

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE**

**№2
2026**

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



CENTRAL ASIAN ACADEMIC
RESEARCH CENTER



**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF COMPUTER
SCIENCE**

2 (358)

APRIL – JUNE 2026

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

USATOVA Olga Alexandrovna, PhD, Associate Professor, Chief Scientific Secretary of the Institute of Information and Computing Technologies of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57204581062>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/JCO-3058-2023>

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

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

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

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

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/>

© «Central Asian Academic Research Center» LLP, 2026

БАС РЕДАКТОР:

МУТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

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

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

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

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

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

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

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, ҚР ҒЖБМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының» аға ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55453992600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/3802041>

УСАТОВА Ольга Александровна, PhD, қауымдастырылған профессор, ҚР ҒЖБМ "Ақпараттық және есептеу технологиялары институтының" бас ғалым хатшысы (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57204581062>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/JCO-3058-2023>

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

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

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

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

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 баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **05.06.2025** ж. берген № **KZ77VPY00121154** Куәлік.

Тақырыптық бағыты: *ақпараттық-коммуникациялық технологиялар*

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

Мерзімділігі: *жылына 4 рет.*

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

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 2026

Главный редактор:

МУТАНОВ Галимканр Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=6506682964>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1423665>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/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 Сагпаева (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/detail.uri?authorId=7005121594>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/678586>

СМОЛАРЖ Анджей, доцент факультета электроники Люблинского политехнического университета (Люблин, Польша), <https://www.scopus.com/author/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/author/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/author/detail.uri?authorId=37461441200>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1768515>

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

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

УСАТОВА Ольга Александровна, PhD, ассоциированный профессор, Главный ученый секретарь «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=57204581062>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/JCO-3058-2023>

КАПАЛОВА Нурсулу Алдажаровна, кандидат технических наук, заведующий лабораторией кибербезопасности РГП «Института информационных и вычислительных технологий» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/38481396>

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

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/author/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 переучет периодического печатного издания, информационного агентства и сетевого издания № **KZ77VPU00121154**. Дата выдачи **05.06.2025**

Тематическая направленность: *информационно-коммуникационные технологии.*

В настоящее время: *вошел в список журналов, рекомендованных КОКШВО 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», 2026

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE

Abduraimova B.K., Toleukhan A.B., Sapakova S.Z., Abisheva A.A. Development of early cyberattack detection method using CNN-LSTM for IoT.....	11
Aben A.B., Kazbekova G.N., Baimakhanova A.S., Amanzholova A.B. Classification of birds and drones in the sky using MobileNetV2 model.....	30
Akbarov D., Sembayev T. Quality-aware pose–hand keypoint extraction pipeline for skeleton-based sign language recognition.....	44
Algazy K., Alimzhan Y., Sakan K., Nyssanbayeva S. Lattice-based vector commitments for Verkle trees.....	67
Asylkhan N., Baidrakhmanova M.G. Principles and models of spatial organization of buildings for crop production considering technological and climatic factors.....	87
Basheyeva Zh., Tokesh A., Bekish U., Abdoldinova G. Artificial intelligence for academic project management: a bibliometric analysis and systematic review.....	105
Bekmanova G., Kantureyeva M., Omarbekova A., Zakirova A., Issainova A. Integrating artificial intelligence to evaluate emotions in the learning environment.....	125
Dzhusupbekova G.T., Jangassiyev R.M. Gemini AI integration based on .NET MAUI for education: hybrid architecture and empirical load testing.....	146
Doszhan N.S., Sultanbekova L.Ye., Zhumagali S.Zh., Konysbayev E.K. Modeling and parameter calculation of an emergency response system based on LoRaWAN technology in the high-altitude conditions of the Zailiysky Alatau.....	166
Zhumakhanova A., Kudabayeva R., Akanova K., Myrkanova A. Entropy-normalized multidimensional model for user activity segmentation in Reddit...	180
Karabaliyev Y., Kolesnikova K., Khlevnaya Y. HybridKazASR: a hybrid automatic speech recognition system combining multi-model rover fusion and morpheme-aware language modeling for Kazakh.....	198
Kerimkhulle S.E., Adalbek A., Baizakov N.A., Shodorova N.N. Piecewise logistic and fuzzy modeling of Kazakhstan's GDP dynamics (1990–2024)....	212
Kulakayeva A., Ashurov A., Aitmagambetov A., Ongenbayeva Zh. Development of mathematical models and criteria for the admissibility of orbital maneuvers of spacecraft.....	228

Kulatay A.A., Zhaisanova D.S., Daurenbayeva N.A., Mamanova S.Y., Tolegen M.
Machine learning for personalized learning in gamified edtech platforms:
Aqyl Battle case.....248

Mamyrbayev O., Kurmetkan T.
Enhanced sentiment analysis of e-commerce product reviews using
Luong attention-based Bi-LSTM.....263

Marassulov U.A., Kazbekova G.
TF-IDF-based fake news detection in Kazakh and Russian.....286

Omar A.B., Mussiraliyeva Sh.Zh.
Federated learning: models based on transformer architecture.....302

Rakhimova D., Duisenbekkyzy Zh., Karibayeva A., Eşref A., Ilessova B.
Improving the voice recognition system for children in Kazakh through additional
training (fine-tuning).....317

Sarsembayev M, Urmashev B.
Optimization of the calculation of kinetic equations of combustion processes on GPU
using global memory and shared memory.....335

Symagulov A., Smurygin V., Belousov A., Karypov A., Yunicheva N.R.
Improving the accuracy of crop and weed detection using UAVs in soya fields
through image segmentation.....347

Tashenova Zh., Gabdullin A.R., Abdugulova Zh., Amanzholova Sh., Santeyeva S.
Security evaluation of WPA3 wireless networks under deauthentication
attack scenarios.....368

**Tursunbayeva G.U., Satybalдина D.Zh., Tleuberdin S.T., Tashatov N.N.,
Egamberdiyev E.E.**
Anomaly detection in UAV telemetry systems based on simulation modeling.....391

Tursynova N., Yerimbetova A., Amangeldy N., Zhumabayeva A., Daiyrbayeva E.
Comparative analysis of multilingual transformer models for Kazakh-to-gloss
translation.....414

Shangpeng Lei, Balakayeva G.
Dual-branch physical information neural networks for data center airflow velocity
and thermal modeling.....433

Shynzhigit B.B., Balabekova M.O., Amangeldi T.T., Malik G.J., Balgimbekova U.B.
Automatic brick defects detection by using a CNN-based deep learning model.....449

МАЗМҰНЫ

КОМПЬЮТЕРЛІК ҒЫЛЫМДАР

Абдураимова Б.К., Төлеухан Ә.Б., Сапакова С.З., Абишева А.А. Кибершабулдарды ерте анықтау әдісін CNN-LSTM негізінде дамыту (IoT үшін).....	11
Абен А.Б., Қазбекова Г.Н., Баймаханова А.С., Аманжолова Ә.Б. MobileNetV2 моделімен аспандағы құстар мен дрондарды классификациялау.....	30
Ақбаров Д.Р., Сембаев Т.М. Ым тілін тануға арналған дене қалпы мен қолдың негізгі нүктелерін сапаны бақылаумен анықтау әдісі.....	44
Алғазы К.Т., Әлімжан Е.Ж., Сақан Қ.С., Нысанбаева С.Е. Verkle ағаштарына арналған торлық векторлық міндеттемелер.....	67
Асылхан Н., Байдрахманова М.Г. Технологиялық және климаттық факторларды ескере отырып, өсімдік шаруашылығы ғимараттарының кеңістік ұйымдастыру қағидалары мен модельдері.....	87
Башеева Ж., Төкеш Ә., Бекіш Ұ., Абдолдинова Г. Академиялық жобаларды басқарудағы жасанды интеллект: библиометриялық талдау және жүйелі шолу.....	105
Бекманова Г.Т., Кантурсева М.А., Омарбекова А.С., Закирова А.Б., Исайнова А.Н. Оқу ортасындағы эмоцияларды бағалау үшін жасанды интеллектті біріктіру.....	125
Джусупбекова Г.Т., Жангасиев Р.М. Білім беруге арналған .NET MAUI негізіндегі Gemini AI интеграциясы: гибриді архитектуралық және эмпирикалық жүктемелік тестілеу.....	146
Досжан Н.С., Султанбекова Л.Е., Жумағали С.Ж., Қонысбаев Е.К. Іле Алатауының биік таулы жағдайында LORAWAN технологиясы негізіндегі жедел әрекет ету жүйесінің параметрлерін модельдеу және есептеу.....	166
Жумаханова А., Қудабаева Р., Ақанова К., Мырқанова А. REDDIT-те пайдаланушы әрекетін сегменттеуге арналған энтропия-нормалданған көп өлшемді модель.....	180
Қарабаев Е., Колесникова К., Хлевная Ю. HybridKazASR: Rover көпмодельді біріктіру және морфемеге негізделген тілдік модельдеуді пайдаланатын қазақ тілін автоматты тану гибриді жүйесі.....	198
Керімқұл С.Е., Адалбек А., Байзақов Н.А., Шодорова Н.Н. Қазақстан ЖІӨ динамикасын кезеңдік (Piecewise) логистикалық және бұлдыр модельдеу (1990–2024).....	212

