислений программой представлен в таблице 3.

Таблица 3. – Результат вычислений приоритета преподавателей по дисциплине методом групповых оценок

№	Преподаватели	Итоговая экспертная оценка по методу групповой оценки
1	П1	10
2	П2	9
3	П3	7
4	П4	8
5	П5	5
6	П6	4
7	П7	6

По результатам вычислений методом групповых оценок имеем следующую приоритетность преподавателей по дисциплине: «П1>П2>П4>П3>П7>П5>П6». Самый высокий приоритет у преподавателя под номер 1 (значение приоритета равно – «10») и самый низкий – у преподавателя под номером 6 ((значение приоритета равно – «4»)).

3) **Метод парных сравнений.** Согласно методу, для  $n$  экспертов, задается для сравнения между собой  $m$  преподавателей. Через  $r_{ij}^h$  обозначается результат  $h$ -ым экспертом по сравнению  $i$ -го преподавателя с  $j$ -ым по одной дисциплине:

$$r_{ij}^h = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-ый преподаватель более значим, чем } j\text{-ый;} \\ 0,5, & \text{если преподаватели } i \text{ и } j \text{ являются равноправными;} \\ 0, & \text{если } i\text{-ый преподаватель менее значим, чем } j\text{-ый,} \end{cases}$$

где  $h = \overline{1, n}$ ,  $i, j = \overline{1, m}$ .

Результаты сравнений преподавателей между собой, представляются в виде таблиц парных сравнений по каждому эксперту.

На основании всех сравнений по полученным  $r_{ij}^h$  стится матрица математических ожиданий  $\mathbf{O} = [o_{ij}]$ :

$$o_{ij} = M[r_{ij}^h] = 1 * \frac{n_{ij}^{-1}}{n} + 0,5 * \frac{n_{ij}^0}{n} + 0 * \frac{n_{ij}^1}{n} \quad (8)$$

где  $h = \overline{1, n}$ ,  $i, j = \overline{1, m}$ , а  $n_{ij}^{-1}$  – количество экспертов, которые предпочли  $j$ -го преподавателя с  $i$ -м,  $n_{ij}^1$  – количество экспертов, которые предпочли  $i$ -го преподавателя с  $j$ -м,  $n_{ij}^0$  – количество экспертов, которые приравняли приоритеты  $i$ -го и  $j$ -го преподавателя.

Так как общее количество экспертов равно сумме трех возможных мнений экспертов, то есть  $n = n_{ij}^{-1} + n_{ij}^1 + n_{ij}^0$ , то отсюда можно определить значение  $n_{ij}^0$  и подставляя его в (8) получаем значение  $o_{ij}$ :

где (9)

При этом.

Далее вычисляется вектор коэффициентов относительной важности (Orlov, 2002), то есть приоритет преподавателей по дисциплине для каждого шага итерации:

$$p_i^t = \frac{1}{\lambda^t} * \mathbf{O} * p_i^{t-1}, i = \overline{1, m}, t = 1, 2, 3, \dots$$

Для  $t = 0$ , задается одинаковое значение приоритета преподавателей:  $p_i = 1, i = \overline{1, m}$ .

Итерация прекращается при

В работе (Kireyev et al., 2004) показана сходимость данного алгоритма вычисления коэффициентов относительной важности преподавателей.

Блок схема алгоритма вычисления приоритета преподавателей методом парных сравнений представлена на рисунке 2.

