

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ
ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

2025 (24) 4

қазан- желтоқсан

ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)

БАС РЕДАКТОР:

Исахов Асылбек Абдишимович — есептеу теориясы саласында математика бойынша PhD доктор, "Компьютерлік ғылымдар және информатика" бағыты бойынша қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Басқарма Төрағасы – Ректор (Қазақстан)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

Колесникова Катерина Викторовна — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі проректор (Қазақстан)

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

Ипалакова Мадина Түлегеновна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі департамент директоры (Қазақстан)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Разак Абдул — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Лучино Томмазо де Паолис — Саленто Университеті (Италия) инновация және технологиялық инжиниринг департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры

Лиз Бэкон — профессор, Абертей Университеті (Ұлыбритания) вице-канцлерінің орынбасары

Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры

Өтелбаев Мұхтарбай Өтелбайұлы — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Есептеу және деректер ғылымдары департаментінің профессоры, Astana IT University (Қазақстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Дузаев Нуржан Токсужаевич — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректор (Қазақстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Сейлова Нургуль Абдуллаевна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің деканы (Қазақстан)

Мұхамедиева Ардак Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті бизнес медиа және басқару факультетінің деканы (Қазақстан)

Абдикаликова Замира Тұрсынбаевна — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті экономика және бизнес кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Дамелия Максумовна Ескендірова — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті медиакоммуникация және Қазақстан тарихы кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Айтмағамбетов Алтай Зуфарович — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Бахтиярова Елена Азизбековна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Канибек Сансызбай — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Тынымбаев Сахиябай — техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік инженерия кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Алимереб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Янг Им Чу — PhD, Гачон университетінің профессоры (Оңтүстік Корея)

Талеуш Валдас — PhD, Адам Мицкевич атындағы (Польша) университеттің проректоры

Мамырбаев Оркен Жұмажанович — PhD, КР ҒЖБМ Ғылым комитеті ақпараттық және есептеу технологиялары институты ӨМК директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)

Бушув Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның "УКРНЕТ" жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және сәулет университеті жобаларды басқару кафедрасының меңгерушісі (Украина)

Белошицкая Светлана Васильевна — техника ғылымдарының докторы, доцент, Astana IT University есептеу және деректер ғылымы кафедрасының профессоры (Қазақстан)

РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің редакторы (Қазақстан)

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Меншік иесі: АҚ «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігіне мерзімді баспасөз басылымын есепке қою туралы куәлік № KZ82VPY00020475, 20.02.2020 ж. берілген

Тақырып бағыты: ақпараттық технологиялар, ақпараттық қауіпсіздік және коммуникациялық технологиялар, әлеуметтік-экономикалық жүйелерді дамытудағы цифрлық технология.

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тираж: 100 дана.

Редакция мекенжайы: 050040 Алматы қ., Манас к., 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz>

© Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті АҚ, 2025

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz> © Авторлар ұжымы, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Исахов Асылбек Абдиашимович — доктор PhD по математике в области теории вычислимости, ассоциированный профессор по направлению "Компьютерные науки и информатика", Председатель Правления – Ректор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Колесникова Катерина Викторовна — доктор технических наук, профессор, проректор по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, директор департамента по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Разак Абдул — PhD, профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Лучио Томмазо де Паолис — директор отдела исследований и разработок лаборатории AVR департамента инноваций и технологического инжиниринга Университета Саленто (Италия)

Лиз Бэкон — профессор, заместитель вице-канцлера Университета Абертей (Великобритания)

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

Отелбаев Мухтарбай Отелбайұлы — доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Рысбайұлы Болатбек — доктор физико-математических наук, профессор, профессор Astana IT University (Казахстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, профессор-исследователь кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дузбаев Нуржан Токкужаевич — PhD, ассоциированный профессор, проректор по цифровизации и инновациям Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Сейлова Нургуль Абадуллаевна — кандидат технических наук, декан факультета компьютерных технологий и кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мухамедиева Ардак Габитовна — кандидат экономических наук, декан факультета бизнеса медиа и управления Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Абдикаликова Замира Турсынбаевна — PhD, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой экономики и бизнеса Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дамеля Максумовна Ескендирова — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — кандидат филологических наук, доцент, профессор, заведующая кафедрой медиакоммуникации и истории Казахстана Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Айтмагамбетов Алтай Зуфарович — кандидат технических наук, профессор кафедры радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Бахтиярова Елена Ажибековна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Канибек Сансызбай — PhD, ассоциированный профессор, профессор-исследователь кафедры кибербезопасности, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Тынымбаев Сахиябай — кандидат технических наук, профессор, профессор-исследователь кафедры компьютерной инженерии, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Алмисреб Али Абд — PhD, ассоциированный профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, ассоциированный профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Янг Им Чу — PhD, профессор университета Гачон (Южная Корея)

Талеуш Валлас — PhD, проректор университета имен Адама Мицкевича (Польша)

Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, заместитель директора по науке РГП Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки МНВО РК (Казахстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — доктор технических наук, профессор, директор Украинской ассоциации управления проектами «УКРНЕТ», заведующий кафедрой управления проектами Киевского национального университета строительства и архитектуры (Украина)

Белошницкая Светлана Васильевна — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры вычислений и науки о данных Astana IT University (Казахстан)

РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, редактор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Собственник: АО «Международный университет информационных технологий» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Министерство информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ82VPY00020475, выданное от 20.02.2020 г.

Тематическая направленность: информационные технологии, информационная безопасность и коммуникационные технологии, цифровые технологии в развитии социально-экономических систем.

Периодичность: 4 раза в год.

Тираж: 100 экземпляров.

Адрес редакции: 050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Сайт журнала: <https://journal.iitu.edu.kz>

© АО Международный университет информационных технологий, 2025

© Коллектив авторов, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

Assylbek Issakhov — PhD in Mathematics in Computability Theory, associate professor in “Computer Science and Informatics,” Chairman of the Board – Rector of the International Information Technology University (Kazakhstan)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Kateryna Kolesnikova — Doctor of Technical Sciences, professor, Vice-Rector for Research, International Information Technology University (Kazakhstan)

ACADEMIC SECRETARY

Madina Ipalakova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Director of the Research Department, International Information Technology University (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD

Abdul Razak — PhD, professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Lucio Tommaso De Paolis — Director of the R&D Department of the AVR Laboratory, Department of Engineering for Innovation, University of Salento (Italy)

Liz Bacon — Professor, Deputy Vice-Chancellor, Abertay University (United Kingdom)

Michele Pagano — PhD, Professor, University of Pisa (Italy)

Mukhtarbay Otelbayev — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Bolatbek Rysbauly — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, professor of the Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

Yevgeniya Daineko — PhD, research professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Nurzhan Duzbayev — PhD, associate professor, Vice-Rector for Digitalization and Innovation, International Information Technology University (Kazakhstan)

Bakhtgerai Sinchev — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Nurgul Seilova — Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Computer Technologies and Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Ardak Mukhamediyeva — Candidate of Economic Sciences, Dean of the Faculty of Business, Media and Management, International Information Technology University (Kazakhstan)

Zamira Abdikalikova — PhD, associate professor, Head of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yerlan Shildibekov — PhD, associate professor, Head of the Department of Economics and Business, International Information Technology University (Kazakhstan)

Damilya Yeskendirova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Aigul Niyazgulova — Candidate of Philological Sciences, Professor, Head of the Department of Media Communications and History of Kazakhstan, International Information Technology University (Kazakhstan)

Altai Aitmagambetov — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yelena Bakhtiyarova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Kanibek Sansyzbay — PhD, research professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Sakhybay Tynymbayev — Candidate of Technical Sciences, Professor, Research Professor, Department of Computer Engineering, International Information Technology University (Kazakhstan)

Ali Abd Almisreb — PhD, associate professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Mohamed Ahmed Hamada — PhD, associate professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yang Im Chu — PhD, Professor, Gachon University (South Korea)

Tadeusz Wallas — PhD, Vice-Rector, Adam Mickiewicz University (Poland)

Orken Mamyrbayev — PhD, Deputy Director for Science, RSE Institute of Information and Computational Technologies, Committee for Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Kazakhstan)

Sergey Bushuyev — Doctor of Technical Sciences, professor, Director of the Ukrainian Project Management Association “UKRNET,” Head of the Department of Project Management, Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

Svetlana Beloshitskaya — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

EDITOR

Raushan Mrzabayeva — Master of Science, editor, International Information Technology University (Kazakhstan)

«International Journal of Information and Communication Technologies»

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan, Information Committee No. KZ82VPY00020475, issued on 20.02.2020.

Thematic focus: information technology, digital technologies in the development of socio-economic systems, information security and communication technologies

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 100 copies.

Editorial address: 050040. Manas st. 34/1, Almaty. +7 (727) 244-51-09. E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Journal website: <https://journal.iitu.edu.kz>

© International Information Technology University JSC, 2025

© Group of authors, 2025

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Vol. 6. Is. 4. Number 24 (2025). Pp. 114–135

Journal homepage: <https://journal.iitu.edu.kz><https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.007>

UDC 004.8:336.76

FORECASTING THE FINANCIAL CONDITION OF ENTERPRISES USING FUZZY LOGIC AND CLUSTER ANALYSIS METHODS

A. Bykov^{1}, A. Yemberdiyeva¹, N. Daurenbayeva¹, A. Nurlanuly²*

¹International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan;

²Civil Aviation Academy.

Artem Bykov — c.t.s., Associate Professor, Head of Department of Computer Engineering, International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: a.bykov@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9563-5185>;

Aknur Yemberdiyeva — master, senior-lecturer, Department of Computer Engineering, International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0009-0005-5078-2412>;

Nurkamilya Daurenbayeva — doctoral student, Master's degree, assistant professor, International University of Information Technology, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-0341-4017>;

Almas Nurlanuly — doctoral student, Master of Technical sciences, Civil Aviation Academy, senior lecturer of the Department of Aviation Engineering and Technology, Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-0364-0455>.