- Кулакаева А.Е., Ашуrow А.Е., Айтмағамбетов А.З., Онгенбаева Ж.Ж.**
Ғарыш аппараттарының орбиталық маневрлерінің математикалық модельдері мен рұқсат критерийлерін әзірлеу.....228
- Құлатай А.А., Жайсанова Д.С., Дауренбаева Н.А., Маманова С.Е., Төлеген М.**
Геймификацияланған edtech платформаларда оқытуды жекелендіруге арналған машиналық.....248
- Мамырбаев Ө.Ж., Құрметқан Т.**
Луонг назар механизміне негізделген BI-LSTM көмегімен электрондық коммерция өнімдеріне жазылған пікірлерге жетілдірілген сентименттік талдау жасау.....263
- Марасулов У.А., Казбекова Г.**
Қазақ және орыс тілдеріндегі жалған жаңалықтарды TF-IDF арқылы анықтау.....286
- Омар А.Б., Мусиралиева Ш.Ж.**
Федеративті оқыту: трансформер архитектурасына негізделген модельдер.....302
- Рахимова Д., Дүйсенбекқызы Ж., Кәрібаева А., Ешref А., Ілесова Б.**
Қазақ тіліндегі балалар дауысын тану жүйесін қосымша оқыту (Fine-Tuning) арқылы жетілдіру.....317
- Сарсембаев М., Урмашев Б.**
Global memory және shared memory қолдану арқылы GPU-да жану процестерінің кинетикалық теңдеулерін есептеуді оңтайландыру.....335
- Сымагулов А., Смурыгин В., Белоусов А., Карыпов А., Юничева Н.Р.**
Соя алқаптарында ҰҰА көмегімен мәдени және арамшөп өсімдіктерін детекттеу сапасын кескіндерді сегменттеу арқылы арттыру.....347
- Ташенова Ж.М., Габдуллин А.Р., Абдугулова Ж.К., Аманжолова Ш.А., Сантеева С.Ә.**
Деатентификациялау шабуылы сценарийлеріндегі WPA3 сымсыз желілерінің қауіпсіздігін бағалау.....368
- Турсунбаева Г., Сатыбалдина Д., Глеубердин С., Ташатов Н., Эгамбердиев Э.**
Симуляциялық модельдеу негізінде ұшқышсыз ұшу аппараттарының телеметриялық жүйелеріндегі аномалияларды анықтау.....391
- Турсынова Н., Еримбетова А., Амангелді Н., Жумабаева А., Дайырбаева Э.**
Қазақ тілінен глосска аудару үшін көптілді трансформерлік модельдердің салыстырмалы талдауы.....414
- Шанпэн Лей, Балакаева Г.**
Деректер орталығының ауа ағынының жылдамдығына және термиялық модельдеуге арналған екі тармақты физикалық ақпараттық нейрондық желілер.....433
- Шынжігіт Б.Б., Балабекова М.О., Амангелді Т.Т., Мәлік Г.Ж., Балгимбекова У.Б.**
Кіріш ақауларын автоматты анықтауда snn негізіндегі терең оқыту моделін пайдалану.....449

СОДЕРЖАНИЕ

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ

Абдураимова Б.К., Толеухан А.Б., Сапакова С.З., Абишева А.А. Разработка метода раннего обнаружения кибератак на основе CNN-LSTM для IoT.....	11
Абен А.Б., Казбекова Г.Н., Баймаханова А.С., Аманжолова А.Б. Классификация птиц и дронов в небе с использованием модели MobileNetV2.....	30
Акбаров Д.Р., Сембаев Т.М. Метод получения ключевых точек позы и кистей с контролем качества для распознавания жестового языка.....	44
Алгазы К.Т., Алимжан Е.Ж., Сакан К.С., Нысанбаева С.Е. Решеточные векторные обязательства для Verkle-деревьев.....	67
Асылхан Н., Байдрахманова М.Г. Принципы и модели пространственной организации зданий для растениеводства с учетом технологических и климатических факторов.....	87
Башеева Ж., Токеш А., Бекиш У., Абдолдинова Г. Искусственный интеллект в управлении академическими проектами: библиометрический анализ и систематический обзор.....	105
Бекманова Г.Т., Кантуреева М.А., Омарбекова А.С., Закирова А.Б., Исайнова А.Н. Интеграция искусственного интеллекта для оценки эмоций в учебной среде.....	125
Джусупбекова Г.Т., Джангасиев Р.М. Интеграция Gemini AI на базе .NET MAUI для образования: гибридная архитектура и эмпирическое нагрузочное тестирование.....	146
Досжан Н.С., Султанбекова Л.Е., Жумагали С.Ж., Коньсбаев Е.К. Моделирование и расчет параметров системы экстренного реагирования на базе технологии LoRaWAN в условиях высокогорья Заилийского Алатау.....	166
Жумаханова А., Кудабаева Р., Аканова К., Мырканова А. Энтропийно-нормализованная многомерная модель для сегментации активности пользователей в Reddit.....	180
Карабалиев Е., Колесникова К., Хлевна Ю. HybridKazASR: гибридная система автоматического распознавания казахской речи на основе многомодельного объединения ROVER и морфемно-ориентированного языкового моделирования.....	198
Керимкулов С.Е., Адалбек А., Байзаков Н.А., Шодорова Н.Н. Кусочно-логистическое и нечеткое моделирование динамики ВВП Казахстана (1990–2024).....	212
Кулакаева А.Е., Ашуров А.Е., Айтмагамбетов А.З., Онгенбаева Ж.Ж. Разработка математических моделей и критериев допустимости орбитальных маневров космических аппаратов.....	228

Кулатай А.А., Жайсанова Д.С., Дауренбаева Н.А., Маманова С.Е., Толеген М. Машинное обучение для персонализации обучения на геймифицированных EdTech-платформах: кейс Aqyl Battle.....	248
Мамырбаев О., Курметкан Т. Усовершенствованный анализ тональности отзывов о товарах электронной коммерции с использованием Bi-LSTM на основе механизма внимания Луонга.....	263
Марасулов У.А., Казбекова Г. Выявление ложных новостей на казахском и русском языках TF-IDF-моделями.....	286
Омар А.Б., Мусиралиева Ш.Ж. Федеративное обучение: модели на основе архитектуры трансформеров.....	302
Рахимова Д., Дуйсенбеккызы Ж., Карибаева А., Еҫref А., Илесова Б. Совершенствование системы распознавания голоса детей на казахском языке путем дополнительного обучения (fine-tuning).....	317
Сарсембаев М., Урмашев Б. Оптимизация расчета кинетических уравнений процессов горения на GPU с использованием global memory и shared memory.....	335
Сымагулов А., Смургин В., Белоусов А., Карыпов А., Юничева Н.Р. Улучшение качества детектирования культурных и сорных растений с помощью БПЛА на полях сои с применением сегментации изображений.....	347
Ташенова Ж.М., Габдуллин А.Р., Абдугулова Ж.К., Аманжолова Ш.А., Сантеева С.А. Оценка безопасности беспроводных сетей WPA3 в условиях атаки с деаутентификацией.....	368
Турсунбаева Г., Сатыбалдина Д., Тлеубердин С., Ташатов Н., Эгамбердиев Э. Обнаружение аномалий в телеметрических системах БПЛА на основе симуляционного моделирования.....	391
Турсынова Н., Еримбетова А., Амангелді Н., Жумабаева А., Дайырбаева Э. Сравнительный анализ многоязычных трансформерных моделей для перевода с казахского языка на глоссированное представление.....	414
Шанпэн Лэй, Балакаева Г. Двухветвевые физически информированные нейронные сети для моделирования воздушных потоков и тепловых условий в центрах обработки данных.....	433
Шынжігіт Б.Б., Балабекова М.О., Амангелді Т.Т., Малик Г.Ж., Балгимбекова У.Б. Использование модели глубокого обучения на основе CNN для автоматического обнаружения дефектов кирпичной кладки.....	449

ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE
ISSN 1991-346X
Volume 2.
Number 358 (2026). 449–469

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1726.448>

IRSTI 28.23.15
UDC 004.8:004.932

© **Shynzhigit B.B.**¹, **Balabekova M.O.**^{1*}, **Amangeldi T.T.**¹, **Malik G.J.**²,
Balgimbekova U.B.², 2026.

¹M. Auezov South-Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan;
²Central Asian Innovation University, Shymkent, Kazakhstan.
E-mail: dadyiba@mail.ru

AUTOMATIC BRICK DEFECTS DETECTION BY USING A CNN-BASED DEEP LEARNING MODEL

Shynzhigit Bekmurat — doctoral student, M. Auezov South-Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: bekmuratsinzigit@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-2970-9967>;

Balabekova Madina — Candidate of Technical Sciences, M. Auezov South-Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: dadyiba@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5558-3472>;

Amangeldi Togzhan — doctoral student, M. Auezov South-Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: togzhan.amangeldi1@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5081-9466>;

Malik Gulshat — Senior Lecturer, Central Asian Innovation University, Shymkent, Kazakhstan, E-mail: gulshat_malikova@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0002-4519-6548>;

Balgimbekova Uldar — Senior Lecturer, Central Asian Innovation University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: gulshat_malikova@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0002-4519-6548>.

Abstract. The proposed research paper states that early and accurate detection of surface defects in the brick manufacturing industry is crucial for maintaining product quality, reducing material waste, and improving production efficiency. Traditional manual inspection methods are often time-consuming and rely on human expertise. Therefore, this study proposes an intelligent brick defect detection approach based on deep learning methods, especially convolutional neural networks (CNNs), for automated quality assessment. The proposed system is designed to detect and classify various types of brick defects, such as cracks, surface defects, edge defects, and non-defective samples, using image-based analysis. A publicly available brick defect dataset was used to train and evaluate the model. The CNN architecture consists of multiple convolutional and max pooling layers for feature extraction, followed by fully connected layers, and a Softmax classifier for final prediction. The model was trained and tested using supervised learning methods

to achieve accurate classification performance. Experimental results show that the proposed model achieved high performance on all evaluation metrics. The obtained Precision, Accuracy, Recall and F1 score values exceeded 93%, which indicates the effectiveness of the proposed approach. In particular, the model showed high performance in detecting crack defects and successfully distinguished between defective and non-defective brick surfaces. Comparative analysis also showed that deep learning-based approaches outperform traditional machine learning methods in terms of accuracy and automation capabilities. The results of this study demonstrate the potential of CNN-based intelligent systems for real-time industrial defect detection and automated quality control. The proposed approach can contribute to improving production reliability, reducing human intervention, and supporting the development of smart manufacturing environments in the building materials industry.

Key words: brick production, defect detection, automation, CNN, deep learning algorithms, computer vision, quality control

For citations: Shynzhigit B.B., Balabekova M.O., Amangeldi T.T., Malik G.J., Balgimbekova U.B. Automatic brick defects detection by using a CNN-based deep learning model. Academic Scientific Journal of Computer Science, 2026. — No.2. — P. 449–469. DOI <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1726.448>

© Шынжігіт Б.Б.¹, Балабекова М.О.^{1*}, Амангелді Т.Т.¹, Мәлік Г.Ж.²,
Балгимбекова У.Б.², 2026.

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан ғылыми-зерттеу университеті,
Шымкент, Қазақстан,

²Орталық Азия инновациялық университеті, Шымкент, Қазақстан,
E-mail: dadyiba@mail.ru

КІРПІШ АҚАУЛАРЫН АВТОМАТТЫ АНЫҚТАУДА CNN НЕГІЗІНДЕГІ ТЕРЕҢ ОҚЫТУ МОДЕЛІН ПАЙДАЛАНУ

Шынжігіт Бекмұрат — докторант, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан ғылыми-зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: bekmuratsinzigit@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-2970-9967>;

Балабекова Мадина — техника ғылымдарының кандидаты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан ғылыми-зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: dadyiba@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5558-3472>;

Амангелді Тоғжан — докторант, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан ғылыми-зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: togzhan.amangeldi1@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5081-9466>;

Мәлік Гүлшат — аға оқытушы, Орталық Азия инновациялық университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: gulshat_malikova@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0002-4519-6548>;

Балгимбекова Улдар — аға оқытушы, Орталық Азия инновациялық университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: gulshat_malikova@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0002-4519-6548>.