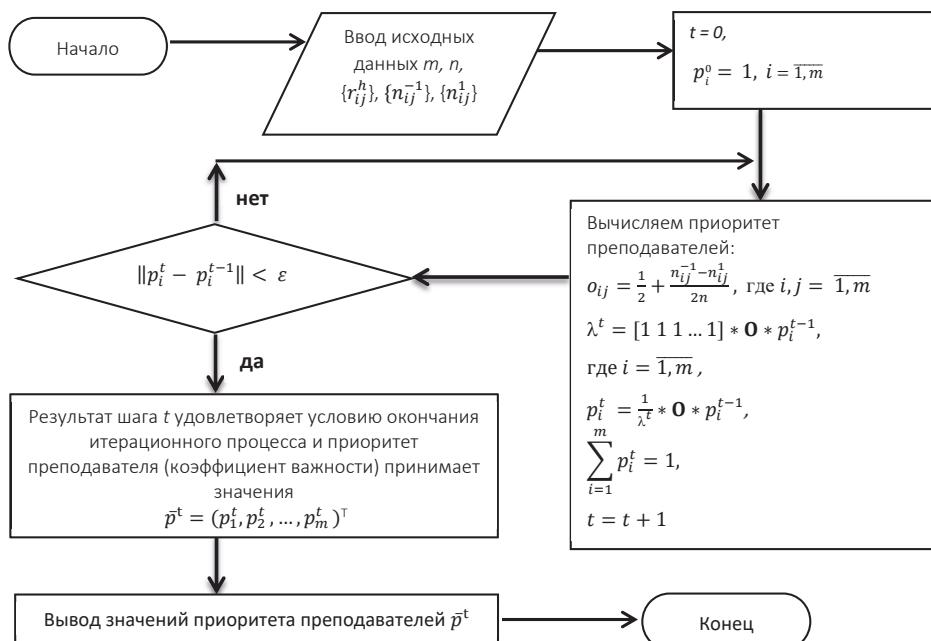


Рисунок 2. – Алгоритм вычисления приоритета преподавателей по дисциплине методом парных сравнений

На примере 2 рассмотрим решение задачи по определению приоритета преподавателей по дисциплинам с применением метода парных сравнений.

*Решение задачи методом парных сравнений*. Для решения задачи преобразуем данные по мнению экспертов, которые приведены в таблице 1. Согласно метода парных сравнений каждый эксперт попарно сравнивает преподавателей между собой и выставляет значение «0», если приоритет  $i$ -го преподавателя по дисциплине ниже, чем у  $j$ -го преподавателя, значение «0.5» - если оба преподавателя равны, значение «1» - если приоритет  $i$ -го преподавателя по дисциплине выше, чем у  $j$ -го преподавателя. После преобразования результаты парного сравнения получаем, согласно таблицы 4.

Таблица 4. – Результаты парного сравнения приоритета преподавателей методом парных сравнений

Э1	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	Э2	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	Э3	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7
П1	0.5	1	1	0	1	1	1	П1	0.5	1	1	1	1	1	1	П1	0.5	1	1	1	1	1	1
П2	0	0.5	1	0	1	1	1	П2	1	0.5	1	1	1	1	1	П2	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5
П3	0	0	0.5	0	1	1	0	П3	0	0	0.5	1	0	1	1	П3	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5
П4	1	1	1	0.5	1	1	1	П4	0	0	0	0.5	0	1	0.5	П4	0	1	1	0.5	1	1	1
П5	0	0	0	0.5	0	0	П5	0	0	1	1	0.5	1	1	1	П5	0	0	0	0	0.5	1	0
П6	0	0	0	0	1	0.5	0	П6	0	0	0	1	0	0.5	1	П6	0	0	0	0	0	0.5	0
П7	0	0	1	0	1	1	0.5	П7	0	0	0	0.5	0	0	0.5	П7	0	0.5	0.5	0	1	1	0.5

Согласно рекуррентного алгоритма, представленного на рисунке 2, получаем результаты вычисления по специально разработанному блоку программы на Python для метода парных сравнений. В коде программы реализована загрузка данных из трех листов файла формата Excel, где каждый лист это результат парного сравнения преподавателей между собой одним экспертом.

Нормированный результат к шкале «10», полученный в результате вычислений программой представлен в таблице 5.