© A. Bykov, A. Yemberdiyeva, N. Daurenbayeva, A. Nurlanuly

Abstract. The analysis of indicators of complex economic systems operating under significant uncertainty and incomplete statistical information requires the use of specialized methodological tools. In such cases, traditional financial analytics often fails to provide accurate results, especially when non-financial data must be considered. One of the most effective approaches is the application of fuzzy logic theory, which allows recognition and forecasting of financial conditions even with contradictory or insufficient data. The proposed methodology consists of two sequential stages: the development of membership functions and the clustering of indicators within the space of financial conditions. As a result, enterprises can be classified into two main groups: normal operation and pre-bankruptcy state. Experimental research has shown that the reliability of this classification is comparable to neural network methods. At the same time, the approach maintains an important advantage — expert involvement in constructing membership functions, which ensures satisfactory recognition out-



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

comes under uncertainty and the influence of various external factors.

Keywords: financial condition, bankruptcy forecasting, fuzzy logic, membership function, clustering, equivalence classes, similarity relation

For citation: A. Bykov, A. Yemberdiyeva, N. Daurenbayeva, A. Nurlanuly. Forecasting the financial condition of enterprises using fuzzy logic and cluster analysis methods. 2025. Vol. 6. No. 24. Pp. 114–135. (In Kaz.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.007>.

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

АНЫҚ ЕМЕС ЛОГИКА ЖӘНЕ КЛАСТЕРЛІК ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, КӘСПОРЫНДАРДЫҢ ҚАРЖЫЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН БОЛЖАУ

А.Быков^{1}, А.Ембердіева¹, Н.Дауренбаева¹, А.Нұрланұлы²*

Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, Қазақстан;

²Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан.

E-mail: a.bykov@iitu.edu.kz

Артем Быков — т.ғ.к., доцент, кафедра меңгерушісі, Компьютерлік инженерия кафедрасы, Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: a.bykov@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9563-5185>;

Ақнұр Ембердіева — магистр, сениор-лектор, Компьютерлік инженерия кафедрасы, Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0009-0005-5078-2412>;

Нұркамиля Дауренбаева — докторант, магистр, ассистент-профессор, Компьютерлік инженерия кафедрасы, Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-0341-4017>;

Алмас Нұрланұлы — докторант, техника ғылымдарының магистрі, Азаматтық авиация академиясы, Авиациялық техника және технологиялар кафедрасының сениор лекторы, Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-0364-0455>.

© А. Быков, А. Ембердіева, Н. Дауренбаева, А. Нұрланұлы

Аннотация. Маңызды белгісіздік жағдайында жұмыс істейтін күрделі құрылымдалған экономикалық жүйелердің көрсеткіштерін талдау, қандай да бір толыққанды статистика болмаған кезде немесе зерттелетін көрсеткіштердің қатарына қаржылық емес деректерді қосу қажет, қаржылық жағдайды талдаудың арнайы әдіснамалық құралдарын қолдануды талап етеді. Шешілетін мәселелерге сәйкестігін дәлелдеген осындай құралдардың бірі-бұлыңғыр логика

теориясының математикалық аппараты. Кез-келген экономикалық жүйелерді аналитикалық қамтамасыз етудің негізі қаржылық аналитика әдіснамасы болып табылады, әдетте әр түрлі белгісіздік жағдайында қаржылық жағдайларды тану және болжау құралдарын қамтиды. Мақалада кәсіпорынның қаржылық жағдайын талдау әдістемесі келтірілген, ол дәйекті түрде орындалатын екі процедураны қамтиды: 1) тиесілілік функцияларын қалыптастыру және 2) қаржылық жағдай индикаторларының кеңістігінде кластерлеу. Сол үлгідегі көп қабатты перцептронның нейрондық желілік архитектурасымен салыстыру көрсеткендей, ұсынылған әдіс MLP-дегі 91,2 % - ға қарсы 89,4 % дәлдікке қол жеткізді, сонымен бірге интерпретация мен толық емес деректерге төзімділікті сақтап қалды. Әдістеменің эксперименттік зерттеулері көрсеткендей, екі кластердің біріне (қалыпты және банкроттыққа дейінгі күй) жатқызудың сенімділігі нейрондық желі әдістерімен салыстыруға болады. Сонымен қатар, тиістілік функцияларын құрастыру үшін сарапшыларды тартуға байланысты Әдістеменің артықшылықтары сақталады – бұл қарама-қайшы, толық емес деректер мен белгісіздік факторларының әртүрлі факторлары жағдайында танудың қанағаттанарлық нәтижесін қамтамасыз ету мүмкіндігі.

Түйін сөздер: қаржылық жағдай, банкроттықты болжау, бұлыңғыр логика, тиістілік функциясы, кластерлеу, эквиваленттік сыныптар, ұқсастық қатынасы

Дәйексөздер үшін: А. Быков, А. Ембердіева, Н. Дауренбаева, А. Нұрланұлы. Анық емес логика және кластерлік талдау әдістерін қолдана отырып, кәсіпорындардың қаржылық жағдайын болжау // Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы. 2025. Том. 6. № 24. 114–135 бет. (Қаз). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.007>.

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

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

А. Быков^{1}, А. Ембердіева¹, Н. Дауренбаева¹, А. Нұрланұлы²*

¹Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан;

²Академия гражданской авиации (АГА), Алматы, Казахстан.

E-mail: a.bykov@iitu.edu.kz

Артем Быков — к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Компьютерная инженерия», Международный Университет Информационных технологий, Алматы, Казахстан

E-mail: a.bykov@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9563-5185>;



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

Акнур Ембердиева — магистр, senior-лектор, кафедра «Компьютерная инженерия», Международный Университет Информационных технологий, Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0009-0005-5078-2412>;

Нұркамиля Дауренбаева — докторант, магистр, ассистент профессор, Международный университет информационных технологий, кафедра «Компьютерная инженерия», Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-0341-4017>;

Алмас Нұрланұлы — докторант, магистр технических наук, Академия гражданской авиации (АГА), senior лектор кафедры «Авиационная техника и технология», Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-0364-0455>.

© А. Быков, А. Ембердиева, Н. Дауренбаева, А. Нұрланұлы

Аннотация. Анализ показателей сложно-структурируемых экономических систем, функционирующих в условиях существенной неопределенности, когда отсутствует сколько-нибудь полноценная статистика, или в число исследуемых показателей необходимо включать нефинансовые данные, требует применения особого методологического инструментария анализа финансового состояния. Одним из таких инструментариев, доказавшим свою адекватность решаемым задачам является математический аппарат теории нечеткой логики. Основу аналитического обеспечения любой экономических систем составляет методология финансовой аналитики, как правило включающая инструментарий распознавания и прогнозирования финансовых состояний в условиях различной степени неопределенности. В статье представлена методика анализа финансового состояния предприятия, включающая две последовательно выполняемых процедуры: 1) формирования функций принадлежности и 2) кластеризации в пространстве индикаторов финансовых состояний. Как показали экспериментальные исследования методики, достоверность отнесения к одному из двух кластеров (нормальное и предбанкротного состояния) сравнима с нейросетевыми методами. В тоже время сохраняются преимущества методики, обусловленное привлечением экспертов для составления функций принадлежности – это возможность обеспечения удовлетворительного результата распознавания в условиях противоречивых, неполных данных и различного рода факторах неопределенности.

Ключевые слова: финансовое состояние, прогнозирование банкротства, нечеткая логика, функция принадлежности, кластеризация, классы эквивалентности, отношение подобия

Для цитирования: А. Быков, А. Ембердиева, Н. Дауренбаева, А. Нұрланұлы. прогнозирование финансового состояния предприятий с применением методов нечеткой логики и кластерного анализа//Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 24.

Стр. 114–135. (На каз.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.24.4.007>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе

Кәсіпорынның қаржылық жағдайы ресурстармен (материалдық, адами) қамтамасыз етілуімен, жаңа технологияларды (физикалық және заңды) иеленуімен, экономикалық қызметтің басқа субъектілерімен экономикалық қатынастарымен, төлем қабілеттілігімен және тұрақтылығымен сипатталады ().

Экономикалық ғылымда бұл ұғымды біркелкі анықтайтын ғылыми негізделген тәсіл әлі қалыптаспаған (). Көптеген зерттеулерде кәсіпорынның қаржылық жағдайы оның өз қызметін қаржыландыру қабілеттілігінің деңгейі ретінде сипатталады. Бұл көрсеткіш ұйымның қаржылық ресурстармен қамтамасыз етілуін, оларды тиімді орналастыруын, қолдану қарқындылығы мен тиімділігін, сондай-ақ бағалы қағаздар нарығындағы тұрақтылығын қамтиды. Ашық акционерлік қоғамдар үшін бұл факторлар акциялардың бағасына, инвесторлардың сеніміне және капиталдың тартымдылығына тікелей әсер етеді.

Кәсіпорынның қаржылық жағдайын талдау оның қызметін тиімді басқару үшін аналитикалық қамтамасыз етуді қалыптастырудың негізгі аспектісі болып табылады (). Сонымен қатар, кез-келген экономикалық жүйенің аналитикалық қамтамасыз етілуінің негізі қаржылық аналитика әдістемесіне сүйенеді. Бұл әдістеме әртүрлі белгісіздік жағдайларында жүйенің қаржылық жағдайын бағалау, тану және болжау құралдарын қамтиды ().