Аннотация. Ұсынылып отырған ғылыми зерттеу жұмысында кірпіш өндірісі өнеркәсібінде беткі ақауларды ерте және дәл анықтау өнім сапасын сақтау, материал қалдықтарын азайту және өндіріс тиімділігін арттыру үшін өте маңызды екендігі баяндалған. Дәстүрлі қолмен тексеру әдістері көбінесе уақытты қажет етеді және адами тәжірибеге тәуелді. Сондықтан, бұл зерттеу терең оқыту әдістеріне, әсіресе автоматтандырылған сапаны бағалау үшін конволюциялық нейрондық желілерге (CNN) негізделген интеллектуалды кірпіш ақауларын анықтау тәсілін ұсынады. Ұсынылған жүйе кескінге негізделген талдауды қолдана отырып, жарықтар, беткі ақаулар, жиек ақаулары және ақаусыз үлгілер сияқты кірпіш ақауларының әртүрлі түрлерін анықтау және жіктеу үшін жасалған. Модельді оқыту және бағалау үшін жалпыға қолжетімді кірпіш ақаулары туралы деректер жиынтығы пайдаланылды. CNN архитектурасы ерекшеліктерді алу үшін бірнеше конволюциялық және максималды пул қабаттарынан, содан кейін толығымен қосылған қабаттардан және соңғы болжау үшін Softmax классификаторынан тұрады. Дәл жіктеу өнімділігіне қол жеткізу үшін модель бақыланатын оқыту әдістерін қолдана отырып оқытылды және сынақтан өтті. Эксперименттік нәтижелер ұсынылған модельдің барлық бағалау көрсеткіштері бойынша жоғары өнімділікке қол жеткізгенін көрсетеді. Алынған Precision, Accuracy, Recall және F1 балл мәндері 93%-дан асты, бұл ұсынылған тәсілдің тиімділігін көрсетеді. Атап айтқанда, модель жарықшақ ақауларын анықтауда жоғары өнімділік көрсетті және ақаулы және ақаусыз кірпіш беттерін сәтті ажыратты. Салыстырмалы талдау сонымен қатар терең оқытуға негізделген тәсілдер дәлдік пен автоматтандыру мүмкіндігі тұрғысынан дәстүрлі машиналық оқыту әдістерінен асып түсетінін көрсетті. Бұл зерттеудің нәтижелері CNN негізіндегі интеллектуалды жүйелердің нақты уақыт режимінде өнеркәсіптік ақауларды анықтау және автоматтандырылған сапаны бақылау үшін әлеуетін көрсетеді. Ұсынылған тәсіл өндіріс сенімділігін арттыруға, адамның араласуын азайтуға және құрылыс материалдары өнеркәсібінде ақылды өндірістік ортаны дамытуды қолдауға ықпал ете алады.

Түйін сөздер: кірпіш өндірісі, ақауларды анықтау, автоматтандыру, CNN, терең оқыту алгоритмдері, компьютерлік көру, сапаны бақылау

© Шынжігіт Б.Б. ¹, Балабекова М.О. ^{1*}, Амангелді Т.Т. ¹,
Мәлік Г.Ж. ², Балгимбекова У.Б. ², 2026.

¹Южно-Казахстанский исследовательский университет имени
М.О. Ауэзова, Шымкент, Казахстан;

²Центрально-Азиатский инновационный университет, Шымкент, Казахстан.

*E-mail: dadyiba@mail.ru

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ НА
ОСНОВЕ CNN ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ
ДЕФЕКТОВ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ**

Шыңжігіт Бекмурат — докторант, Южно-Казахстанский исследовательский университет имени М.О. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: bekmuratsinzigit@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0001-2970-9967>;

Балабекова Мадина — кандидат технических наук, Южно-Казахстанский исследовательский университет имени М.О. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: dadyiba@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5558-3472>;

Амангелді Тогжан — докторант, Южно-Казахстанский исследовательский университет имени М.О. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: togzhan.amangeldi1@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5081-9466>;

Мәлік Гулшат — старший преподаватель, Центрально-Азиатский инновационный университет, Шымкент, Казахстан,

E-mail: gulshat_malikova@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0002-4519-6548>;

Балгимбекова Улдар — старший преподаватель, Центрально-Азиатский инновационный университет, Шымкент, Казахстан,

E-mail: gulshat_malikova@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0002-4519-6548>.

Аннотация. *Актуальность.* Раннее и точное обнаружение поверхностных дефектов в кирпичной промышленности имеет важное значение для поддержания качества продукции, сокращения отходов материалов и повышения эффективности производства. Традиционные методы ручной проверки требуют значительных временных затрат и зависят от квалификации специалиста, что ограничивает их применимость в условиях автоматизированного промышленного контроля. В связи с этим актуальным является применение методов глубокого обучения и компьютерного зрения для автоматического выявления дефектов кирпичной кладки и оценки качества строительных материалов. *Цель.* Разработать и оценить модель глубокого обучения на основе сверточной нейронной сети CNN для автоматического обнаружения и классификации дефектов кирпичной кладки по изображениям. *Методы.* В исследовании предложен интеллектуальный подход к обнаружению дефектов кирпича, основанный на применении сверточных нейронных сетей. Система предназначена для выявления и классификации различных типов дефектов, включая трещины, поверхностные повреждения, дефекты краев и образцы без дефектов. Для обучения и оценки модели использован общедоступный набор данных о дефектах кирпича. Архитектура CNN включает несколько сверточных слоев и слоев максимального пулинга для извлечения признаков, за которыми следуют полносвязанные слои и классификатор Softmax для итогового прогнозирования. Обучение и тестирование модели выполнялись с применением методов контролируемого обучения. *Результаты и выводы.* Экспериментальные результаты показали, что предложенная модель демонстрирует высокую производительность по основным оценочным метрикам. Значения точности, правильности, полноты и F1-меры превысили 93%, что подтверждает эффективность предложенного подхода. Модель особенно успешно выявляла дефекты в виде трещин и различала дефектные и недефектные поверхности кирпича. Сравнительный анализ показал, что подходы на основе глубокого обучения превосходят

традиционные методы машинного обучения по точности классификации и уровню автоматизации. Полученные результаты демонстрируют потенциал интеллектуальных систем на основе CNN для обнаружения дефектов в реальном времени и автоматизированного контроля качества в промышленности строительных материалов. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения предложенного подхода для повышения надежности производства, сокращения ручного контроля и развития интеллектуальных производственных сред.

Ключевые слова: производство кирпича, обнаружение дефектов, кирпичная кладка, автоматизация, CNN, глубокое обучение, компьютерное зрение, контроль качества, Softmax, F1-мера.

Кіріспе. Кірпіш - қандайда бір ғимараттың тұрғызылуына қолданылатын маңызды құрылыс материалы болып табылады. Кірпіш тығыздығы мен беректік сапасы, тусі, қолданылған шикізат құрамы, қолжетімді бағасы және әр түрлі ерекшеліктеріне байланысты құрылыстар мен инфрақұрылымдардың белгілі бір стандарттарға сай болуын қамтамасыз ететін маңыздылығы көп материал. Кірпіштің өндірілу процесін өндірістің тізбектелген жүйесі ретінде алғанда сапасы, консистенциясы және тиімділік жағын алып өзара қатысы бар маңызды бірнеше кезеңді сипаттауға болады. Өндіріс тұрғысын заманына сай дамуына байланысты материалдары мен түрлерінің өзгеруі ғана емес, дайындалу кезеңдерін автоматтандыру технологияларын қолданып басқару және басқа да оңтайлы процестерді қарастыру мүмкіндігі бар (Beskopylny, 2023).

Бірінші кезеңі - шикізаттың дайындалуы, бұл кезеңде саз бен минералдық қоспалардың бастапқы материалдарды біртектілік құрамда болу үшін өңделуі. Бөлшектерінің мөлшері және ылғалдылық сапасын біркелкі ұстауға ұсақтап дайындау, іріктеп кейін оны араластырып біріктіру сияқты жұмыстарды жүзеге асырады. Осы кезең барысында шикізатты біркелкі тұрақты деңгейге жеткізуге назар аудару қажет, қоспалардың өзіндік қасиеттерінің салдарынан кейінгі көзделген процесте немесе соңындағы өнімнің сапасы мен жарамдылығына ықпал етеді. Процесті автоматтандырудағы ғылыми зерттеу жұмыстарында шикізаттардың өзгергіштігі мен консистенциясы өнімді пайдалануы және сапа деңгейін арттыруда негізі себеп болады деп көрсетілген.

Екінші кезеңі – осы кезеңге дейін дайын материалдарды қалыптауға жабдықтарды қолданып стандартқа сай кірпіштің геометриясын пішіндейді. Осы кезеңнің барысында өнімдердің негізгі қасиеттерінің сақталуын және өлшем сипаттамасын анықтап нақтылайды. Бұл процесті автоматтандыруда қалыптаудың дәлдігін күшейтіп, өндірістің санын біркелкі сақтап немес жүйелі түрде арттырады. Процестегі негізгі мақсат қалыптаудың параметрлерін бақылап, шикізат көлемін дәл енгізуде және дайын өнімнің сапасын бақылауда автоматтандыру маңызды рөл атқарады.

Үшінші кезеңі – бұл қалыптаудан кейінгі кезеңде кірпіш бақыланып ылғалдықты кептіруде болады. Осы процессте деформациясы мен жарықтары болмауын қадағалап термиялық өңдеуге жіберіледі. Өндірісті автоматтандыруда өнімнің кептірілу жағдайы, температурасы мен ылғалдылығы, ылғалдықтың бірте-бірте булануып реттеп тұрақтылығы қамтамасыз етіп, қол жұмысын араластыруды тоқтатады.

Төртінші кезеңі - кірпішті өндірудегі маңызды процесстің бірі күйдіру болады. Осы процессті автоматтандыруда кірпішті 900°C-тан 1100°C-қа дейін температура аралығында куйдіріп, өнімді берік және төзімді екенін анықтап жүйелі түрде жұмыс атқаруын қамтамасыз етеді.