Таблица 5. – Результат вычислений приоритета преподавателей по дисциплине методом парных сравнений

№	Преподаватели	Итоговая экспертная оценка по методу парных сравнений
1	П1	10
2	П2	9
3	П3	7
4	П4	9
5	П5	6
6	П6	6
7	П7	7

По результатам вычислений методом парных сравнений, имеем следующую приоритетность преподавателей по дисциплине: «П1>П2=П4>П3=П7>П5=П6». Самый высокий приоритет у преподавателя

под номер 1 (значение приоритета равно – «10») и самый низкий – у преподавателей под номером 5 и 6 (значение приоритета равно – «6»).

Итоговое значение приоритета преподавателей, вычисленное по методу парных сравнений, не совпадает с вычислениями по предыдущим двум методам.

**4) Метод Кемени.** Согласно методу, п экспертов проводят ранжирование  $m$  преподавателей (Orlov, 2002). Так как мы имеем матрицу  $E = [\mathbf{x}_{ij}]$  ( $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ) по результатам оценивания  $j$ -ым экспертом  $i$ -го преподавателя, на основе этой матрицы проведем ранжирование преподавателей и результаты запишем в  $\mathbf{a}_{ij}$  ( $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ).

Согласно описания метода (Kemeni, 1972), вычисляется величина суммы разностей (по абсолютной величине) мнений двух экспертов по каждому преподавателю, то есть расстояние между мнениями  $j$ -го и  $k$ -го экспертов, которую обозначим  $r_{jk}$  ( $j = \overline{1, n}$ ,  $k = \overline{1, n}$ ).

Далее вычисляется расстояние от  $j$ -го эксперта до остальных -  $R_j$  ( $j = \overline{1, n}$ ).

Среди вычисленных суммарных расстояний ищется минимальное, которое и принимается за итоговое мнение экспертов.

Разработан алгоритм вычисления приоритета преподавателей по методу Кемени, представлен в блок-схеме на рисунке 3.

Имеется специально разработанный блок программы на Python для метода Кемени для получения результатов вычислений по итогам ранжирования преподавателей.

На примере 2 рассмотрим решение задачи по определению приоритета преподавателей по дисциплинам с применением метода Кемени.

Решение задачи методом Кемени. Для решения задачи преобразуем данные по мнению экспертов, которые приведены в таблице 1. Проводится ранжирование преподавателей каждым экспертом через проставления значений от «1» до «7», где «1» самый высокий ранг приоритета преподавателя, результаты раскрыты в таблице 6.

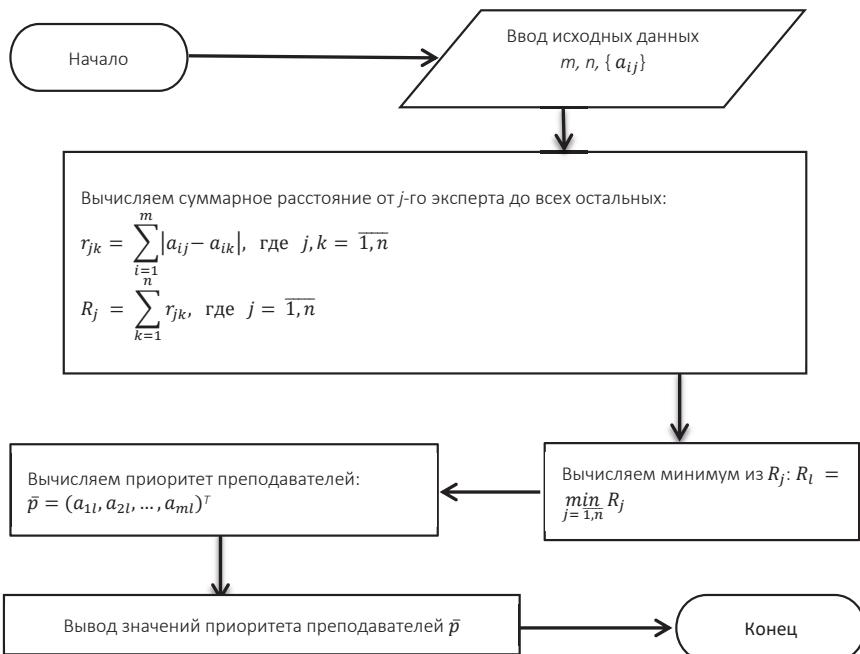


Рисунок 3. – Алгоритм вычисления приоритета преподавателя по дисциплине по методу Кемени