Қазіргі таңда ықтималдық-статистикалық тәсілмен қатар, бұлыңғыр логика негізіндегі әдістер кеңінен қолданылуда (Бернстайн, 2015). Бұл тәсіл белгісіздік жағдайында ақпаратты өңдеуге және болжам жасаудың дәлірек әдістерін қалыптастыруға мүмкіндік береді. Белгілі артықшылықтарының арқасында, бұлыңғыр логика азық-түлік қауіпсіздігін басқару, қаржылық жүйелерді талдау, өндірістік процестерді оңтайландыру сияқты әртүрлі күрделі технологиялық процестерде тиімді қолданылып келеді. Бұл тәсіл әсіресе «кіру-шығу» тәуелділігі нақты анықталмаған, күрделі жүйелерде ерекше пайдалы болып табылады (Carvalho және т.б., 2009; Mukhanov және т.б., 2021; Mukhanov және т.б. 2024).

Кәсіпорынның қаржылық жағдайын дәл және объективті бағалау бизнесті басқарудың маңызды элементі болып табылады. Қаржылық жағдайдың тұрақтылығын немесе дағдарыстық күйін анықтау үшін компанияның балансын, қаржылық есептілігін, ақша ағындарын және негізгі экономикалық көрсеткіштерін талдау қажет.

Қаржылық жағдайды бағалау бірнеше негізгі аспектілерді қамтиды:

- Өтімділік – компанияның қысқа мерзімді міндеттемелерін өтеу қабілеті
- Төлем қабілеттілігі – ұйымның барлық қарыздық міндеттемелерін уақтылы орындау мүмкіндігі.



- Рентабельділік – компанияның кіріс алу тиімділігі мен оның активтерін пайдалану деңгейі.

- Қаржылық тұрақтылық – ұзақ мерзімді даму стратегиясының жүзеге асырылу мүмкіндігі.

Осы факторларды ескеру арқылы, кәсіпорынның қаржылық жағдайын тереңірек зерттеу мүмкін болады, бұл өз кезегінде банкроттықтың алдын алу және қаржылық тұрақтылықты сақтау үшін қажет.

Дәстүрлі қаржылық талдау әдістері белгілі бір шектеулерге ие, себебі олар нақты және толық деректердің болуын талап етеді. Алайда, көптеген жағдайларда кәсіпорынның қаржылық жағдайын сипаттайтын деректер толық емес немесе қарама-қайшы болуы мүмкін. Мұндай белгісіздік жағдайында бұлыңғыр логикаға негізделген әдістер тиімді шешім ұсына алады.

Бұлыңғыр логиканың негізгі артықшылықтары:

- Белгісіз және толық емес деректермен жұмыс істеу мүмкіндігі.
- Кәсіпорынның қаржылық жағдайын дәлірек модельдеу.
- Стандартты әдістермен қиын анықталатын жасырын заңдылықтарды табу.

- Сараптамалық бағалауларды талдау және оларды шешім қабылдауда пайдалану.

Бұлыңғыр логика қатаң математикалық шектеулерге тәуелді емес, сондықтан ол динамикалық өзгерістерге икемді және сараптамалық тәсілдерді ескере отырып, дәлірек болжам жасауға мүмкіндік береді.

Зерттеудің мақсаты – Ягер процедурасын өзгерту және кейіннен бұлыңғыр кластерлеу негізінде тиесілік дәрежесін қалыптастыру әдістемесі негізінде кәсіпорындардың қаржылық жағдайы кеңістігіндегі “норма/банкроттық” дихотомиясындағы кластерлеудің дұрыстығын арттыру. Атап айтқанда, анық емес логиканың математикалық әдістермен және реттеуші болжаудың ұйымдастырылған процедурасының белгілі бір әдісімен бизнестің қаржылық жағдайын талдаудың нақты мәселелерін шешуде ықтималдық-статистикалық және анық емес мүмкін тәсілдер арасында байланыс орнатуға болады, мысалы, банкроттыққа дейінгі жағдайларды тану және болжау.

Бұл тәсіл экономикалық жүйелердің белгісіздік жағдайында жұмыс істеу ерекшеліктерін ескеруге мүмкіндік береді. Ягер процедурасын өзгерту кәсіпорындардың қаржылық көрсеткіштерінің күрделі құрылымын дәлірек бейнелеуге және мәліметтерді өңдеудің икемді моделін құруға жағдай жасайды. Бұлыңғыр кластерлеудің көмегімен қаржылық көрсеткіштердің вариациясын есепке алып, әрбір кәсіпорынның банкроттық қаупіне тиесілілік дәрежесін жоғары дәлдікпен анықтауға болады.

Сонымен қатар, зерттеуде кәсіпорындардың қаржылық жағдайын талдаудың инновациялық әдісі ұсынылады, ол дәстүрлі қаржылық коэффициенттер мен бұлыңғыр логиканың үйлесімдігін қамтамасыз етеді. Бұл тәсіл банкроттыққа дейінгі белгілерді алдын ала анықтауға және бизнес

субъектілерінің қаржылық орнықтылығын болжауға мүмкіндік береді. Бұлыңғыр жиындар теориясын қолдану арқылы зерттеу әртүрлі деңгейдегі экономикалық белгісіздіктерді ескеруге жағдай жасайды, бұл әсіресе тұрақсыз нарықтық ортада шешім қабылдау үдерісін онтайландырады.

Әдістеменің тиімділігі эксперименттік зерттеулермен расталған, олардың нәтижелері көрсеткендей, бұлыңғыр кластерлеу негізінде кәсіпорындарды қаржылық тұрақтылық деңгейлері бойынша бөлу дәстүрлі статистикалық әдістермен салыстырғанда жоғары дәлдікке ие. Бұл зерттеу кәсіпорындардың қаржылық жағдайын бағалау және болжау саласында қолдануға болатын перспективалы аналитикалық құрал ұсынады.

Материалдар мен әдістер

Тиістілік дәрежесін алдын ала анықтау рәсімі. Егер кәсіпорынның қаржылық жағдайын талдау міндеті алдын-ала сипатталған немесе есептелген күй кластарын тану мағынасында скоринг міндеті ретінде ұсынылса, онда бұлыңғыр логика сенімсіз және әлсіз ресімделген мәліметтермен есептерді тиімді шешуге мүмкіндік береді, сонымен қатар жасанды интеллект пен дәстүрлі әдістер арасындағы аралық болып табылады (Helfert және т.б., 2015). Бұлыңғыр жиындар теориясының негізгі идеялары көпмағыналы логикада бұлыңғыр жиындар теориясы пайда болғанға дейін енгізілген ережелермен айтарлықтай сәйкес келеді (Muhd және т.б., 2013). Алайда, соңғысымен салыстырғанда бұлыңғыр жиындар теориясы практикада салыстырмалы түрде жоғары таралуымен сипатталады. Бұл түсініксіз математикада компьютерлік жүйелермен, диалогтық жүйелерді дамытумен, жасанды интеллект идеяларын енгізумен байланысты практикалық қосымшаларға бірден курс қабылданғандығымен түсіндіріледі. Бұл жерде Л.Заде бұлыңғыр жиындар бойынша зерттеулердің басынан бастап осы зерттеулер мен лингвистикалық айнымалы тұжырымдаманы біртұтас тұтастыққа біріктірген жағдай да маңызды рөл атқарды.

Бұлыңғыр логика теориясын қолдану кәсіпорындардың қаржылық жағдайын бағалауда сенімсіз немесе толық емес деректерді тиімді өңдеуге мүмкіндік береді. Бұл әсіресе экономикалық дағдарыстар, қаржы нарығындағы тұрақсыздық және макроэкономикалық өзгерістер жағдайында маңызды рөл атқарады. Дәстүрлі әдістер көбінесе қатал шектеулерге сүйенсе, бұлыңғыр логика деректердегі анықсыздықты және субъективті сараптамалық бағаларды ескере отырып, шешім қабылдауға мүмкіндік береді.

Кәсіпорындардың қаржылық тұрақтылығын болжау мен банкроттық тәуекелін бағалау міндеттері негізінен тиесілілік функцияларын құруды және мәліметтерді кластерлеуді қамтиды. Бұл тәсіл қаржылық көрсеткіштерді динамикалық талдауға мүмкіндік береді және компанияның даму үрдістерін неғұрлым нақты болжауға жағдай жасайды. Бұлыңғыр жиындар теориясының математикалық аппараты арқылы кәсіпорынның қаржылық жағдайы, оның тұрақтылық деңгейі, сондай-ақ банкроттық қаупі бар ма, жоқ па деген сұраққа жауап беруге болады.



Сонымен қатар, бұлыңғыр логика нейрондық желілер, статистикалық модельдер және машиналық оқыту әдістерімен біріктірілуі мүмкін. Мұндай гибридті әдістер шешім қабылдау процесінің тиімділігін арттырып, кәсіпорындардың қаржылық жағдайын тереңірек талдауға мүмкіндік береді. Бұлыңғыр логика деректерді алдын-ала стандартталған критерийлерге сәйкестендірмей-ақ өңдеуге мүмкіндік беретіндіктен, ол сарапшылардың пікірін, жинақталған статистиканы, сондай-ақ макроэкономикалық факторларды ескеруге жағдай жасайды.

Тану және болжау міндеттерінің көпшілігінің кезеңдерінің тізіміне зерттелетін экономикалық жүйелердің қаржылық жағдайларын жатқызу стандарттарын қалыптастыру үшін тиесілілік функциялары мен кластерлеу процедураларын қалыптастыру кезеңдері кіреді. Бұл әдіс компаниялардың қаржылық орнықтылығын болжау кезінде бірқатар дәстүрлі әдістердің кемшіліктерін жояды, себебі ол айнымалы мәндердің кең диапазонын қамтиды және әртүрлі сценарийлер бойынша қаржылық тұрақтылықты модельдеуге мүмкіндік береді. Бұлыңғыр логиканы қолдану кәсіпорындардың қаржылық тәуекелдерін жоғары дәлдікпен болжауға, сондай-ақ шешім қабылдаушыларға қосымша құралдар ұсынуға мүмкіндік береді.