Соңғы кезеңі - өнімдерді дайындап өңдеу, күйдіріліп болған кірпішті салқындатып, тексеріп және сақтауға жөнелту кезеңі. Бұл процессті автоматтандырғанда кірпіш сапасын бақылап, беріктігін, өлшем дәлдігі мен сыртқы пішін тұтастығын тексетуді жолын реттеп, қателіктерді жояды. Сондай-ақ, өндірісте жұмыс күшін азайтып қауіпсіздікті арттырып қана қоймай, өндірістің өнімділігін арттырады (Wang, 2019).

Көрсетілген зертеулер мен тәжірибелік ұсыныстарды қолдай отырып кірпіш өндірудің процесін автоматтандыруда тиімділігін алсақ, өндіріс кезеңдерін ретімен біріктіріп, басқару жүйесін оңтайлы түрде іске асырып, қателіктерді болдырмай және өнімнің сапасы мен өндірістің көзделген шарттарын толыққанды қамтамасыз етеді.

Әдеби шолу. Өндіріс процесін автоматтандыру барысында тиімділік артады сондай-ақ, бұл өндірісте бұрын сонды болмаған құрылғылармен жұмыс жүргізуде пайдалануының қиындықтары және экономикалық келенсіздіктер болуы мүмкін.

а) Инвестицияның жоғарылығы

Кірпіш өндірісімен айналысатын автоматтандырылған зауыттарды жүйелі түрде іске қосу ауқымды соммадағы жаңа жабдықтар мен арнайы басқаратын құрылғыларды және құралдарды орнатуды талап етеді. Бұл өндірісте бастапқы шығынның көптігінен шағын бизнестер қаражаттың кемшілігінен құлдырау қаупі бар.

б) Техникалардың күрделілігі мен оларға қызмет көрсету

Өндіріс процесінің өзара байланысының күрделілігінен өндірістің қаржы шығынына әкелетін тоқтауларсыз бір қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін тұрақты түрде арнайы мамандардың қызмет көрсетуін қажет етеді. Зауыттағы электр қуатының тұрақты болуы ең маңызды және бастапқы шарт, электр қуатының ауыспалылығы техникалардың жұмыс істеуіне әсері көп және электр шығыны ұлғайады. Сондай-ақ, өнімнің дизайнын тек арнайы мамандарға жүгіну арқылы ғана өзгертіп қосалқы бөлшектерінің шығыны болады.

с) Техникалық ақаулар мен істен шығуы

Автоматтандырылған жүйедегі ретімен жұмыс атқаратын жабдықтардың біреуі бұзылса оны қайта іске қосқанға дейін қалған кезеңдері тоқтату қаупі бар (Kataev, 2025).

Кірпіш өндірісін автоматтандырғанда тұрақты және тиімді, бірақ техниканың күрделілігіне байланысты шығынның көптігі мен тұрақты имараттарға тәуелді болу сияқты проблемалар болады.

Кірпіш өндірісін қол күшімен басқарудағы кемшіліктер. Өндірісте қол күшіне жүгіну шығынды азайту мақсатында әдеттегі жағдай болып қалыптасқан, алайда бұл әдісте автоматтандыру жүйесіне қарағанда бірнеше өзіндік кемшіліктері бар.

1. Өнімділіктің төмендігі. Өндіріс процесінің баяулығы, жұмыс уақытының шектеулігі кндірісті шектейді

2. Сапаның сай келмеуі. Қолдан жасалған өнімдер адамдардың өнірістегі біліктілігіне сай түрлі өзгешеліктері мен өзгерістері болуы мүмкін, сондықтан сапа сәйкестігі төмен болады.

3. Жұмысшы күштеріне тәуелділігі және көрінбейтін шығындар. Өндірісте жұмысшылар санының аздығы, олардың жұмыс барысында шаршауы, тамақтану мен табиғи қажеттілік уақыттары тиімділікке кері әсерін тигізу мүмкін және шикізаттарды араластыру мен өңдеу істерінде дәлдікті сақтау қиындығынан материал шығыны артады

4. Жұмысшылардың денсаулығы мен қауіпсіздігі. Жұмысшылардың шаңда, зиян қоспалардың ортасында, ыстық цехтардың ішінде жүруі және ауыр салмақты материалдарды көтеруі жұмысшылардың денсаулығы мен қауіпсіздігіне кепіл бермейді.

5. Процесті басқарудағы қиыншылықтар. Өндіріс кезеңдерінде температура, ылғалдылық және кептіру уақытының бірқалыптылығын сақтау қиындығы өнім сапасын төмендету мүмкін.

6. Өнімнің саны мен сапасы туралы деректердің дәл болмауы. Өндірісті қолмен басқару өнімділікті талдауда, саны мен сапасы жөнінде нақты ақпарат болмайды және әр кезең процестеріндегі қателіктер мен кемшіліктерді бақылап оларды жоюға деген жұмыстың қиындығы болады

Кірпіш өндірісі автоматтандыру жүйесіне қарағанда қолмен басқарған оңай, әрі бастауы аз шығынды талап етеді, бірақ белгілі уақыт аралығын есептегенде өнімнің саны мен сапасының төмендігі жағынан тиімсіз. Өндірісті автоматтандыру жүйесіне көшіру өнімнің жалпы саны мен сапасының арттыруына ықпал етеді және өндірістің қауіпсіздігі мен ыңғайлылығын қамтамасыз етеді (Dhali, 2025).

Автоматтандырылған кірпіш өндірісіндегі жасанды интеллект ақауларын анықтау алгоритмдері. Автоматтандырылған кірпіш өндірісінің реттілік кезеңдерінде болған ақаулар мен кемшілік орындарын сенсорлық деректер мен машиналық оқыту жүйелерін қолданып тез табу үшін жасанды интеллект алгоритмдері процессте негізгі қызмет атқарады. AS-IS моделі (қазіргі жағыдайда) - кірпішті өндіру процесінің қазіргі кезде болып жатқан жағдайын көрсетеді, автоматтандыру немесе оңтайландыру әдістерін енгізгенге дейін өндірістік әрекеттердің іс жүзінде қалай орындалатынын сипаттау жүйесі (Cumbajin, 2023). Бұл модель қолданыстағы жұмыс процестерін жан-жақты

түсінуге мүмкіндік бреді және жүйедегі тиімсіздіктерді, кедергілерді және өзгергіштік көздерін анықтауға негіз болады. пҚазіргі өндірістік ортада процесс шикізатты дайындаудан, материалды тасымалдаудан, қалыптаудан, кептіруден, күйдіруден және соңғы өнімді өңдеуден тұратын тізбекті құрылымды ұстанады (Сumbajin, 2023). Бұл кезеңдер негізінен колмен немесе жартылай автоматтандырылған операциялар арқылы орындалады, олардың арасындағы интеграция мен үйлестіру шектеулі болып келеді.

Кесте 1— жасанды интеллект әдістерінің кірпіштің ақауларын анықтаудағы ғылыми зерттеу жұмыстарына шолу.

Автор-лар	Санаттары	Әдіс Алгоритм	Сипаттама	Артықшылықтары	Шектеулер
Zhou, 2025	CNN негізіндегі әдістер	CNN	Кірпіш суреттерін жарықтарға, деформацияларға, беткі ақауларға талдау	Жоғары дәлдік, нақты уақыт режимінде анықтау	Үлкен белгіленген деректер жиынтығын қажет етеді
Karimi, 2025	Кескінді өңдеу + жасанды интеллект	Computer vision	Жарылған жерлерді, сегменттердің ақауларын, жарылғаннан соңғы пішінді анықтайды	Жақсырақ мүмкіндіктерді алу	Жарықтандыру жағдайларына сезімтал
Nazir, 2020	Классикалық ML	SVM, Random Forest, KNN	Кірпіштерді ақаулы немесе ақаусыз деп жіктейді	Қарапайым іске асыру	Терең оқытуға қарағанда дәлдігі төмен
Ji, 2021	Нысанды анықтау	YOLO, R-CNN, SSD	Суреттердегі ақауларды анықтайды және локализациялайды	Жылдам анықтау (YOLO), дәл локализация	Есептеу құны жоғары
Salman, 2025	Аномалияны анықтау	Autocoder, GAN	Бақыланатын/ жартылай бақылаулы оқытуды қолдана отырып, ауытқуларды анықтайды	Шектеулі белгіленген деректермен жұмыс істейді	Күрделі оқыту процесі
Şermet, 2024	Сенсорға негізделген жасанды интеллект	IoT+ жасанды интеллект	Температураны, дірілді, ылғалдылықты бақылайды	Нақты уақыт режимінде бақылау	Қосымша жабдықты қажет етеді

Katsi-giannis, 2025	Шешім қабылдау жүйелері	Автомат-тандырылған жүйелер	Ақаулы кірпіштерді алып тастайды, параметрлерді реттейді	Адамның араласуын азайтады	Жүйелік интеграцияның күрделілігі
Krishnan, 2025	Болжамдық аналитика	Болжау модельдері	Ақауларды болжайды және өндірісті оңтайландырады	Тиімділікті жақсартады	Тарихи деректер қажет
Çavuş, 2025	Артықшылықтары	-	Жоғары жылдамдық, дәлдік, автоматтандыру	Адамның қателігін азайтады	-
(Cumbajin, 2023	Қиындықтар	-	Үлкен деректер жиынтығы, құны, жарықтандыруға тәуелділік	-	Іске асырудың күрделілігі

Процесті модельдеу тұрғысынан ағымдағы жұмыс процесін бизнес-процестің моделі мен нотациясын (BPMN) пайдаланып көрсетуге болады, мұнда әрбір кезең сапа мәселелерінен туындайтын кейде кері байланыс циклдарымен сызықтық тізбекте байланысты. Процесс ішіндегі шешім қабылдау көбінесе автоматтандырылған жүйелерге емес, адам операторларына байланысты, бұл орындауда сәйкессіздіктерді тудырады.

Мысалы ретінде алатын болсақ, кептіруден немесе күйдіруден кейін анықталған ақауы бар өнімдер қайта өңдеуді қажет етуі мүмкін, бұл қосымша кідірістерге және ресурстарды пайдаланудың артуына әкелетіні байқалды.