Таблица 6. – Результаты ранжирования преподавателей экспертами

№	Преподаватели	Эксперт 1 (Э1)	Эксперт 2 (Э2)	Эксперт 3 (Э3)
1	П1	2	2	1
2	П2	3	1	3
3	П3	5	4	4
4	П4	1	6	2
5	П5	7	3	6
6	П6	6	5	7
7	П7	4	7	5

Нормированный результат к шкале «10», полученный в результате вычислений программой представлен в таблице 7.

Таблица 7. – Результат вычислений приоритета преподавателей по дисциплине методом Кемени

№	Преподаватели	Итоговая экспертная оценка по методу Кемени
1	П1	10
2	П2	8
3	П3	7
4	П4	9
5	П5	5
6	П6	4
7	П7	6

По результатам вычислений методом Кемени, имеем следующую приоритетность преподавателей по дисциплине: «П1>П4>П2>П3>П7>П5>П6». Самый высокий приоритет у преподавателя под номер 1 (значение приоритета равно – «10») и самый низкий – у преподавателя под номером 6 (значение приоритета равно – «4»).

Итоговое значение приоритета преподавателей, вычисленное по методу Кемени, не совпадает с вычислениями по предыдущим трем методам.

5) Сравнительный анализ результатов исследования. На примере 2 были применены четыре метода экспертных оценок для нахождения приоритета преподавателей: метод средних значений, метод групповых оценок, метод парных сравнений и метод Кемени.

В таблице 8 приведены результаты по приоритетности преподавателей, которые получены в ходе решения задачи по вычислению приоритета преподавателей по дисциплине, указанными методами. А в таблице 9 – значения приоритетов преподавателей.

Таблица 8. – Приоритетность преподавателей выявленная в ходе вычисления методом средних значений, методом групповых оценок, методом парных сравнений и методом Кемени

Метод вычисления приоритета преподавателей по дисциплине	Приоритетность преподавателя
Метод средних значений	П1>П2>П4>П3>П7>П5>П6
Метод групповых оценок	П1>П2>П4>П3>П7>П5>П6
Метод парных сравнений	П1>П2=П4>П3=П7>П5=П6
Метод Кемени	П1>П4>П2>П3>П7>П5>П6

Таблица 9. – Значения приоритета преподавателей, вычисленные методом средних значений, методом групповых оценок, методом парных сравнений и методом Кемени

№	Преподаватели	Итоговая экспертная оценка приоритета преподавателей			
		Метод средних значений	Метод групповых оценок	Метод парных сравнений	Метод Кемени
1	П1	10	10	10	10
2	П2	9	9	9	8
3	П3	7	7	7	7
4	П4	8	8	9	9
5	П5	5	5	6	5
6	П6	4	4	6	4
7	П7	6	6	7	6

**Результаты** вычисленных приоритетов по одной дисциплине рассмотренными методами для задачи примера 2, согласно данных отображенных в таблице 9 раскрыты в виде графического изображения на рисунке 4.

Графики наглядно показывают, что имеется единый тренд – приоритеты преподавателей постепенно снижаются от первого преподавателя (П1) к

шестому преподавателю (П6) с последующим незначительным ростом значений у седьмого преподавателя (П7). Наблюдается минимальный разброс значений между третьим преподавателем (П3) и седьмым (П7). Различия между результатами методов не превышают значения от 0.2 до 0.3, что говорит об общей согласованности мнений экспертов.

Устойчивость экспертных мнений и надежность результатов показывает наблюдаемый тренд для большинства преподавателей – это высокая степень совпадения результатов по методам.