Осылайша, бұлыңғыр логика негізінде ұсынылған әдістеме қаржылық жағдайды бағалау мен болжаудың жаңа мүмкіндіктерін ашады, ол қарама-қайшы немесе толық емес ақпаратты өңдеуге қабілетті және экономикалық жүйелердің күрделілігіне бейімделе алады. Бұл зерттеу бұлыңғыр логиканың кәсіпорындарды қаржылық диагностика мен болжау процесінде қолданылу аясын кеңейтуге негіз бола алады (Altman E., Hotchkiss E. (2006). , Ефанова Н.В., Ващенко В.Р. 2019).

Процедураны әзірлеу барысында біз жұптарды қамтитын X кеңістігінде бұлыңғыр a жиынтығының келесі классикалық анықтамасын ұстанамыз $\{(x, m_A(x))\}$, мұндағы $m_A(x) \in [0,1]$ - « x элементінің A жиынына жату дәрежесі A » (Mukhanov және т.б., 2023). Әлбетте, егер $m_A(x)$ функциясы тек 0 немесе 1 мәндерін қабылдау қасиетіне ие болса, онда бұлыңғыр жиынның берілген анықтамасы жиынның классикалық (канторлық) анықтамасымен сәйкес келеді, оған сәйкес не $x \in A$, не $x \notin A$ орын алады. Соңғы талапты келесі түрдегі тиістілік функциясы арқылы да жазуға болады: $m_A: X \rightarrow \{0,1\}$. Бұл ережелер бұлыңғыр жиындықтар теориясын әдеттегі жиындық теорияны жалпылау ретінде қарастыруға болатындығын, сондықтан соңғысын ерекше жағдай ретінде қамтитындығын растайды. Өздеріңіз білетіндей, a жиынтығы осы қасиетке байланысты (мысалы, меншікті капитал мөлшері, қарыз және т.б.) белгілі бір қасиетке ие және X -тен бөлінетін элементтердің жиынтығы ретінде анықталады (Mukhanov және т.б., 2023). Бұлыңғыр жиынның әдеттегіден айырмашылығы, элементтің берілген қасиетке ие элементтер жиынтығына жататындығынан басқа, x элементтің $m_A(x)$ тиесілілік дәрежесі ретінде осы қасиетке ие болуының сандық бағасы да жазылады (Mukhanov және т.б., 2024).

Осы қасиеттен мүлдем айырылған x ОХ элементтері үшін $m_A(x) = 0$ деп санайды және мұндай элементтер массивке кірмейді.

N элементтерден тұратын ақырлы бұлыңғыр жиын ,

$$A = \{(x_1, m_A(x_1)), (x_2, m_A(x_2)), \dots, (x_n, m_A(x_n))\}, \quad x_i \in X \quad (1)$$

Ол сондай-ақ түрінде ұсынылады

$$A = m_1 / x_1 + m_2 / x_2 + \dots, m_n / x_n, \quad x_i \in X \quad (2)$$

Немесе

$$A = \sum_{i=1}^n m_i / x_i = \bigcup_{i=1}^n m_i / x_i, \quad x_i \in X. \quad (3)$$

Соңғы жаба (2) және (3) біріктіру ретінде түсіндірілуі керек екенін көрсетеді (арифметикалық жиынтық емес) және Σ -ды $\int$ -ға ауыстыру арқылы келесі жазбаны аламыз:

$$A = \int m_A(x) / x, \quad (4)$$

Мұндағы $m_A(x)$ – X кеңістігіндегі анықталған тиістілік функциясы

Төменде келтірілген процедура бұлыңғыр жиынның деңгей жиындарына ыдырауына негізделген. Тәсіл әмбебап жиын элементтерінің $m_A(x_i)$ мүшелігінің белгілі дәрежелері арасында байланыс орнататын формулаларды қолданады $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ бұлыңғыр жиынға A және қаржылық көрсеткіштерді бақылау және белгілі бір жолмен ұйымдастырылған шешімдер қабылдау кезінде осы $P(x_i)$ таңдау ықтималдығы. Бұл жағдайда $Aa_1, Aa_2, \dots, Aa_i$ түрінің деңгейлік жиындары енгізіледі:

$$Aa = \{x \mid m_A(x) \geq a\}, \quad (5)$$

Мұндағы мүшелік дәрежесі A -дан үлкен немесе a – ға тең. Әрбір бұлыңғыр жиынды деңгей жиындарына бөлуге болады және сол жиындардың бірігуі ретінде ұсынылуы мүмкін, A сонымен қатар олар үшін $a_j = m(x_j)$ шартын анықтаңыз.

Қауымдастықты шектемей x_i элементтері мүшелік дәрежесінің өсу ретімен нөмірленеді деп санауға болады. Содан кейін Aa_i жиынтықтары келесі түрге ие болады:

$$Aa_1 = X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad Aa_2 = \{x_2, x_3, \dots, x_n\}, \quad Aa_n = \{x_n\}. \quad (6)$$

Қаржылық көрсеткіштерге бақылау жүргізу және олардың жай-күй класы туралы шешім қабылдау кезінде, жиынтықтан $[a_1, a_2, \dots, a_n]$ a_j элементі кездейсоқ таңдалады, ал осы элементке сәйкес келетін Aa_j деңгейлік жиынынан

x_i элементі де кездейсоқ таңдалады. Бұл жағдайда a_j таңдау механизмінің ықтималдығы, демек, Aa_j тең орнатылады

$$P(a_j) = P(Aa_j) = m(x_j) - m(x_{j-1}), \quad (7)$$

Яғни деңгейлер арасындағы интервалдың шамасымен анықталады. Aa_j – ден x_i элементін таңдау механизмінің тең деп қабылданады

$$P(x_i | Aa_j) = \begin{cases} 0 & x_i \in Aa_j \\ \frac{1}{n_j} & x_i \notin Aa_j \end{cases} \quad (8)$$

Мұндағы n_j - Aa_j жиынының элементтерінің саны. $P(Aa_j)$, $P(x_i | Aa_j)$, $j=1,2,\dots,n$, ықтималдықтарын білу негізінде анықталған қаржылық көрсеткіштерге бақылау жүргізу және олардың күй класы туралы шешім қабылдау кезінде x_i элементін таңдаудың $P_i(x_i)$ ықтималдығы келесі формула бойынша есептелуі мүмкін:

$$P(x_i) = \sum_{j=1}^n P(x_i | Aa_j) P(a_j), \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (9)$$

Жоғарыда (9) көрсетілген ережелерді ескере отырып, оған кіретін элементтерді табамыз:

$$\begin{aligned} P(x_1) &= \frac{1}{n} m(x_1); \quad P(x_2) = P(x_1) + \frac{1}{n-1} (m(x_2) - m(x_1)), \dots; \\ P(x_{i+1}) &= P(x_i) + \frac{1}{n-i} (m(x_{i+1}) - m(x_i)); \dots \\ P(x_n) &= P(x_{n-1}) + (m(x_n) - m(x_{n-1})). \end{aligned} \quad (10)$$

Бұл (10) теңдеулерді $m(x_i)$, $i=1,2,\dots,n$ шамаларына қатысты шешуге болады:

$$\begin{cases} m(x_1) = nP(x_1); \quad m(x_2) = (n-1)P(x_2) + P(x_1); \dots \\ m(x_{i+1}) = (n-1)P(x_{i+1}) + \sum_{j=1}^i P(x_j); \quad m(x_n) = \sum_{j=1}^n P(x_j). \end{cases} \quad (11)$$

Ықтималдықтардың көрсетілген бағаларын алу және осылайша кәсіпорынның қаржылық жағдайын талдау кезінде тиесілілік дәрежесін анықтау үшін Р.Ягер процедурасының келесі модификациясын қолдану ұсынылады.

1. Әмбебап жиынның құрамына сәйкес $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ массивін қалыптастыру $\{(x_1, t_1), (x_2, t_2), \dots, (x_n, t_n)\}$ мұндағы $t_i, i=1, \dots, n$ шамалары бастапқы нөлге тең деп есептеледі, қарастырылып отырған x_i пайда болу санына байланысты сарапшы экономисттен ақпарат жинауға арналған процедура. Қарастырылатын s деңгейлерінің санын таңдаңыз (әдетте $s > n$ таңдалады) және көптеген элементтерді орнатыңыз

$$\Omega = \left\{ a_1 = \frac{1}{s}, a_2 = \frac{2}{s}, \dots, a_{s-1} = \frac{s-1}{s}, a_s = 1 \right\}, \quad (12)$$

Бір-бірінен тең деңгейлерді бекіту. Болашақта әр итерациялық циклде осы жиыннан бір элемент алынып тасталады.

2. $a_j \in \Omega$, элементін кездейсоқ таңдап, оны Ω жиыннан алып тастаңыз және сарапшы экономистке Aa_j деңгейлік жиынының құрамын анықтауды ұсыныңыз.

3. Әрбір $x_i \in Aa_j$ элемент үшін Aa_j өрісі бұрынғы мәнге $1/n_j$ мәнін қосу арқылы жаңа t_i мәнін анықтаңыз, мұндағы $n - Aa_j$ жиынының элементтерінің саны. Массивті Ω тексеріңіз; егер ол бос болмаса, 2-қадамға өтіңіз, ал егер ол бос болса, 4-қадамға өтіңіз. Для каждого элемента $x_i \in Aa_j$ определить новое значение t_i путем добавления к прежнему значению величины $1/n_j$, где n - число элементов множества. Проверить множество; если оно не пусто, перейти к шагу 2, а если оно пусто перейти- шагу 4.

4. Бағалауды анықтаңыз $P(x_i) = t_i \frac{1}{s}, i = 1, 2, \dots, n$ және 5- қадамға өтіңіз.

5. Алынған ықтималдық бағаларын өсу бойынша реттеңіз (сәйкесінше нөмірлеуді өзгертіңіз) және, (11)-ге ауыстырып, қажетті тиістілік дәрежелерін анықтаңыз.