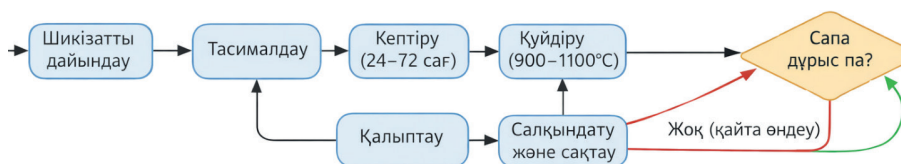
AS-IS процесінің уақыттық талдауы өндірістің әртүрлі кезеңдерінде айтарлықтай өзгергіштікті көрсетеді. Шикізатты дайындау және қалыптау әдетте салыстырмалы түрде қысқа мерзімді қажет етеді, ал кептіру және күйдіру айтарлықтай көп уақытты алады, көбінесе қоршаған орта жағдайлары мен пайдалану тәжірибесімен байланысты бірнеше сағаттан бірнеше күнге дейін созылады. Бұл кезеңдер өндіріс циклінде негізгі кедергілер болып табылады, жалпы өнімділікті шектейді (Krishnan, 2025). Сонымен қатар, кезеңдер арасында қолмен өңдеу қосымша кідірістерге әкеледі және процестің тиімділігін төмендетеді. Өндірісті автопаттандыру зерттеулерінде атап өтілгендей, өңдеу уақытының өзгергіштігі қолмен жасалатын операциялармен және өндіріс кезеңдерінің арасындағы синхрондаудың болмауымен тығыз байланысты, бұл жалпы жүйенің жұмысына кері әсер етеді.

Зерттеу әдістемесі. Ғылыми зерттеу жұмысында зерттеліп жатқан процесстерді егжей-тегжейлі талдау бірнеше маңызды мәселелерді көрсетеді.

Негізгі мәселелердің бірі - операторға тәуелді әрекеттерден туындаған жоғары процестің өзгергіштігі, бұл өндіріс уақытына да, өнім сапасына да

әсер етеді. Бір жерге орталықтандырылған басқарылатын жүйенің болмауы әртүрлі кезеңдер арасындағы нашар орындалатын интеграцияға әкеледі, бұл істі жүргізу барысындағы тиімсіздікке және үйлестірудің болмауына әкеліп соғады.

Сонымен қатар, кептіру және күйдіру кезеңдері ұзақ өңдеу уақыты кезеңінде және қоршаған ортадағы жағдайларға сезімталдығына байланысты айтарлықтай кегдергілерді де тудырады. Өнімнің сапасын бақылау да шектеуге әкеледі (Сурет 1), себебі тексеру процедуралары көбінесе қолмен орындалады, бұл адами қателіктер мен сәйкессіз бағалау ықтималдығын арттырады. Сондай – ақ, кептіру және күйдіру кезінде энергия тұтыну оңтайлы басқарылмайды, бұл пайдалану шығындарының артуына әкеледі.

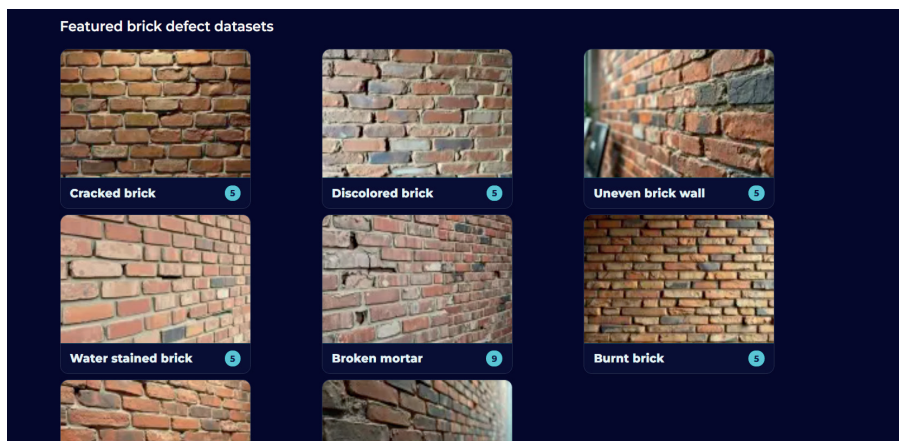


Сурет 1 — Кірпіш өндіріу процесі және сапаны тексеру процесінің жұмыс процесі

Тағы бір маңызды мәселе - жұмыс орнының қауіпсіздігі, себебі жоғары температуралы ортада қолмен жұмыс істеу жұмысшыларды ықтимал қауіптерге ұшыратады. Автоматтандыру саласындағы зерттеулер мұндай жағдайларда адамның қатысуын азайту қауіпсіздік пен пайдалану сенімділігін айтарлықтай жақсарты алатынын атап көрсетеді.

1. Деректер қоры

Бұл зерттеуде кірпіш өнімдеріндегі ақауларды автоматтандырылған түрде анықтау үшін <https://images.cv/category/brick-defect> платформасынан алынған ашық бастапқы кодты деректер жиынтығы пайдаланылды.



Сурет 2 — санаттарға бөлінген кірпіш ақаулары бар деректер жинағы

Деректер жиынтығы компьютерлік көру қолданбалары үшін арнайы жасалған және кірпіш материалдарында байқалған әртүрлі беттік ақауларды бейнелейтін әртүрлі кескіндер жиынтығынан тұрады. Бұл кескіндер жарықтар, жиектердің зақымдануы, беттік кедір-бұдырлар және басқа да құрылымдық ауытқулар сияқты әртүрлі ақау үлгілерін, сондай-ақ анықтамалық деректер ретінде пайдаланылатын ақаусыз үлгілерді көрсетеді.

Ақаулы және ақаусыз үлгілердің қолжетімділігі жіктеу, анықтау және сапаны бағалау тапсырмалары үшін машиналық оқыту модельдерін әзірлеуге және бағалауға мүмкіндік береді. Деректер жиынтығының құрылымы және оған сәйкес ақау санаттары Кесте 2- де қорытындыланған.

Кесте 2 — Кірпіш ақаулары бар деректер қорының жиынтығы

№	Категория атауы	Сипаттамасы	Ақау түрі	Машиналық оқытудағы рөлі
1	Crack (Жарық)	Кірпіш бетінде пайда болатын сызықтық немесе терең жарықтар	Құрылымдық ақау	Негізгі класс, defect detection үшін маңызды
2	Broken edges (Сынған бұрыштар)	Кірпіштің шеттері мен бұрыштарының сынуы	Механикалық зақым	Classification және detection үшін
3	Surface defects (Беткі ақаулар)	Дақтар, түс өзгеруі, қабыршақтану	Визуалды ақау	Image classification үшін қолданылады
4	Deformation (Деформация)	Кірпіш формасының өзгеруі, қисайуы	Геометриялық ақау	Shape analysis және detection
5	Porosity / Internal defects (Ішкі ақаулар)	Кеуектілік немесе ішкі құрылым бұзылыстары	Жасырын ақау	Advanced ML модельдерінде
6	Normal (Ақаусыз)	Сапалы, стандартқа сай кірпіш	Ақау жоқ	Базалық класс (baseline)

Сонымен қатар, деректер жиынтығы ұсынылған модельдердің жалпылау мүмкіндігін арттыратын өндірістік жағдайларды нақты түрде көрсетеді.

2. Кірпіш ақауларын CNN арқылы анықтау

Ұсынылып отырғанғылыми зерттеуде кірпіш кескіндеріндегі ақауларды автоматтандырылған түрде анықтау үшін конволюциялық нейрондық желіге (CNN) негізделген тәсіл қолданылды. Ұсынылған модель деректерді алдын ала өңдеуден, ерекшеліктерді алудан, модельді оқытудан және бағалау кезеңдерінен тұрады.

а) мәліметтер қорын дайындау кезеңі:

Деректер қорындағы барлық кескіндердің өлшемі $H \times W$ бекітілген өлшемге өзгертілді және $[0,1]$ диапазонына дейін қалыпқа келтірілді:

$$x' = \frac{x}{255} \quad (1)$$

мұндағы x бастапқы пиксель мәнін, ал x' - қалыпқа келтірілген мән.

Кіріс деректегі кескіндер 8 биттік форматта ұсынылғандықтан, пиксель

қарқындылығының мәндері 0-ден 255-ке дейін болады. Сондықтан, нормалау пиксель мәндерін 255-ке бөлу арқылы $[0,1]$ диапазонына дейін масштабтау арқылы орындалады. Жалпылауды жақсарту үшін деректерді көбейту әдістері, мысалы, айналдыру, аудару және масштабтау қолданылды.

b) *Конволюциялық нейрондық желі CNN*

CNN моделі бірнеше конволюциялық қабаттардан, пулдық қабаттардан және толығымен байланысты қабаттардан тұрады. Конволюция операциясы келесідей анықталады:

$$y(i, j) = \sum_m \sum_n x(i + m, j + n) * w(m, n) + b \quad (2)$$

мұнда:

x — кіріс кескіні;

w — конволюция ядросы;

b — ығысу;

$y(i, j)$ — шығыс функциясының картасы;

Активация ReLU функциясын пайдаланып қолданылады:

$$f(x) = \max(0, x) \quad (3)$$

Пулдеу кеңістіктік өлшемдерді азайту үшін қолданылады:

$$y = \max(x) \quad (4)$$

c) *Fully connected layer және классификация*

Функцияларды шығарғаннан кейін тегістеу мүмкіндік карталары толығымен қосылған қабаттарға беріледі. Соңғы жіктеу Softmax функциясы арқылы орындалады:

$$L = - \sum_{i=1}^n y_i \log(\widehat{y}_i) \quad (5)$$

y_i — шынайы белгі

\widehat{y}_i — болжамды белгі

d) *Оңтайландыру*

Модель параметрлері Adam оптимизаторы арқылы оңтайландырылған:

$$\theta = \theta - \alpha \nabla l(\theta) \quad (6)$$

Мұндағы:

θ — моделдің параметрлері

α — оқу бағамы

Бұл кедергілер тиімділікті төмендетеді, өндіріс уақытын жоғарылатады және өнім сапасына кері әсер етеді, осылайша процесті оңтайландыру және төменде ұсынатын ТО-ВЕ (автоматтандыру процессі) моделінде автоматтандырылған шешімдерді енгізу қажеттілігін көрсетеді.

