

Өндірістік кәсіпорындардағы ақауларды жіктеу және анықтау үшін инновациялық автоматтандырылған тәсілдер

МУХАМЕТЖАНОВА Бигуль Олжабаевна, PhD, доцент м.а., b_olzhabaevna@mail.ru,
«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ, Сәтбаев көшесі, 2, Астана, Қазақстан.

Аңдатпа. Өнеркәсіптік кәсіпорындарда сапаны бақылаудың тиімділігін арттыру үшін жасанды интеллект технологияларын қолдануды қарастырады. Мақалада өнімдердегі ақауларды анықтау мен жіктеуді автоматтандыру үшін қолданылатын әдістер мен алгоритмдер талданады. Конволюциялық нейрондық желілерге (CNN) және қайталанатын нейрондық желілерге (RNN) ерекше назар аударылады, олар сәйкесінше бейнелер мен уақыт қатарларын өңдеуде айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізді. Енгізудің нақты мысалдары келтірілген жасанды интеллект (ЖИ) ақауларды анықтау дәлдігі мен жылдамдығының жақсарғанын көрсететін өндірістік процестерге. ЖИ қолдану тиімділігін бағалау ақауларды түзету және өнімнің сенімділігін арттыру шығындарының айтарлықтай төмендегенін көрсетті. Табысты жобаларды талдау ЖИ сапаны бақылау жүйелеріне біріктіру өндірістік процестерді оңтайландыруға және экономикалық нәтижелерді жақсартуға әкелетінін көрсетті. Мақалада сапаны бақылау және енгізу бойынша практикалық ұсыныстар, сондай-ақ болашақ зерттеулерге арналған бағыттар ұсынылған кемшіліктерді анықтауды және ақауларды анықтау контекстінде ЖИ технологияларын одан әрі дамыту перспективаларын қоса алғанда. Басылым өнеркәсіптік өндірісте тиімділік пен дәлдікті арттыруға ұмтылатын ЖИ жүйелерінің сапасын бақылау және дамыту мамандары үшін құнды ақпарат береді.

Кілт сөздер: жасанды интеллект, сапаны бақылау, ақаулар, ақауларды жіктеу, конволюциялық нейрондық желілер, қайталанатын нейрондық желілер, машиналық оқыту, бейнені өңдеу, өндіріс процестерін автоматтандыру, деректерді талдау, сапа көрсеткіштері, жасанды интеллект интеграциясы, нақты модельдер, өндіріс процестері.

Өнеркәсіптік өндірісте жасанды интеллект ақауларды анықтау және жіктеу процестерінде маңызды рөл атқарады. Бұл рөлді жасанды интеллект дәстүрлі сапаны бақылау әдістерін қалай түрлендіретінін және олардың тиімділігін арттыратынын көрсететін бірнеше негізгі аспектілер арқылы анықтауға болады.

Кіріспе. Жасанды интеллект ақауларды анықтау және жіктеу процестерін автоматтандыру және жақсарту үшін пайдаланылады, бұл өндіріс процестерінің жалпы тиімділігі мен сапасына айтарлықтай әсер етеді. Сапаны бақылаудың дәстүрлі әдістері көбінесе ақауларды анықтауды автоматтандыру үшін визуалды тексеруге немесе қарапайым өлшеу құралдарына негізделгенімен, бұл әдістер көп еңбекті қажет етеді және қателерге бейім болуы мүмкін. ЖИ әсіресе компьютерлік көру және машиналық оқыту технологиялары жоғары жылдамдық пен

дәлдікті қамтамасыз ете отырып, осы процесті автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Ақауларды жіктеу сапаны бақылау процесінің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады, өйткені ол ақау түрін және оның ауырлығын анықтауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде өнімді түзету немесе жою сияқты кейінгі әрекеттерге әсер етеді. Жасанды нейрондық желілер, соның ішінде конволюционды нейрондық желілер (CNN) визуалды деректер негізінде ақауларды жіктеу үшін қолданылады. Машиналық оқыту алгоритмдері сенсорлар мен анализаторлар сияқты әртүрлі көздерден жиналған ақаулық деректерді өңдеу үшін де қолданылады.

Инновациялық шешімдер: жаңа ЖИ алгоритмдері мен модельдерін әзірлеу және енгізу сапаны бақылау процесін жақсарту үшін жаңа мүмкіндіктер ашады, осылайша өнеркәсіптегі технологиялық прогреске ықпал етеді.

Кешенді енгізу: ЖИ тиімді енгізу бар жүйелерді бейімдеуді, қызметкерлерді оқытуды және басқа технологиялық шешімдермен интеграциялауды қамтитын кешенді тәсілді қажет етеді.