Жоғарыда келтірілген процедураның негізгі идеясы, сарапшы экономистке әр элемент үшін мүшелік дәрежесінің нақты мәндерін атаудың орнына, кездейсоқ таңдалған деңгейден жоғары орналасқан көптеген элементтердің құрамын көрсету ұсыналады.

Аталған алгоритмді іке асыру кезінде сарапшы экономист Aa_j жиындарын берудің дұрыстығын келесі шартының орындалуын тексеру арқылы бақылауға болады:

$$a_j < a_k \rightarrow Aa_j \subseteq Aa_k. \quad (13)$$

Есептеу күрделілігі және масштабталуы



Өзірленген алгоритм екі сатылы процедура болып табылады:

1. р. Ягердің өзгертілген процедурасын қолдана отырып, тиістілік функцияларын қалыптастыру;

2. қаржылық индикаторлар кеңістігінде бұлыңғыр кластерлеу.

Ресми түрде, ұқсастық қатынасының өтпелі тұйықталуын және объектілердің толық жұптық сәйкестігін пайдаланған кезде, кластерлеудің есептеу күрделілігі N объектілерінің саны бойынша $O(N^2)$ ретінде өседі, бұл шекті жағдайда масштабтауды шектеуі мүмкін.

Практикалық іске асыруда ұқсастық матрицасын құру кезінде эвристикалық сүзу қолданылады: салыстыру қолтаңба кеңістігіндегі жақын көршілердің ішкі жиынымен шектеледі (k -NN-көршілестік), бұл кластерлеу сапасын айтарлықтай жоғалтпай жұптық операциялардың көлемін күрт азайтады. 1798 нысанның үлгісіндегі эксперименттік іске асыру (бір нысанға 35 белгі) стандартты жұмыс станциясында (Intel Core i7, 16 ГБ жедел жады; Python/NumPy-де іске асыру) 53 с толық екі сатылы процедураның орташа орындалу уақытын қамтамасыз етті. Жақын көршілерді іріктеу кезеңінің сызықтық масштабталуын ескере отырып, модель параметрлерін сақтай отырып, қолайлы жауап беру уақыты шеңберінде 10-20 мың объектіге дейінгі үлгілерді өңдеуге болады.

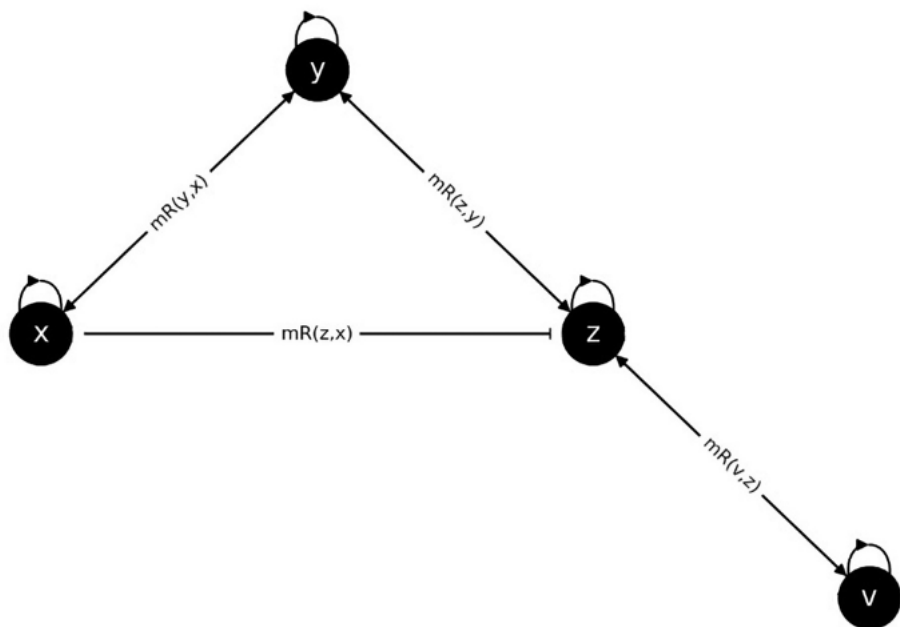
Осылайша, ұсынылған тәсіл толық емес деректерде талап етілетін интерпретация мен тұрақтылыққа ғана емес, сонымен қатар өнеркәсіптік сценарийлер үшін практикалық есептеу жарамдылығына ие (компания портфолиосын скрининг, банктік скоринг, мерзімді қайта есептеумен тәуекелдерді бақылау).

Кәсіпорындардың қаржылық жағдайын кластерлеу рәсімі

Бұлыңғыр математикадағы жіктеу есептерінің формальды орналасуы ұқсастық, ұқсастық (бұлыңғыр эквиваленттілік) қатынастарын және олардың арасындағы аралық позицияны алатын қатынастарды қолданумен байланысты (Mukhanov және т.б., 2023).

$r = \langle X, R \rangle$ - соңғы жиынында берілген эквиваленттіліктің (ұқсастықтың), бұлыңғыр қатынасы болсын. Берілген қатынастың графигінің кейбір, үш нүктеге салынған $x, y, z \in X$ ішкі графигін қарастырайық (сурет 1).

Эквиваленттік қатынасы бар график



Сур. 1. Бұлыңғыр эквиваленттік қатынастың кіші графигі

Рефлексивтілік аксиомаларына байланысты шыңдар бірлікке тең дәрежесі бар ілмекке ие.

Симметрия аксиомасына сәйкес графиктің доғалары шарттарға бағынатын дәрежеге ие.

$$m_R(x, y) = m_R(y, x), \quad m_R(y, z) = m_R(z, y), \quad m_R(x, z) = m_R(z, x). \quad (14)$$

Өтпелі аксиоманың арқасында орын алады

$$\begin{aligned} m_R(x, y) &\geq \min(m_R(x, z), m_R(z, y)), \\ m_R(x, z) &\geq \min(m_R(x, y), m_R(y, z)), \\ m_R(y, z) &\geq \min(m_R(y, x), m_R(x, z)). \end{aligned} \quad (15)$$

Келтірілген аксиомалар негізінде ұқсастық қатынасының графы жұптарының тиістілік дәрежелері бағынатын маңызды қасиетті анықтауға болады. Болжайық, $m_R(x, y) \geq m_R(x, z)$. Онда транзитивтілік туралы соңғы қатынасқа сәйкес, мұнда деп есептейміз $m_R(y, x) = m_R(x, y)$, $m_R(y, z) \geq m_R(x, z)$, бар деп аламыз, ал екінші транзитивтілік қатынасы

бойынша $m_R(x, z) \geq m_R(y, z)$. Сондықтан, қарастырылып отырған жағдайда $m_R(x, z) = m_R(y, z)$.

Егер біз бастапқы болжамды алға тартатын болсақ $m_R(x, y) \leq m_R(x, z)$, онда бізде бар соңғы транзитивті қатынасқа сәйкес $m_R(y, z) \geq m_R(x, y)$, онда бізде бар соңғы транзитивті қатынасқа сәйкес $m_R(z, y) = m_R(y, z)$, $m_R(x, y) \geq m_R(y, z)$, болады $m_R(x, y) = m_R(y, z)$.

Осылайша, кез келген $x, y, z \in X$ нүктелерінің үштігі үшін ұқсастық қатынасының графы жұптарының тиістілік дәрежелері (ұқсастық графның доғалары) келесі заңға бағынатыны көрсетілді. Үш тиістілік дәрежелерінің кем дегенде екеуі бірдей, ал үшіншісі оларға тең немесе асып түседі. Осы заңнан келесі қорытындылар тікелей шығады. Егер аталған үштіктегі x нүктесі y нүктесімен байланысқан болса, онда z нүктесі не екі нүктемен байланысты, не біреуіне де байланысты емес. Сонымен қатар, егер x, y, z нүктелері байланысқан болса, $m_R(x, y) = m_R(y, x) > 0$, онда кез келген төртінші нүкте v (сурет.1) не осы нүктелердің әрқайсысымен байланысқан, не біреуімен де байланысқан емес. Бұл заңдылық X жиынына жаңа нүктелерді қосқан кезде де байқалады.

Барлық өзара байланысқан X жиынындағы нүктелер, мысалы, $x \in X$ нүктесінің айналасында топтасатын нүктелер, ұқсастық қатынасының класының құрамын құрайды. $v \in X$ нүктесін енгізе отырып, ол берілген класқа кірмеген жағдайда, жаңа ұқсастық қатынасы класын құруға болады және т.б. Нәтижесінде X жиыны өзара қиылыспайтын жиындар болып табылатын ұқсастық кластарға бөлінеді. Осылайша, алынған нәтиже кәдімгі эквиваленттік қатынасты енгізген кездегі нәтижеге ұқсас болып шығады. Мұндағы басты айырмашылық – әрбір кластағы элементтер арасындағы байланыстар жоғарыда шығарылған заңдылыққа бағытаны тиістілік дәрежелері арқылы бағаланады. Аталған тиістілік дәрежелерін пайдалану кәсіпорындардың экономикалық жағдайларының ұқсастық қатынасы ұғымына икемділік береді және оны қолдану үшін мүмкіндіктер жасайды (Mukhanov және т.б., 2023; Orazbayev және т.б., 2015).

$[x_i]$ жиынын эквиваленттік класы ретінде сипаттау, кластың өкілі ретінде қай элемент x_i ді таңдағаныңызға қарамастан, бірдей болып қалады. Алайда, бұлдыр эквиваленттік (ұқсастық) қатынастар үшін кластың өкілі ретінде x_i элементін таңдау бұлдыр жиынды анықтайды. Бұл жиын R графында x_i мен жұп құрайтын элементтің жиынтығы ретінде қарастырылады және олардың осы жиынға тиістілік дәрежесі $m_R(x_i, x_j)$ ке тең. Мұндағы ерекшелік мынада: эквиваленттік қатынастың өкілдер класының әртүрлі элементтерін таңдау

элементтердің құрамы бірдей, бірақ жалпы жағдайда осы элементтердің тиістілік дәрежелері бойынша әртүрлі бұлдыр жиындарды тудырады.