е) *Ұсынылған модельдің дәлдігін тексеру*

Алгоритмдерді бағалау үшін ең жиі қолданылатын көрсеткіштер:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (7)$$

Дәлдік (Precision): Дәлдік - шынайы оң нәтижелердің (TP) болжамды оң нәтижелердің жалпы санына қатынасы, оған шынайы оң нәтижелер (TP) және жалған оң нәтижелер (FP) кіреді. Бұл модель оң деп жіктеген нысандардың қаншасы шын мәнінде оң нәтиже беретінін көрсетеді. Дәлдік жалған оң нәтижелер қымбат немесе жағымсыз болған сценарийлерде маңызды.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (8)$$

Еске түсіру (Recall): Еске түсіру - бұл шынайы оң нәтижелердің (TP) шынайы оң нәтижелердің жалпы санына қатынасы, оған шынайы оң нәтижелер (TP) және жалған теріс нәтижелер (FN) кіреді. Ол модельдің деректер жиынындағы барлық тиісті жағдайларды дұрыс анықтау мүмкіндігін өлшейді. Еске түсіру әсіресе медициналық диагностика сияқты жалған теріс нәтижелер маңыздырақ болатын жағдайларда маңызды.

$$F1 = \frac{2 \textit{precision} * \textit{recall}}{\textit{precision} + \textit{recall}} \quad (9)$$

F1 ұпайы: F1 ұпайы дәлдік пен еске түсірудің гармоникалық орташасы болып табылады, бұл екеуінің арасында теңгерімді өлшемді қамтамасыз етеді. Бұл әсіресе дәлдік пен еске түсіруді теңестіру қажет болған кезде пайдалы және көбінесе сыныптың таралуы теңгерімсіз болған кезде қолданылады.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FN + TN + FP} \quad (10)$$

Дәлдік көрсеткіші (Accuracy). - бұл дұрыс болжанған жағдайлардың (шынайы оң және шынайы теріс) деректер жиынындағы жағдайлардың жалпы санына қатынасы. Дәлдікті түсіну оңай болғанымен, теріс мысалдардың саны оң мысалдардан әлдеқайда көп болатын теңгерімсіз деректер жиынтықтарында ол жаңылыстыруы мүмкін.

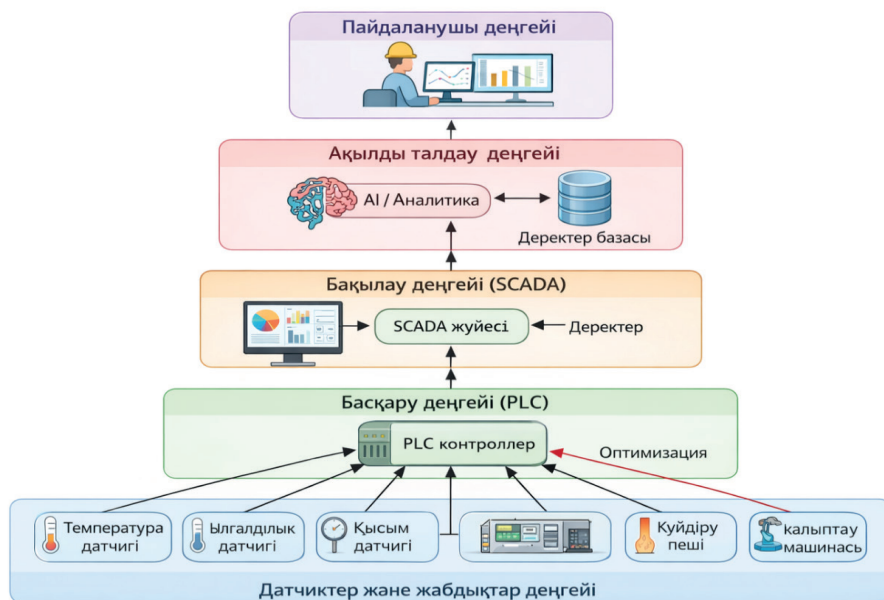
AS-IS моделі (қазіргі жағыдайда) қазіргі кірпіш өндірісі процесі - процестің өзгергіштігімен және өндіріс кезеңдерінде интеграцияның жеткіліксіздігімен сипатталатынын көрсетеді.

TO-BE моделі (автоматтандыру процесі). TO-BE (автоматтандыру процесі) моделінде қазіргі AS-IS моделінде анықталған шектеулерді еңсеру үшін әзірленген кірпіш өндіру процесінің оңтайландырылған және автоматтандырылған нұсқасын білдіреді. Бұл модель өндіріс тиімділігін арттыруға, процестердің өзгермелілігін азайтуға, өнім сапасын арттыруға және заманауи автоматтандыру технологияларын біріктіру арқылы қауіпсіз және сенімді жұмыс жағдайларын қамтамасыз етуге бағытталған.

Жақсартылған процесте шикізатты дайындаудың бастапқы кезеңі материал құрамын, бөлшектердің мөлшерінр бөлуді және ылғалдылықты реттейтін датчиктермен жабдықталған автоматтандырылған жүйелерді қолдану арқылы орындалады. Бұл дәйекті және біртекті қоспаны қамтамасыз етеді, әдетте қолмен өңдеуден туындайтын өзгермелілікті айтарлықтай азайтады. Қалыптаудың келесі кезеңі кірпіштің пішіні мен өлшемдерін дәл бақылауға мүмкіндік беретін бағдарламаланатын қалыптау жабдығы арқылы жүзеге асырылады, осылайша өнімнің біркелкілігін жақсартады және ақауларды азайтады.

Кептіру кезеңі температура мен ылғалдылық үздіксіз бақыланатын және автоматты түрде реттелетін бақыланатын кептіру камераларын енгізу арқылы жақсартады. Бұл бұзылу немесе деформация сияқты құрылымдық ақауларды болдырмай, ылғалды бірте-бірте және біркелкі кетіруге мүмкіндік береді. Күйдіру кезеңі алдын ала анықталған температура профильдері мен сенсорлардан кері байланыс негізінде жұмыс істейтін, тұрақты термиялық өңдеуді және жақсартылған энергия тиімділігін қамтамасыз ететін ақылды пеш жүйелері одан әрі оңтайландырылған. Мұндай автоматтандырылған басқару әсіресе жоғары температурадағы өнеркәсіптік процестерде өте маңызды, тіпті шамалы ауытқулар өнім сапасына айтарлықтай әсер етуі мүмкін.

Соңғы кезеңде дайын өнімді тексеру, сұрыптау және сақтау үшін автоматтандырылған өңдеу және сапаны бақылау жүйелері енгізіледі. Жетілдірілген зондтау технологиялары ақауларды нақты уақытта анықтауға мүмкіндік береді, сәйкес келмейтін өнімдерді автоматты түрде жоюға немесе қайта өңдеуге қайта бағыттауға мүмкіндік береді. Бұл қолмен тексеруге тәуелділікті айтарлықтай азайтады және өндіріс жүйесінің жалпы сенімділігін арттырады. Оған қоса, барлық кезеңдерді бірыңғай басқару жүйесіне біріктіру операцияларды синхрондауға, бос тұру уақытын қысқартуға және өткізу қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді.



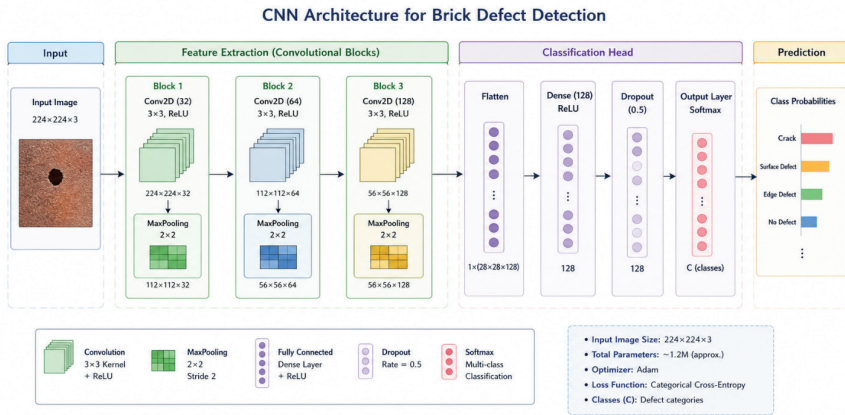
Сурет 3 — Ақылды автоматтандырылған кірпіш өндірісі жүйесінің архитектурасы

Дегенмен, TO-BE (автоматтандыру процесі) модерьрлі дәстүрлі кірпіш өндіру процесін деректерге негізделген және кірпіш өндіріс жүйесіне айналдырады. Автоматтандыруды енгізу операциялық тиімділік пен өнімнің тұрақтылығын жақсартып қана қоймайды, сонымен қатар қауіпті орталарға адамның қатысуын азайту арқылы энергия тұтынуды азайтады және жұмыс орнындағы қауіпсіздікті арттырады. Нәтижесінде ұсынылған модель кірпіш өндірісін жаңғырту және өнеркәсіптік көрсеткіштердің жоғары деңгейіне жету үшін тұрақты және ауқымдтты шешімді ұсынады.

Зерттеу нәтижесі. Бұл бөлімде ұсынылған CNN негізіндегі кірпіш ақауларын анықтау моделінен алынған эксперименттік нәтижелер ұсынылған. Модельдің өнімділігі дәлдік, дәлдік, еске түсіру және F1 ұпайын қоса алғанда, стандартты жіктеу көрсеткіштерін қолдана отырып бағаланды. Сонымен қатар, ұсынылған тәсілдің әртүрлі кірпіш бетінің ақауларын анықтаудағы тиімділігін бағалау үшін деректер жиынтығы мен модель архитектурасын визуалды талдау жүргізілді. Ұсынылған конволюциялық нейрондық желі ақаулы және ақаусыз кірпіш үлгілерін қамтитын белгіленген кірпіш ақаулары деректер жиынтығын пайдаланып оқытылды. Модель жарықтар, беткі зақымдану, жиек ақаулары және ақаусыз кірпіштер сияқты ақау санаттарын автоматты түрде анықтау үшін жасалған.

Эксперименттік нәтижелер ұсынылған модельдің барлық бағаланған санаттар бойынша жоғары жіктеу көрсеткіштеріне қол жеткізгенін көрсетеді. Модель кірпіш кескіндерінен маңызды визуалды ерекшеліктерді тиімді түрде алып, ақаулы үлгілерді қалыпты кескіндерден сәтті ажыратты. Сонымен

қатар, алынған нәтижелер кірпіш өндірісі ортасында автоматтандырылған сапаны тексеру үшін терең оқыту әдістерінің жарамдылығын растайды.