Локальные отклонения получаются при использовании метода парных сравнений, линия показывающая приоритет четвертого (П4) и пятого (П5) преподавателя демонстрирует более высокие значения приоритета по сравнению с другими методами. То есть экспертное мнение очень чувствительно именно при проведении сравнения преподавателей между собой.

Метод Кемени, в отличии от других методов показывает резкий спад на втором преподавателе, что вызвано спецификой медианного агрегирования, которое минимизирует противоречия в исходном ранжировании.

Линии тренда метода средних значений и метода групповых оценок совпадают, что доказывает схожесть принципа средней агрегации экспертных мнений.

**Обсуждение.** Таким образом, несмотря на имеющиеся локальные различия в линиях тренда, большинство имеющихся точек тренда, показывает наличие стабильного распределения приоритетов преподавателей по дисциплине полученных указанными выше методами.

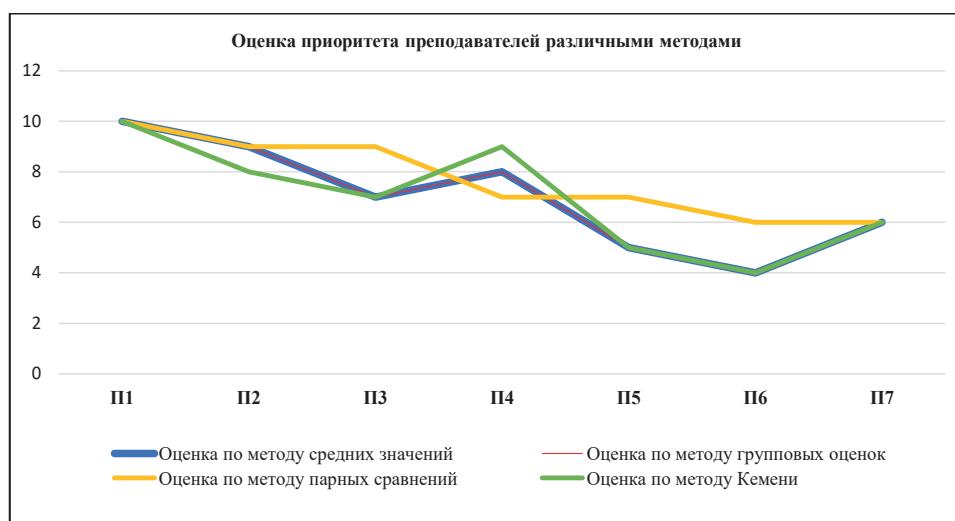


Рисунок 4. – График результатов вычислений приоритетов преподавателей по дисциплине методом средних значений, методом групповых оценок, методом парных сравнений и методом Кемени

Исходя из трудоемкости и ресурсозатратности (по времени, по количеству задействованных лиц и объему подготавливаемой информации), в практическом применении самыми удобными являются метод средних значений и метод групповых оценок. Но необходимо учитывать, что эти методы дают хороший результат только при наличии хорошей согласованности мнений экспертов. То есть при применении этих методов необходимо правильно подбирать экспертную группу.

В итоге решения задачи, определяя пошагово приоритет преподавателей по каждой дисциплине можно составить матрицу приоритетов по преподавателям всей кафедры.

### **Заключение.**

В целях решения поставленной задачи, исследованы существующие методики определения приоритета преподавателей в организациях образования разных стран. Изучен и применен опыт принятия решений в организациях образования Республики Казахстан, что позволило разработать методику определения матрицы приоритетов преподавателей всей кафедры по каждой дисциплине. Полученная, согласно методики и рекомендуемых методов экспертных оценок, матрица приоритетов преподавателей всей кафедры по каждой дисциплине дает в дальнейшем возможность решить актуальную задачу распределения учебной нагрузки между преподавателями.