Аталған бұлдыр жиындар эквиваленттік кластан айырмашылығы, ұқсастық прекластары деп аталады. Ұқсастық прекластарының саны $[x_i]_R, [x_j]_R, \dots$ эквиваленттік класқа кіретін элементтер санына тең (кейбір ұқсастық прекластары бір-бірімен сәйкес келуі мүмкін). Кластерлік талдауда эквиваленттік қатынастар класы кластерлер ретінде қарастырылса, ал бұлдыр эквиваленттік қатынастардың прекластары (ұқсастық прекластары) – бұлдыр кластерлер болып табылады (Orazbayev және т.б., 2015; Pedrycz, 2015; Shipley және т.б., 2013). Эквиваленттік кластағы белгілі бір элементті x_i және оған сәйкес бұлдыр кластерді $[x_i]_R$ бөліп көрсету белгілі бір практикалық негіздемелерге байланысты болуы мүмкін. Мысалы, бұл элемент қаржылық құрылымда нақты мазмұнды интерпретацияға ие болуы мүмкін ().

Бұлдыр кластерлер бұлдыр қатынас матрицасы r -ді бергенде, оның жолдары немесе бағандары арқылы анықталады (әрбір жол немесе баған белгілі бір бұлдыр кластерге сәйкес келеді).

Берілген P ақырлы жиыны, ол N объектіден тұрады, $P = \{p^1, p^2, \dots, p^N\}$, мұнда әрбір p^j объектісіне m -өлшемді кеңістіктегі $(z^j \in \mathbb{R}^m)$ белгілі бір нақты нүкте z^j сәйкес келеді. Бұл кеңістік кәсіпорындардың қаржы ресурстарын қалыптастыру және пайдалану процесін бейнелейтін белгілер кеңістігі ретінде интерпретацияланады ().

P жиынын бұлдыр кластерлердің оңтайлы санына бұлдыр бөлуді табу қажет. Есепке нақтылық беру үшін, белгілер кеңістігінде k қосымша векторлық шамалар енгізіледі, $v_i \in \mathbb{R}^m$, $i = 1, 2, \dots, k$, олар кәсіпорынның қаржылық жағдайын сипаттайтын кластерлердің вектор-центроидтары ретінде интерпретацияланады. Нәтижесінде, m_{ij} , v_i үздіксіз айнымалыларымен сызықтық емес бағдарламалау есебі құрылады:

$$I = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N m_{ij}^2 \|z^j - v_i\|^2 \rightarrow \min_{\{m_{ij}\}, \{v_i\}}. \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^k m_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, N, \quad \forall i, \forall j, m_{ij} \geq 0. \quad (17)$$

$$v_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^N m_{ij}^2} \sum_{j=1}^N m_{ij}^2 z^j, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad (18)$$

v_i - Изделінетін m -өлшемді кеңістіктегі нүктелер, кластерді білдіретіндер;
 m_{ij} - j -ші объектінің i -ші кластерге тиістілік дәрежесі;

$\left\| \begin{pmatrix} \Gamma_j \\ z^j - v_i \end{pmatrix} \right\|$ - R^m кеңістігіндегі метрикті анықтайтын вектордың $\begin{pmatrix} \Gamma_j \\ z^j - v_i \end{pmatrix}$ нормасы.

Осылайша, ұқсастық $r = \langle X, R \rangle$ енгізу кластерлеу тапсырмасын екі алгоритмнің, яғни алдын ала және негізгі кластерлеудің кезектесіп қолданылуы арқылы тікелей шешуге мүмкіндік береді.

Алдын ала кластерлеу алгоритмі $P = \{p^1, p^2, \dots, p^N\}$ объектілер жиынында ұқсастық қатынасын r енгізу және оның транзитивтілік тұйықталуын жүзеге асыру арқылы кластерлеуді жүргізуге бағытталған. Сонымен қатар, кәсіпорындардың қаржылық жағдайын сипаттайтын белгілер мәндері $Z = \{z^1, z^2, \dots, z^N\}$, векторлары туралы деректер, тікелей $\bar{r}$ -де көрсетілмесе де, экономист-эксперттердің ұқсастық туралы қорытындыларын қалыптастыру кезінде жанама түрде ескеріледі.

1. P объектілер жиынында ұқсастық қатынасын r құру:

2. Транзитивтілік тұйықталуын жүзеге асыру - ұқсастық қатынасын табу $\bar{r}$.

3. $\bar{r}$ кластерлеу негізінде P жиынын k эквиваленттілік кластерлеріне бөлу (k санын таңдау кәсіпорындардың қаржылық талдау тапсырмасын мазмұнды емес ресми түрде талдау негізінде жүзеге асырылады).

4. Әрбір k эквиваленттілік класы үшін r ұлдыр ұқсастық қатынасын негізінде сәйкес бұлдыр кластерлер жиыны анықталады, және соңынан осы жиыннан белгілі бір бұлдыр кластер таңдалады, мысалы, объектілердің тиістілік дәрежелерінің қосындысы максималды болатын кластер. Осыған байланысты, осы кластерге әрбір j - ші объектінің тиістілік дәрежелері m_{ij} бекітіледі.

5. Кәсіпорындардың қаржылық жағдайын сипаттайтын белгілер мәндерінің z^j векторлары және әрбір объектінің p , тиістілік дәрежелері m_{ij} негізінде (18) қатынасын пайдалана отырып, кластер $\begin{pmatrix} \Gamma_o \\ v_i \end{pmatrix}$, $i = 1, 2, \dots, k$. орталықтарының нүктелері анықталады.

Келесі негізгі кластерлеу алгоритмі 3 қадамнан тұрады.

1. Белгілі m_{ij} мәндері бойынша ($i=1, 2, \dots, k; j=1, 2, \dots, N$) формуланы (18)

-ді пайдалана отырып, орталықтарды анықтау қажет $\begin{pmatrix} \Gamma_i \\ v_i \end{pmatrix}$, $i = 1, 2, \dots, k$. Итерациялық процесті бастаған кезде бұл қадам алдын ала кластерлеу алгоритмінің

бесінші қадамымен (орталықтарды анықтаумен $\begin{pmatrix} \Gamma_o \\ v_i \end{pmatrix}$, $i = 1, 2, \dots, k$) сәйкес келеді.

2. Әрбір p^j объектісі үшін ($j=1, 2, \dots, N$) формуланы пайдаланып анықтау қажет.

Нәтижелер және оларды талқылау

Тиістілік функцияларын алдын ала қалыптастырудың және

олардың негізінде кластерлеудің ұсынылған әдістемесі салалар бойынша кәсіпорындардың қаржылық жағдайын сипаттайтын (19) деректердің ашық үлгісі арқылы тексерілді (сурет 2, 3).

Эксперименттік зерттеулер 35 индикатормен сипатталған прецеденттердің бұлыңғыр кластерленуінен және кейіннен алынған кластерлердің құрылымын кәсіпорынның қалыпты/банкроттыққа дейінгі қаржылық жағдайының екі класын сипаттайтын нақты деректермен салыстырудан тұрды. Бұл тәсіл бұлыңғыр логика теориясына негізделген әдістеменің тиімділігін бағалауға және банкроттықтың алдын-ала болжамдарының дәлдігін тексеруге мүмкіндік берді.

$$m_{ij} = \frac{1}{\left(\frac{\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i}{\|\mathbf{z} - \mathbf{v}_i\|} \right)^2 \sum_{i=1}^k \frac{1}{\|\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i\|^2}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k \left(\frac{\|\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i\|}{\|\mathbf{z} - \mathbf{v}_i\|} \right)^2}, i = 1, \dots, k, j = 1, \dots, N \quad (9)$$

оның кластерлерге тиістілік дәрежесі m_{ij} , $(i=1, 2, \dots, k; j=1, 2, \dots, N)$.

m_{ij} құндылықтарын есте сақтаңыз.

3. Егер барлық m_{ij} үшін шарт орындалса

$$\delta(m_{ij}, m'_{ij}) \leq \varepsilon, \quad (20)$$

Онда процессі тоқтату қажет.

Керісінше жағдайда 1 қадамға оралу керек.

	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN
0	0.5	0.50	0.25	0.50	0.50	1.00	1.00	0.75	1.00	0.75	0.00	0.50
1	0.0	0.00	0.00	0.50	0.75	0.75	1.00	0.75	0.00	0.75	0.75	1.00
2	1.0	1.00	0.75	0.25	1.00	0.50	0.75	1.00	0.50	0.50	0.75	0.75
3	1.0	0.25	0.25	1.00	1.00	0.25	1.00	1.00	0.75	0.75	0.00	0.25
4	0.0	0.00	0.75	0.50	0.00	0.50	0.25	0.75	1.00	1.00	1.00	0.75

0 бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары...

1 бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары...

2 банкрот

3 бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары...