Сурет 4 — Кірпіш ақауларын анықтауға арналған конволюциялық нейрондық желі архитектурасы

Ұсынылған конволюционды нейрондық желі (CNN) архитектурасы кірпіш беттеріндегі ақауларды автоматты түрде анықтауға және жіктеуге арналған. Модель $224 \times 224 \times 3$ өлшеміндегі кіріс кескіндерін өңдейді және үш негізгі кезеңнен тұрады: мүмкіндікті алу, жіктеу және болжау.

Функцияларды шығару кезеңінде кіріс кескіннің иерархиялық көріністерін біртіндеп үйрену үшін үш дәйекті конволюционды блоктар қолданылады. Әрбір блокта 3×3 ядросы бар конволюциялық қабат, одан кейін түзетілген сызықтық бірлік (ReLU) белсендіру функциясы бар. Бірінші блок 32 мүмкіндік картасын шығарады, екіншісі 64-ке дейін, ал үшіншісі 128 мүмкіндік картасына дейін кеңейтеді. Әрбір конволюциялық қабат 2 қадаммен максимум 2×2 біріктіру операциясымен жалғасады, бұл ең сәйкес мүмкіндіктерді сақтай отырып, кеңістік өлшемдерін азайтады. Бұл иерархиялық құрылым модельге төмен деңгейлі үлгілерді (мысалы, жиектер мен текстуралар) және ақаулармен байланысты жоғары деңгейлі семантикалық мүмкіндіктерді түсіруге мүмкіндік береді.

Алынған мүмкіндік карталары содан кейін жіктеу басына беріледі, онда олар бір өлшемді векторға тегістеледі. 128 нейроны бар толық қосылған (тығыз) қабат және ReLU белсендіру күрделі мүмкіндіктердің өзара әрекеттесуін үйрену үшін қолданылады. Шамадан тыс орнатуды азайту және жалпылауды жақсарту үшін 0,5 жылдамдығымен түсіру қабаты енгізіледі. Соңында, шығыс қабаты мақсатты сыныптар бойынша ықтималдық үлестірімдерін жасау үшін Softmax белсендіру функциясын пайдаланады.

Болжау сатысында үлгі алдын ала анықталған ақау санаттарына сәйкес келетін сынып ықтималдықтарын шығарады, соның ішінде Crack, Surface

Defect, Edge Defect және No Defect. Соңғы болжам ретінде ең жоғары ықтималдығы бар сынып таңдалады.

Модель Adam оптимизаторы және категориялық кросс-энтропия жоғалту функциясы арқылы оқытылады. Параметрлердің жалпы саны шамамен 1,2 миллионды құрайды, бұл модель күрделілігі мен есептеу тиімділігі арасындағы теңгерімді қамтамасыз етеді.

Тұтастай алғанда, бұл архитектура нақты әлем сценарийлерінде кірпіш қауаларын дәл және сенімді анықтауға мүмкіндік беретін сенімді жіктеу механизмімен конвульсиялық мүмкіндіктерді шығаруды тиімді біріктіреді.

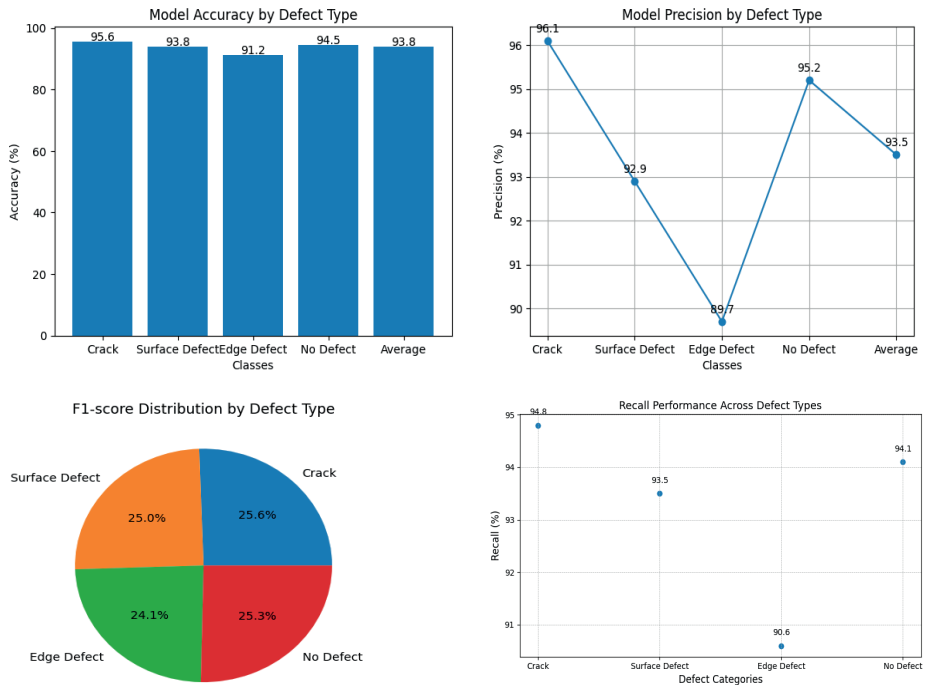
Ұсынылған үлгінің өнімділігін бағалау. Ұсынылған CNN негізіндегі модельдің өнімділігі төрт қауа категориясы бойынша дәлдік, дәлдік, еске түсіру және F1 ұпайын қоса алғанда стандартты жіктеу метрикасын пайдалана отырып бағаланды: Жарық, бет қауы, жиек қауы және қауа жоқ.

Кесте 3 — ұсынылған модель өнімділігі

Metric	Crack	Surface Defect	Edge Defect	No Defect	Average
Accuracy (%)	95.6	93.8	91.2	94.5	93.8
Precision (%)	96.1	92.9	89.7	95.2	93.5
Recall (%)	94.8	93.5	90.6	94.1	93.2
F1-score (%)	95.4	93.2	90.1	94.6	93.3

Кестеде келтірілген нәтижелерге сәйкес модель барлық санаттар бойынша тұрақты жоғары өнімділікті көрсетеді. Ең жоғары дәлдікке (95,6%) Crack сыныбына қол жеткізілді, бұл модельдің көрнекті құрылымдық қауаларды тиімді анықтайтынын көрсетеді. Сол сияқты, No Defect класы да жақсы өнімділікті (94,5%) көрсетеді, бұл модельдің ақаусыз үлгілерді дұрыс анықтау мүмкіндігін растайды. Дегенмен, Edge Defect класы үшін (91,2%) сәл төмен дәлдік байқалады, бұл бұл санаттың нәзік функциялардың вариацияларына байланысты салыстырмалы түрде қиынырақ екенін көрсетеді. Дәлдік мәндері модельдің болжаудағы сенімділігін одан әрі көрсетеді. Ең жоғары дәлдік Crack үшін алынған (96,1%), бұл класс үшін төмен жалған оң көрсеткішті көрсетеді. Керісінше, Edge Defect сыныбы ең төменгі дәлдікті (89,7%) көрсетеді, бұл басқа қауа түрлерімен кездейсоқ қате жіктелуді білдіреді.

Ескерту мәндері модельдің нақты қауаларды анықтаудағы сезімталдығын көрсетеді. Модель барлық сыныптар бойынша күшті еске түсіруге қол жеткізеді, Crack үшін ең жоғары мән (94,8%). Edge Defect (90,6%) үшін салыстырмалы түрде төменірек еске түсіру осы санаттағы кейбір қауа даналарының толық түсірілмеуі мүмкін екенін көрсетеді. Дәлдік пен еске түсіруді теңестіретін F1 ұпайы модельдің жалпы беріктігін растайды. Crack сыныбы қайтадан ең жоғары F1 ұпайына қол жеткізеді (95,4%), ал Edge Defect ең төменгі көрсеткішті (90,1%) жазады. Осыған қарамастан, барлық F1 ұпайлары тұрақты және сенімді өнімділікті көрсете отырып, 90% жоғары болып қалады.



Сурет 5 — Ұсынылған үлгінің өнімділігін салыстыру

Суретте ұсынылған үлгінің төрт ақау категориясы бойынша салыстырмалы өнімділігі көрсетілген: Жарық, бет ақауы, жиек ақауы және ақау жоқ, төрт бағалау метрикасы — дәлдік, дәлдік, еске түсіру және F1 ұпайы қолданылады.

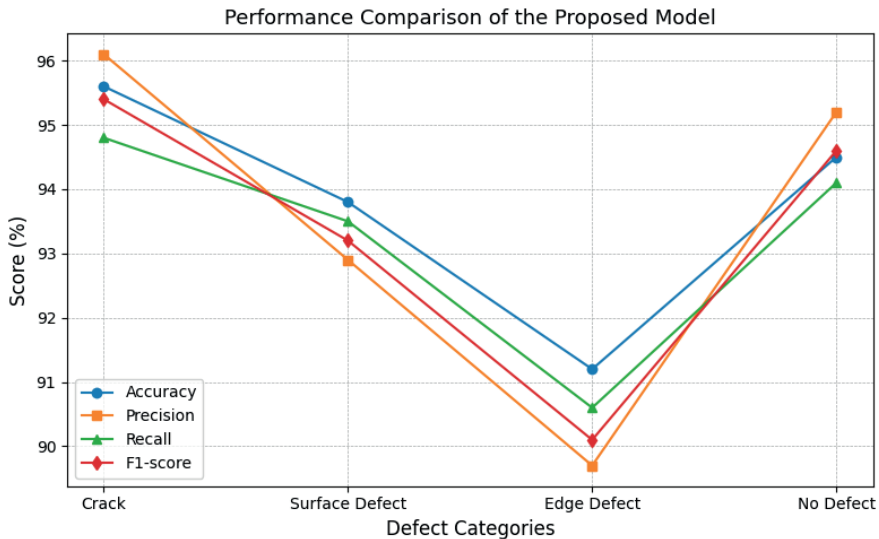
Жалпы алғанда, үлгі барлық санаттар бойынша дәйекті түрде жоғары өнімділікті көрсетеді, барлық метрикалық мәндер 89%-дан асады, бұл күшті жіктеу мүмкіндігін көрсетеді. Ең жақсы өнімділік Crack класында байқалады, мұнда дәлдік ең жоғары мәнге (96,1%) жетеді, одан кейін дәлдік (95,6%), F1 ұпайы (95,4%) және қайта шақыру (94,8%) болады. Бұл модель ең аз жалған позитивті және жалған теріс мәндері бар жарықшақпен байланысты ақауларды анықтауда жоғары тиімді екенін көрсетеді.