По результатам проведенных исследований, можно сделать заключения, что методы экспертных оценок жизнеспособны и дают хороший результат для применения в организациях образования. Из множества имеющихся методов экспертной оценки наиболее быстрый результат по затраченному времени на решение, дает метод средних значений, наиболее долгий – метод парных сравнений. Рекомендуется для использования метод групповых оценок и метод Кемени.

Результаты исследований также показали необходимость проверки согласованности мнений экспертов на начальном этапе, что предусмотрено разработанной методикой и продемонстрировано на решении заданного примера 2. Оценка согласованности мнений экспертов основана на расчете коэффициента конкордации и коэффициента Пирсона. Например для заданного примера вывод о хорошей согласованности мнений экспертов сделан с доверительной вероятностью  $r = 0.99$  на результатах расчета, согласно которому: коэффициент конкордации  $W = 0.71$ ; расчетное значение критерия Пирсона  $\chi^2_{cal} = 12.78$ ; табличное значение  $\chi^2_{(tab,\alpha)} = 16.81$ .

Проведен сравнительный анализ результатов вычислений приоритета преподавателей по одной дисциплине для заданного примера 2 методом средних значений, методом групповых оценок, методом парных сравнений и методом Кемени. Сравнительный анализ на графике, представленном на рисунке 4, показывает, что имеется общая тенденция согласованности распределения приоритета при использовании указанных методов. Но в практическом применении в оперативных управленческих решениях наиболее

удобны метод групповых оценок и метод Кемени. Каждый из рассмотренных методов экспертных оценок может имспользоваться и для решения других управлеченческих задач, например, для определения лучшего преподавателя или рейтинга преподавателя кафедры и т.д.

*При написании статьи использован опыт применения ИИ для проверки переводов аннотаций на казахский и английский языки, для проверки академического стиля в тексте обзора литературы, для формирования графика сравнительного результата с целью наглядного представления данных, а также в подготовке перечня литературы в требуемом формате (в том числе и транслитерация).*

### Литература

- Tashev A., Takenova Z., Arshidinova M. (2023) Algorithms for Solving Problems of Resources Allocation in the Management of Business Processes in Educational Organizations. International Journal of Modern Education and Computer Science, no 15(5). — P. 14-27.
- Berk R.A. (2005) Survey of 12 Strategies to Measure Teaching Effectiveness. International Journal of Teaching and Learning in Higher Education, no 17(1). — P. 48-62.
- Юревич М.А. (2013) Методики оценки педагогических кадров в высшей школе в Европе, США и Австралии. Образовательные технологии, №2. —С.104-115
- Исаева Т., Чуриков М., Котляренко Ю. (2015) Эффективность оценивания деятельности преподавателей вузов: сравнение отечественных и зарубежных методик. Интернет-журнал «Науковедение», №7(3)
- Кравченко Т.К. (2010) Экспертная система поддержки принятия решений. Вестник Томского государственного университета, № 6. —С.147-156
- Данелян Т.Я. (2015) Формальные методы экспертных оценок. Государственное управление. Электронный вестник, №1. —С.183-187
- Tsukida K., Gupta M.R. (2011) How to analyze paired comparison data. UWEE Technical report: UEEETR-2011-0004. — P. 24.
- Thurstone L.L. (2017) A law of comparative judgment. Scaling: A Sourcebook for Behavioral Scientists. — P. 81-92.
- Saaty T.L. (2008) Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J. Services Sciences, no 1(1). — P. 83-98.
- Kou G., Lu Y., Peng Y., Shi Y. (2012) Evaluation of classification algorithms using MCDM and rank correlation. Int. J. Information Technology & Decision Making, no 11(1). — P. 197-225.
- Rowe G., Wright G. (1999) The Delphi Technique as a Forecasting Tool: Issues and Analysis. International Journal of Forecasting, no 15(4). —P. 353-375.
- Krivulin N.K., Sergeev S.N. (2019) Tropical implementation of the Analytical Hierarchy Process decision method. Fuzzy Sets and Systems, no 377. — P. 31-51.
- Meyer, M.A., Booker, J.M. (1991) Eliciting and Analyzing Expert Judgment: A Practical Guide. Academic Press: ASA-SIAM Series on Statistics and Applied Mathematics. — P. 441.
- Евланов Л.Г., Кутузов В.А. (1978) Экспертные оценки в управлении. Москва: Экономика. — С. 88.
- Миркин Б.Г. (1974) Проблема группового выбора. Москва: Наука. — С. 256
- Никайдо Х. (1972) Выпуклые структуры и математическая экономика. Мир
- Arici M., Takenova Ж. (2022) О некоторых вопросах распределения ресурсов при управлении сложными процессами. Advanced technologies and computer science, № 1(3). — С..29-38
- Такенова Ж. (2024) Новые подходы в решении управлеченческих задач в организациях образования. Известия НАН РК. Серия физико-математическая, № 1. — С. 368-284
- Такенова Ж. (2022) Вопросы формирования педагогической нагрузки в высшем учебном заведении. Сборник материалов международной научно-практической конференции «Современные тренды в архитектуре и строительстве: энергоэффективность, энергосбережение, BIM технологии, проблемы городской среды» по направлению «Иновационные тренды в современном высшем образовании». — С. 376-385

- Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. (2010) Введение в математическую статистику. Москва: Издательство ЛКИ. — С. 600
- Kendall M.G., Babington Smith B. (1939) The Problem of  $m$  Rankings. The Annals of Mathematical Statistics. London and University of St. Andrews. Scotland, no 10(3). — P. 275-287.
- Chi-Square Table. (n.d.). In Social Science Statistics. Retrieved June 9, 2025, from <https://www.socscistatistics.com/tests/chisquare2/>
- Киреев В. И., Пантелейев А.Б. (2004) Численные методы в примерах и задачах. Учебное пособие. — С. 480.
- Орлов А.И. (2002) Экспертные оценки. Учебное пособие. — С. 60
- Кемени Дж., Снелл Дж. (1972) Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения. Москва: Советское Радио. — С. 192.

### References

- Tashev A., Takenova Z., Arshidinova M. (2023) Algorithms for Solving Problems of Resources Allocation in the Management of Business Processes in Educational Organizations. International Journal of Modern Education and Computer Science, no 15(5). — P. 14-27 (in English)
- Berk R.A. (2005) Survey of 12 Strategies to Measure Teaching Effectiveness. International Journal of Teaching and Learning in Higher Education, no 17(1). — P. 48-62 (in English)
- Yurevich M.A. (2013) Metodiki otsenki pedagogicheskikh kadrov v vysshey shkole v Yevrope, SSHA i Avstralii [Methods of assessing teaching staff in higher education in Europe, the USA and Australia]. Obrazovatel'nyye tekhnologii, no 2. — P. 104-115 (in Russian)
- Isayeva T., Churikov M., Kotlyarenko YU. (2015) Effektivnost' otsenivaniya deyatel'nosti prepodavateley vuzov: srovneniye otechestvennykh i zarubezhnykh metodik [Efficiency of assessing the activities of university teachers: comparison of domestic and foreign methods]. Internet-zhurnal «Naukovedeniye», no 7(3) (in Russian)
- Kravchenko T.K. (2010) Ekspertnaya sistema podderzhki prinyatiya resheniy [Expert decision support system]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, no 6. — P. 147-156 (in Russian)
- Danelyan T.YA. (2015) Formal'nyye metody ekspertnykh otsenok [Formal methods of expert assessments]. Gosudarstvennoye upravleniye. Elektronnyy vestnik, no 1. — P. 183-187 (in Russian)
- Tsukida K., Gupta M.R. (2011) How to analyze paired comparison data. UWEE Technical report: UEEETR-2011-0004. — P. 24 (in English)
- Thurstone L.L. (2017) A law of comparative judgment. Scaling: A Sourcebook for Behavioral Scientists. — P. 81-92 (in English)
- Saaty T.L. (2008) Decision making with the analytic hierarchy process. Int. J. Services Sciences, no 1(1). — P. 83-98 (in English)
- Kou G., Lu Y., Peng Y., Shi Y. (2012) Evaluation of classification algorithms using MCDM and rank correlation. Int. J. Information Technology & Decision Making, no 11(1). — P. 197-225 (in English)
- Rowe G., Wright G. (1999) The Delphi Technique as a Forecasting Tool: Issues and Analysis. International Journal of Forecasting, no 15(4). — P. 353-375 p. (in English)
- Krivulin N. K., Sergeev S. N. (2019) Tropical implementation of the Analytical Hierarchy Process decision method. Fuzzy Sets and Systems, no 377. — P. 31-51 (in English)