4 банкрот

Сур. 2. Қаржылық көрсеткіштер кестесінің ұйымдастырылуы

BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	B
0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	1	1	0,75	1	0,75	0	0,5	0	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары							
0	0	0	0,5	0,75	0,75	1	0,75	0	0,75	0,75	1	0	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары							
1	1	0,75	0,25	1	0,5	0,75	1	0,5	0,5	0,75	0,75	0	банкрот							
1	0,25	0,25	1	1	0,25	1	1	0,75	0,75	0	0,25	1	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары							
0	0	0,75	0,5	0	0,5	0,25	0,75	1	1	1	0,75	1	банкрот							
0	1	1	0,5	1	1	0,25	0	0,75	0,25	0,75	0,5	1	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары							
0,75	1	0,25	0,75	1	0,5	1	0,5	0,25	0,75	1	0	0	банкрот							
0,75	0,25	0,5	0,75	0,75	0,5	0,25	0,75	0,5	0,5	0	0,75	1	банкрот							
0,75	0,5	1	0,25	0,5	0,25	0,5	1	1	1	0,75	0,25	0	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары							
0,5	0,25	0,25	0,25	1	1	0,75	0,5	0	0,5	1	0,5	0	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы төмен							
0,5	0,25	1	0,25	0,25	1	0,25	0,75	0,5	0,25	0,75	0,75	0	банкрот							
1	0,75	1	0,5	0,25	0,25	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25	0,5	0	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары							
0,5	1	0,75	1	0,75	1	0,75	0,25	1	0,75	0	0,5	1	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары							
0,75	0,75	0,5	0,75	1	1	0,25	0,25	0,25	1	1	1	0	банкрот							
0	0,5	0,5	1	1	0	0,75	0,75	1	0,75	0,25	1	1	банкрот							
0	1	0,25	0,5	0,75	2	1	0,25	0,5	0,75	0	1	0	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары							
0,5	0,5	0	0,5	0,25	0,25	0	0,25	0	0,5	1	0,75	1	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары							
0	0,5	1	0,5	0,75	1	1	0	0,25	0	0,75	0	1	банкрот							
0,5	0,25	0,5	0,25	1	0	0,5	1	1	0,75	1	0,75	0	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы жоғары							
0,5	1	0,75	0,25	0,75	0,25	1	0,25	0,5	1	0,75	0	1	бұл кәсіпорынның банкроттыққа ұшырау ықтималдығы төмi							

Сур. 3. Қаржылық көрсеткіштер кестесінің құрылымы

Мұғалімнің нақты қалыпты немесе банкроттыққа дейінгі қаржылық жағдайларға қатысты нұсқаулары 11 негізгі параметр түрінде ұсынылды (сурет 4). Бұл параметрлер қаржылық тұрақтылық, өтімділік, активтерді басқару тиімділігі, рентабельдік коэффициенттері, қарыз жүктемесі және басқа да көрсеткіштерді қамтыды. Осы индикаторлар банкроттықтың ықтималдығын бағалауда шешуші рөл атқарды және кластерлеудің тиімділігін жақсарту үшін қолданылды.

Сурет 4 бұлыңғыр логикаға негізделген әдістеменің банкроттықтың шынайы деректерімен сәйкес келу дәлдігіне қалай әсер ететінін көрсетеді. Бұл зерттеу барысында индикаторлар санының өзгеруі әдістеменің сенімділігіне қалай ықпал ететіні бағаланды. Нәтижелер көрсеткендей, банкроттықты болжау дәлдігі қолданылатын индикаторлар санының өсуімен артады, алайда белгілі бір шекке жеткенде артық параметрлерді қосу нәтиженің айтарлықтай жақсаруына әкелмейді.

Танудың сенімділігін анықтау әдісі дұрыс болжамдардың санын, яғни банкроттықтың нақты бақыланатын кластарымен сәйкес келетін жауаптар санын есептеуге және жиілік көрсеткішін анықтауға негізделген. Бұл тәсіл кластерлеу нәтижелерінің объективтілігін бағалауға, сондай-ақ әдістеменің дәстүрлі статистикалық әдістермен салыстырғанда қаншалықты тиімді екенін көрсетуге мүмкіндік береді.

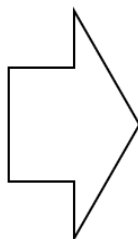
Эксперименттік зерттеулер барысында нейрондық желілер және басқа да машиналық оқыту әдістерімен салыстыру жүргізілді. Бұлыңғыр логикаға негізделген әдістеменің банкроттықты болжаудағы дәлдігі машиналық оқыту әдістерімен салыстырғанда айтарлықтай жоғары болған жоқ, бірақ оның интерпретациялауға ыңғайлы болуы және сараптамалық бағалауларды қоса алу мүмкіндігі оны қаржылық талдау үшін тиімді құрал етеді.

Осылайша, эксперименттік зерттеулер бұлыңғыр кластерлеу негізіндегі әдістеменің банкроттықтың ықтималдығын бағалаудағы тиімділігін дәлелдеді, сондай-ақ қаржылық көрсеткіштерді талдауда сараптамалық тәсілді қолданудың артықшылықтарын көрсетті. Бұл әдіс қаржылық болжау жүйелерін жетілдірудің перспективалы бағыты ретінде қарастырылуы мүмкін:

$$D = \frac{N_1}{N}, \quad (21)$$

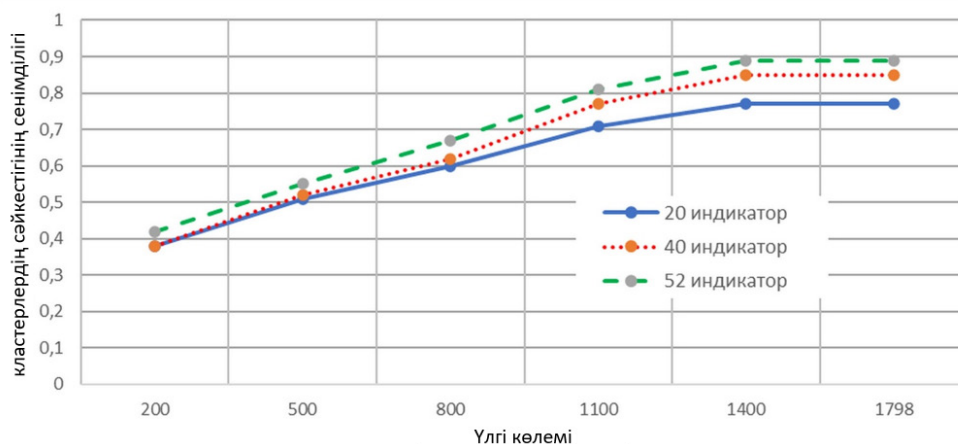
N_1 – кластерге дұрыс жатқызылғандардың саны, N – екі кластердің біреуіне жатқызылғандардың жалпы саны.

x1	Аймақ саласындағы бәсекелестік деңгейі
x2	Региондағы салалық тәуелдердің шоғырлануы
x3	ЖӨӨ-де кәсіпорын жұмыс істейтін саланың үлесі.
x4	Аймақтағы экономикалық жағдай
x5	Аймақтың және макроэкономикалық тәуелдердің әсері.
x6	Несие тарихының сапасы (болуы/болмауы)
x7	Кәсіпорынан алынған кредиттер (қарыздар) саны
x8	Кепіл.
x9	Аймақтағы кәсіпорынның қызмет ету мерзімі
x10	Қолма-қол жабдықтар паркінің коэффициенті
x11	Орнатылған жабдықтар паркінің коэффициенті
x12	Жабдықты жүктеу қарқындылығы коэффициенті
x13	Жоспардың орындалу коэффициенті (жалпы өнім бойынша)
x14	Сала бойынша кәсіпорынның орташа сатылатын көбітерін бағалау.
x15	Жалпы шығарылымдағы жаңа өнімнің (қызметтің) үлес салмағы
x16	Өнімнің(қызметтің)өзіндік құнындағы ірі жеткізушінің үлесі
x17	Өнімді сатудан түскен Түсімдегі ірі сатып алушының үлесі
x18	Ең еңбекке қабілетті және білікті персоналдың үлес салмағы
x19	Қадрлармен қамтамасыз етудің жалпы коэффициенті
x20	Кәсіпорын қызметкерлерінің біліктілік деңгейі
x21	Біліктіліктің өсу индексі
x22	Қаржы менеджменті саласындағы кадр құрамының біліктілігі
x23	Айналым коэффициенті.
x24	Кейтің кері коэффициенті
x25	Ағымдағы өтімділік коэффициенті
x26	Меншікті айналым қаражатымен қамтамасыз ету коэффициенті
x27	Диторлық берешек айналымы кезеңі
x28	Кредиторлық берешек айналымы кезеңі
x29	Берешек айналымы кезеңдерінің қатынасы.
x30	Дайын өнім қалдықтарының айналым кезеңі
x31	Қаржылық белсенділік коэффициенті
x32	Қаржылық тәуелсіздік коэффициенті.
x33	Материалдық қорларды өз қаражатымен қамтамасыз ету коэффициенті.
x34	Жалпы рентабельділік
x35	Сатудың кірістілік коэффициенті.



REG	Аймақтың және салалық ерекшеліктерді бағалау.
KREDIT	Несиелік бағалау
THE	Техникалық жаратқандыруды бағалау
MARKET	Нарықтық әлеуетті бағалау
STAFF	Кадрлық қамтамасыз ету сапасы
PSICH	Кәсіпорындағы моральдық-психологиялық ахуалды бағалау
ABILITY	Өтімділікті бағалау
TURN	Айналым көрсеткіштерін бағалау
FINN	Қаржылық тұрақтылықты бағалау
Z25	25 қаржылық тұрақтылықтың интегралдық көрсеткіші
Z35	айнымалылар
	35 қаржылық тұрақтылықтың интегралдық көрсеткіші
	айнымалылар

Сур. 4 . Қаржы жағдайларының 1798 мысалынан тұратын оқу жиынын 6 сала бойынша бөлудің схемасы. Бұл схема көрсеткіштер кеңістігінде кластерлеу мен 2 жағдайды сипаттайтын танылатын параметрлерді жүзеге асыруды қамтиды.



Сур. 5. Даму әдістемесі бойынша құрылған кластерлердің және банкроттықтың нақты деректерінің сәйкестік дәлдігіне тәуелділігі



Дамыған әдістеме бойынша кластерлерге жатқызу сапасы оқыту жиынының көлеміне айтарлықтай тәуелді екенін көрсетеді және дәлдік деңгейлері бойынша кәсіпорындардың қаржылық жағдайын болжауда нейрондық желі әдістері мен алгоритмдік дихотомиялармен салыстыруға болады.