Беттік ақау санаты үшін барлық көрсеткіштер салыстырмалы түрде тұрақты болып қалады, шамамен 92,9% және 93,8% аралығында. Бұл Crack класынан сәл төмен болса да, теңдестірілген өнімділікті көрсетеді, мүмкін күрделі беттік вариацияларға байланысты.

Edge ақау классы барлық санаттар арасында ең төмен өнімділікті көрсетеді, дәлдік 89,7%-ға және F1 ұпайы 90,1%-ға дейін төмендейді. Сол сияқты, еске түсіру (90,6%) және дәлдік (91,2%) салыстырмалы түрде төмен. Бұл тенденция шеткі ақауларды, мүмкін, нәзік немесе анық емес сипаттамалардың себебінен ажырату қиынырақ екенін көрсетеді.

Керісінше, «Ақау жоқ» санаты өнімділіктің күшті қалпына келуін көрсетеді,

дәлдік (95,2%), F1 ұпайы (94,6%), дәлдік (94,5%) және қайта шақыру (94,1%) жоғары деңгейлерге оралады. Бұл модель ақаулы және ақаусыз үлгілерді тиімді ажырататынын көрсетеді.



Сурет 6 — Ұсынылған CNN моделінің ақау санаттары бойынша өнімділігін салыстыру

Графикалық тенденциялар барлық көрсеткіштер бойынша Edge ақауы санаты үшін өнімділіктің айтарлықтай төмендеуін көрсетеді, содан кейін ақау жоқ сыныбы үшін айтарлықтай өсу. Төрт метрикалық қисықтың санаттар бойынша салыстырмалы жақын туралануы үлгінің дәлдік пен еске түсіру арасындағы жақсы тепе-теңдікті сақтайтынын көрсетеді, нәтижесінде тұрақты F1 ұпайлары алынады.

Талқылау. Эксперимент нәтижелері ұсынылған CNN негізіндегі модель барлық ақаулар санаттарында күшті және дәйекті өнімділікке қол жеткізетінін көрсетеді. Дәлдік, дәлдік, еске түсіру және F1 баллының жоғары мәндері (барлығы 90%-дан жоғары) модельдің кірпіш ақауларын автоматтандырылған анықтау үшін сенімді және берік екенін көрсетеді. Нәтижелердегі негізгі бақылау барлық бағалау көрсеткіштері ең жоғары мәндерге жететін Crack ақауларын анықтаудағы жоғары өнімділік болып табылады. Бұны сызаттардың айқын көрнекі сипаттамаларына жатқызуға болады, мысалы, өткір жиектер және анық құрылымдық үзілістер, олар ерекшеліктерді алу кезінде конволюционды қабаттармен тиімді түрде түсіріледі. Нәтижесінде, модель басқа беттік текстуралардан жарықтар үлгілерін оңай ажырата алады.

Модель сонымен қатар ақаусыз кірпіштерді дұрыс жіктеу қабілетін көрсете отырып, ақаусыз үлгілерді анықтауда жақсы жұмыс істейді. Бұл нақты әлемдегі қолданбаларда өте маңызды, өйткені жалған позитивтерді азайту бұзылмаған материалдардың қате қабылданбауын қамтамасыз етеді.

Керісінше, Edge Defect санатында байқалған салыстырмалы түрде төмен өнімділік бұл сыныптың күрделірек болып қала беретінін көрсетеді. Жиірек ақаулары көбінесе басқа ақау түрлерінің ерекшеліктерімен немесе тіпті қалыпты текстуралармен қабаптасуы мүмкін нәзік немесе тұрақты емес үлгілерді көрсетеді. Бұл анық еместік қате жіктеуге әкелуі мүмкін, әсіресе дәлдік пен F1 ұпайына әсер етеді. Сол сияқты, беттік ақаулардың нәтижелері тұрақты болып қалса да, олар Crack нәтижелерінен сәл төмен, бұл беттік деңгейдегі бұзушылықтарды айырудың орташа күрделілігін көрсетеді.

Жалпы жоғары өнімділікке қарамастан, бірнеше шектеулерді атап өту керек. Біріншіден, деректер жиынтығының өлшемі мен әртүрлілігі модельдің жалпылау қабілетіне әсер етуі мүмкін. Екіншіден, ерекшеленбейтін белгілері бар кейбір ақау түрлері неғұрлым жетілдірілген мүмкіндіктерді шығару әдістерін қажет етуі мүмкін. Деректерді көбейту, назар аудару механизмдері немесе тереңірек архитектуралар сияқты әдістерді қосу өнімділікті одан әрі жақсартуы мүмкін.

Қорытынды. Ұсынылған зерттеу жұмысында кірпіш ақауларын автоматтандырылған түрде анықтау және сапаны тексеру үшін CNN негізіндегі терең оқыту моделін ұсынды. Өзірленген жүйе кескінге негізделген талдауды қолдана отырып, жарықтар, беткі ақаулар, жиек ақаулары және ақаусыз үлгілер сияқты әртүрлі ақау санаттарын сәтті анықтады.

Эксперименттік нәтижелер барлық санаттар бойынша дәлдік, дәлдік, еске түсіру және F1 ұпай мәндері 90%-дан асатын жоғары жіктеу өнімділігін көрсетті. Зерттеу нәтижелері терең оқыту әдістерінің өнеркәсіптік сапаны бақылау жүйелерінің дәлдігі мен сенімділігін тиімді түрде жақсартуға алатынын растайды.

Сонымен қатар, жасанды интеллект пен автоматтандыру технологияларының интеграциясы қолмен тексеру жұмыстарын азайтып, адами қателіктерді азайтып, ақылды өндіріс процестерін қолдай алады. Жалпы алғанда, ұсынылған тәсіл автоматтандырылған кірпіш өндірісінде және ақылды өнеркәсіптік мониторинг жүйелерінде практикалық қолдану аясын кеңейтеді.

References

Beskopylny A.N., Shcherban' E.M., Stel'makh S.A., Mailyan L.R., Meskhi B., Razveeva I., ... & Onore G. (2023) Discovery and classification of defects on facing brick specimens using a convolutional neural network. *Applied Sciences*, — №19. — P. 693 – 708 DOI: <https://doi.org/10.3390/app13095413> (in Eng.).

Wang N., Zhao X., Zhao P., Zhang Y., Zou Z., & Ou J. (2019) Automatic damage detection of historic masonry buildings based on mobile deep learning. *Automation in Construction*, — № 103. — P. 53-66 DOI: [10.1016/j.autcon.2019.03.003](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.003) (in Eng.).

Kataev M.Y., & Bulysheva L.A. (2025) Computer vision-based automated defect detection in ceramic bricks. *Systems Research and Behavioral Science*, — № 42(4). — P.1131-1141 DOI: <https://doi.org/10.1002/sres.3040> (in Eng.).

Dhali S., Islam M.H., Barmon S., & Ghosh A. (2023, December) An automatic brick grading system using convolutional neural network: Bangladesh perspective. In *International Conference on*

Advanced Computing and Intelligent Technologies Singapore: Springer Nature Singapore. — P. 135-150 DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-97-1961-7_9 (in Eng.).

Cumbajin E., Rodrigues N., Costa P., Miragaia R., Frazão, L., Costa, N., ... & Pereira, A. (2023). A real-time automated defect detection system for ceramic pieces manufacturing process based on computer vision with deep learning. *Sensors*, — № 24(1). — P. 232-245 DOI: <https://doi.org/10.3390/s24010232> (in Eng.).

Cumbajin E., Rodrigues N., Costa P., Miragaia R., Frazão L., Costa N., ... & Pereira A. (2023) A systematic review on deep learning with CNNs applied to surface defect detection. *Journal of Imaging*, — № 9(10). — P. 193-219 DOI: <https://doi.org/10.3390/jimaging9100193> (in Eng.).

Zhou X., & Tiong R.L.K. (2025) Defects inspection system for building facades using drones and deep learning method. *Expert Systems with Applications*. — P. 129 145 DOI: 10.1016/j.eswa.2025.129715 (in Eng.).

Karimi N., Mishra M., & Lourenço P.B. (2025) Automated surface crack detection in historical constructions with various materials using deep learning-based YOLO network. *International Journal of Architectural Heritage*, — № 19(5). — P.581-597 DOI: <https://doi.org/10.1080/15583058.2024.2376177> (in Eng.).

Nazir U., Mian U.K., Sohail M.U., Taj M., & Uppal M. (2020) Kiln-net: A gated neural network for detection of brick kilns in South Asia. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, — №13. — P. 3251-3262 (in Eng.).

Ji A., Xue X., Dou Y., & Wang Y. (2021) Automatic detection of brick pavement defects using convolutional neural network. In *ICCREM 2021*. — P. 255-263 DOI: <https://doi.org/10.1061/9780784483848.029> (in Eng.).

Salman M. (2025, January) Computer Vision-based CNN Model Automated Defect Detection in Concrete Through Cellphone Camera. In *Conference: 2nd Olympiad in Engineering Science (OES 2025)* At: University of Stavanger, Oslo, Norway (in Eng.).

Şermet F., & Pacal I. (2024) Deep learning approaches for autonomous crack detection in concrete wall, brick deck and pavement. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, —№ 15(2). — P. 503-513 DOI: <https://doi.org/10.24012/dumf.1450640> (in Eng.).

Katsigiannis S., Seyedzadeh S., Agapiou A., & Ramzan N. (2023) Deep learning for crack detection on masonry façades using limited data and transfer learning. *Journal of Building Engineering*, — № 76. — P. 107 -115 DOI: 10.1016/j.jobe.2023.107105 (in Eng.).

Krishnan S.S.R., Karuppan M.N., Khadidos A.O., Khadidos A.O., Selvarajan S., Tandon S., & Balusamy B. (2025) Comparative analysis of deep learning models for crack detection in buildings. *Scientific Reports*, — №15(1). — P. 2125 -2146 DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-85983-3> (in Eng.).

Çavuş Ö., & Özkar M. (2025) Deep-Learning-Based Surface Crack Detection with a Mobile Robot for Preventive Conservation of Plastered Timber-Framed Historical Buildings. *International Journal of Architectural Heritage*. — P. 1-26 DOI: <https://doi.org/10.1080/15583058.2025.2595147> (in Eng.).

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). 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.

Requirements for articles design for publication in the journal are available on the websites:

**www.nauka-nanrk.kz
<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>
ISSN2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)**

Managing Editor: *A.Shormakova*
Editors: *D.S. Alenov, T. Apendiev*
Computer layout: *G.D. Zhadyranova*

Signed for print: June 15, 2026
Format: 70×90 1/16. 26.5 printed sheets. Order No. 2.