- Meyer, M.A., Booker, J.M. (1991) Eliciting and Analyzing Expert Judgment: A Practical Guide. Academic Press: ASA-SIAM Series on Statistics and Applied Mathematics. — 441 (in English)
- Yevlanov L.G., Kutuzov V.A. (1978) Ekspertnyye otsenki v upravlenii [Expert assessments in management]. Moscow: Economics. — P. 88 (in Russian)
- Mirkin B.G. (1974) Problema gruppovogo vbyora [The problem of group choice]. Moscow: Science. — P. 256 (in Russian)
- Nikaydo KH. (1972) Vypuklyye struktury i matematicheskaya ekonomika [Convex structures and mathematical economics]. World (in Russian)
- Arici M., Takenova ZH. (2022) O nekotorykh voprosakh raspredeleniya resursov pri upravlenii slozhnymi protsessami [On some issues of resource allocation in managing complex processes]. Advanced technologies and computer science, no 1(3). — P. 29-38 (in Russian)
- Takenova ZH. (2024) Novyye podkhody v reshenii upravlencheskikh zadach v organizatsiyakh obrazovaniya [New approaches to solving management problems in educational organizations]. Izvestiya NAN RK. Seriya fiziko-matematicheskaya, no 1. — P. 368-284 (in Russian)
- Takenova ZH. (2022) Voprosy formirovaniya pedagogicheskoy nagruzki v vysshem uchebnom

zavedenii [Issues of formation of pedagogical load in higher educational institution]. Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye trendy v arkitektуре i stroitel'stve: energoeffektivnost', energosberezheniye, BIM tekhnologii, problemy gorodskoy sredy» po napravleniyu «Innovatsionnyye trendy v sovremennom vysshem obrazovaniyu». — P. 376-385 (in Russian)

Ivchenko G.I., Medvedev YU.I. (2010) Vvedeniye v matematicheskuyu statistiku [Introduction to Mathematical Statistics.]. Moscow: LKI Publishing House. — P. 600 (in Russian)

Kendall M.G., Babington Smith B. (1939) The Problem of  $m$  Rankings. The Annals of Mathematical Statistics. London and University of St. Andrews. Scotland, no 10(3). — P. 275-287 (in English)

Chi-Square Table. (n.d.). In Social Science Statistics. Retrieved June 9, 2025, from <https://www.socscistatistics.com/tests/chisquare2/> (in English)

Kireyev V.I., Panteleyev A.B. (2004) Chislennyye metody v primerakh i zadachakh [Numerical methods in examples and problems]. Study manual. — P.480 (in Russian)

Orlov A.I. (2002) Ekspertnyye otsenki [Expert assessments]. Study manual. — P. 60 (in Russian)

Kemeni Dzh., Snell Dzh. (1972) Kiberneticheskoye modelirovaniye: Nekotoryye prilozheniya [Cybernetic Modeling: Some Applications]. Moscow: Soviet Radio. — P. 192 (in Russian)

**Publication Ethics and Publication Malpractice  
in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP**

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 journals of the Central Asian Academic Research Center LLP 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 Central Asian Academic Research Center LLP 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 Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP 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>**  
**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 25.09.2025.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная.

Печать –ризограф. 20,0 п.л. Заказ 3.