Нейрондық желілік тәсілдермен салыстырғанда күйді тану тиімділігін тексеру үшін классикалық көп қабатты перцептрон архитектурасын (Multilayer perceptron, MLP) қолдану арқылы эксперимент жүргізілді. Модельде сәйкесінше 64 және 32 нейроннан тұратын екі жасырын қабат қолданылды, белсендіру функциясы-ReLU, Шығыс қабаты - сигмоидты. Оқыту binary cross-entropy жоғалту функциясымен 100 ғасыр бойы Adam алгоритмін қолдана отырып жүргізілді. Оқыту және тестілеу деректері анық емес әдістемедегідей болды: экономиканың 6 саласын қамтитын кәсіпорындардың қаржылық жағдайының 1798 прецедентінің үлгісі, әрбір жазбада 35 қалыпқа келтірілген қаржылық белгілер болды. Оқыту және тестілеу үлгілеріне бөлу 80/20 пропорциясында жүзеге асырылды.

Нәтижелер MLP «норма» / «банкроттық» күйлерін жіктеу кезінде 91,2 % дәлдікке жеткенін көрсетті. Тиістілік функцияларын қалыптастыруға және кейіннен бұлыңғыр кластерлеуге негізделген ұсынылған әдіс тиімділіктің салыстырмалы деңгейін көрсететін 89,4 % дәлдікке жетті. Сонымен қатар, ұсынылған әдістеме маңызды артықшылықтарға ие: деректердің толық устойчивстігіне төзімділік, тиістіліктің семантикалық функцияларын қалыптастыруға сарапшылардың қатысуы есебінен шешімдердің түсіндірілуі, сондай-ақ әртүрлі сараптамалық сценарийлерге бейімделу мүмкіндігі. Осылайша, MLP типтік архитектурасымен салыстыру бұлыңғыр логикаға негізделген әдіс кәсіпорындардың қаржылық тұрақтылығын болжау міндеттерінде нейрондық желілік тәсілдермен бәсекеге қабілетті деген қорытындыға келеді.

Қорытынды

Әрбір әлемдік қаржы дағдарысы көптеген елдерде банкроттық санының артуына әкеледі, бұл осы класстағы оқиғаларды болжау құралдарының сенімділігін арттыру мен әртараптандыруға деген қызығушылықты күшейтеді. Кәсіпорындардың қаржылық жағдайының белгісіздігі мәселесін терең зерттеу, бұл құбылыстың көпқырлылығын көрсетеді және негізгі экономикалық санаттар мен қазіргі заманғы математикалық үлгілерге негізделген әдістерді қолдану қажеттілігін айқындайды.

Қаржылық жағдайды талдау мен болжауда ықтималдық математиканың, бұлыңғыр логика мен статистикалық әдістердің кешенді түрде қолданылуы жоғары дәлдікті нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл экономикалық белгісіздіктерді, ақпараттың толық еместігін және қаржылық көрсеткіштердің өзгермелілігін ескере отырып, дәлірек талдау жасауға мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында қаржылық индикаторлар кеңістігінде тиесілілік

функцияларын синтездеу және кластерлеу процедурасын қамтитын жаңа әдістеме әзірленді. Бұл әдістеме бұлыңғыр логиканың классикалық артықшылықтарын іске асыруға мүмкіндік береді және оны банкроттықты болжау мен қаржылық жағдайды бағалау құралдарының бірі ретінде қарастыруға болады.

Ұсынылған тәсіл қарама-қайшы, толық емес деректер мен белгісіздік факторлары жағдайында қанағаттанарлық нәтижелер алуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, сарапшылардың тәжірибесін есепке ала отырып, бұл әдіс интуитивті түрде түсінікті және қолдануға ыңғайлы құралға айналады.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, бұлыңғыр логикаға негізделген талдау әдістемесі дәстүрлі статистикалық тәсілдермен салыстырғанда жоғары дәлдікке ие және шешім қабылдауда икемділікті арттыруға мүмкіндік береді. Бұл әдістеме қаржылық диагностика, бизнес-аналитика және стратегиялық жоспарлау салаларында қолдануға жарамды, сондай-ақ кәсіпорындардың банкроттық қаупін бағалау үшін тиімді құрал бола алады.

Алдағы зерттеулерде әдістemenің басқа математикалық модельдермен үйлесімділігін арттыру, сондай-ақ динамикалық нарықтық жағдайларға бейімдеу мәселелерін қарастыру перспективалы бағыттардың бірі болып табылады.

REFERENCES

- Абдукаримов И.Т., Беспалов М.В. (2023). Анализ финансового состояния и финансовых результатов предпринимательских структур. — М.: ИНФРА-М. — 214 с.
- Анализ финансового состояния предприятия. Оценка вероятности банкротства: Модель Альтмана (Z-модель) (Электронный ресурс). — URL: http://www.afdanalyse.ru/publ/bankrostvo/bankrot_1/13-1-0-10 (дата обращения: 16.06.2024).
- Анализ финансового состояния предприятия. Оценка вероятности банкротства: Модель Таффлера и Тишоу (Электронный ресурс). — URL: http://afdanalyse.ru/publ/finansovyj_analiz/1/bankrot_tafler/13-1-0-37 (дата обращения: 16.06.2024).
- Анализ финансовой устойчивости: сайт Audit-it.ru (финансовый анализ по данным отчетности) (Электронный ресурс). — URL: <https://www.audit-it.ru/finanaliz/terms/solvency/> (дата обращения: 15.06.2024).
- Altman E., Hotchkiss E. (2006). Corporate Financial Distress and Bankruptcy: Predict and Avoid Bankruptcy, Analyze and Invest in Distressed Debt. — John Wiley and Sons, Ltd. — 368 p.
- Bernstein L.A. (Бернстайн Л.А.) (2015). Анализ финансовой отчетности: теория, практика и интерпретация. — М.: Финансы и статистика. — 624 с.
- Carvalho J.P., Tome J.A.B. (2009). Rule based fuzzy cognitive maps in socio-economic systems // IFSA-EU-SFLAT 2009 Proceedings. — Lisbon. — Pp. 1821–1826.
- Ефанова Н.В., Ващенко В.Р. (2019). Использование методов нечеткой логики в оценке финансовой устойчивости предприятия // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. — 2019. — № 3 (62). — С. 206–212.
- Helfert E. (Хелферт Э.) (2015). Техника финансового анализа. — М.: Аудит, Юнити. — 663 с.
- Muhd Khairulzaman Abdul Kadir, Hines E.L., Qaddoum K., Collier R., Dowler E., Grant W., Leeson M., Iliescu D., Subramanian A., Richards K., Merali Y., Napier R. (2013). Food security risk level assessment: a fuzzy logic-based approach // Applied Artificial Intelligence. — 2013. — Vol. 27. — No. 1. — Pp. 50–61. DOI: 10.1080/08839514.2013.747372.
- Mukhanov S.B., Alimbekov A.Ye., Marat G.S., Uatbayeva A.M., Aldanazar A.A. (2021). Automation of staff recruitment and assessment // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. — 2021. — 1(3). DOI: 10.54309/IJICT.2020.3.3.009.
- Mukhanov S., Uskenbayeva R., Young I.C., Yemberdiyeva A., Bekaulova Z. (2024). Deep and machine learning models for recognizing static and dynamic gestures of the Kazakh alphabet // Scientific Journal of Astana IT



University. — 2024. — No. 18. — Pp. 75–95. DOI: 10.37943/18JYLU4904.

Mukhanov S., Uskenbayeva R., Young Im Cho, Kabyl D., Les N., Amangeldi M. (2023). Gesture recognition of machine learning and convolutional neural network methods for Kazakh sign language // Scientific Journal of Astana IT University. — 2023. — 15(15). — Pp. 85–100. DOI: 10.37943/15LPCU4095.

Mukhanov S., Uskenbayeva R., Rakhim A., Akim A., Mamanova S. (2024). Gesture recognition of the Kazakh alphabet based on machine and deep learning models // Procedia Computer Science. — 2024. — Vol. 241. — Pp. 458–463. DOI: 10.1016/j.procs.2024.08.064.

Mukhanov S.B., Lee A.S., Zheksenov D.B., Yevdokimov D.D., Amirgaliev E.N., Kalzhigitov N.K. (2023). Comparative analysis of neural network models for gesture recognition methods of hands // Bulletin of NIA RK. Information and communication technologies. — 2023. — No. 2. — P. 88.

Недосекин А.О., Овсянко А.Н. (б.г.). Нечетко-множественный подход в маркетинговых исследованиях (Электронный ресурс). — URL: <http://www.aup.ru/articles/marketing/15.htm>; <http://www.vmgrousp.ru> (дата обращения: 16.06.2024).

Orazbayev B.B., Orazbayeva K.N., Kurmangaziyeva L.T., Makhatova V.E. (2015). Multi-criteria optimisation problems for chemical engineering systems and algorithms for their solution based on fuzzy mathematical methods // EXCLI Journal. — 2015. — Vol. 14. — Pp. 984–998.

Pedrycz W. (2015). From fuzzy data analysis and fuzzy regression to granular fuzzy data analysis // Fuzzy Sets and Systems. — 2015. — Vol. 274. — Pp. 12–17.

Shipley M.F., Johnson M., Pointer L., Yankov N. (2013). A fuzzy attractiveness of market entry (FAME) model for market selection decisions // The Journal of the Operational Research Society. — 2013. — Vol. 64. — No. 4. — Pp. 597–610.

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Правила оформления статьи для публикации в журнале на сайте:

<https://journal.iitu.edu.kz>

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Собственник: АО «Международный университет
информационных технологий» (Казахстан, Алматы)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
Мрзабаева Раушан Жалиқызы

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР
Ермакова Вера Александровна

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР
Рашидинов Дамир Рашидинович

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА
Асанова Жадыра

Подписано в печать 15.12.2025.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать - ризограф. 9,0 п.л. Тираж 100
050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09).

Издание Международного университета информационных технологий
Издательский центр КБТУ, Алматы, ул. Толе би, 59