Зерттеу әдістері. Өнімнің сапасын бақылау үшін жасанды интеллектті қолданудағы заманауи жетістіктер автоматтандыру және өндірістік процестердің тиімділігін арттыру саласында айтарлықтай серпіліс болып табылады. Бұл саладағы маңызды жетістіктердің бірі – өнімді автоматтандырылған тексеруге және талдауға мүмкіндік беретін компьютерлік көруді пайдалану. Ажыратымдылығы жоғары камералармен және бейнені өңдеудің қуатты алгоритмдерімен жабдықталған заманауи жүйелер жарықтар, сызаттар немесе өлшемдік ауытқулар сияқты ең кішкентай ақауларды жоғары дәлдікпен анықтауға қабілетті. Бұл жүйелер ақаулардың әртүрлі түрлерін тиімді тануға және оларды қалыпты өнім өзгерістерінен ажыратуға мүмкіндік беретін үлкен көлемдегі деректердің көмегімен оқытылады. Терең оқыту сапаны бақылауға арналған ЖИ технологияларын дамытудағы келесі маңызды қадам болды. Конволюциялық нейрондық желілер (CNN) және басқа терең оқыту архитектуралары ақауларды жіктеудің дәлдігі мен жылдамдығын айтарлықтай жақсартты. Ақауларды болжау және олардың пайда болуын болжау үшін машиналық оқыту әдістерін пайдалану да маңызды серпіліс болып табылады.

Компьютерлік көруді, терең оқытуды, машиналық оқыту әдістерін және заманауи технологиялармен интеграцияны қолдану өнімнің сапасы мен өндірістік процестердің тиімділігін едәуір жақсартуға мүмкіндік береді, осы салада әрі қарай зерттеулер мен әзірлемелерге жаңа мүмкіндіктер ашады [2].

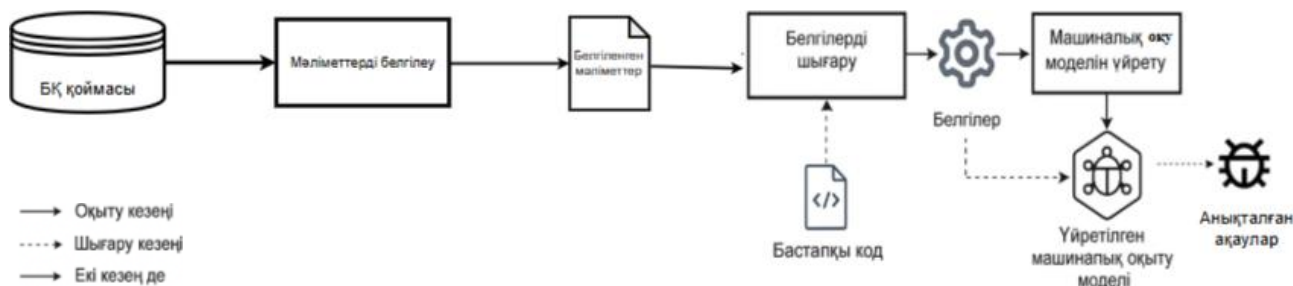
Өнеркәсіпте жасанды интеллектті пайдалану бойынша әдебиеттерге шолу бұл тәсілдің өндірістік процестердің әртүрлі аспектілерін өзгерту үшін айтарлықтай әлеуеті бар екенін көрсетеді. Өнеркәсіпте жасанды интеллект қолданудың негізгі бағыттарының бірі сапаны бақылау процестерін автоматтандыру болып табылады. Осы саладағы зерттеулер компьютерлік көру және терең оқыту әдістерін пайдаланатын ЖИ негізіндегі жүйелер дәстүрлі әдістермен салыстырғанда ақауларды анықтаудың жоғары дәлдігі мен жылдамдығын қамтамасыз ететінін көрсетеді. Мысалы, өнімнің бейнесін талдау үшін конволюционды нейрондық желілерді пайдалану сияқты зерттеулер олардың визуалды талдау негізінде жарықтар, деформациялар және ластану сияқты әртүрлі ақауларды тиімді анықтау қабілетін көрсетеді [3]. Бұл жүйелер деректердің үлкен көлеміне үйретілген және ақаулардың жаңа түр-

леріне бейімделе алады, бұл оларды сапаны бақылауда икемді және тиімді құралдарға айналдырады.

Өндірістік процестерді оңтайландыру үшін ЖИ қолдану да белсенді зерттеулердің тақырыбы болып табылады. Бұл басты назар ресурстарды жоспарлау және басқару, сондай-ақ логистика мен жеткізу тізбегін оңтайландыру үшін алгоритмдерді пайдалануға бағытталған. Зерттеулер көрсеткендей, ЖИ ресурстардың тиімділігін айтарлықтай жақсарта алады, сақтау және тасымалдау шығындарын азайтады және жалпы өнімділікті арттырады. Өндірістік жүйелерде оңтайландыру және жоспарлау алгоритмдерін қолданатын зерттеулер процесті үйлестірудің жақсарғанын және тапсырыстарды орындау уақытының қысқарғанын көрсетеді. Зерттеулер көрсеткендей, ЖИ басқа заманауи технологиялармен, мысалы, заттар интернеті (IoT) және үлкен деректермен біріктіру өндірістік процестерді бақылау және басқару үшін жаңа мүмкіндіктер жасайды. Конволюционды нейрондық желілер (CNN) мүмкіндіктерді шығару және бейне сапасын жақсарту үшін тиімді пайдаланылады, ал бейне талдау әдістері бейнебақылау жүйелерінде, автономды көліктерде және медицинада қолданбалары бар нысан қозғалысын қадағалауға және түсіндіруге мүмкіндік береді. Бұл әдістер шешім қабылдаудың дәлдігі мен тиімділігін арттыра отырып, деректерді талдаудың сапасын автоматтандырады және жақсартады.

ЖИ сапасын бақылау жүйелері мен құралдары өнімді тексеру мен сапаны қамтамасыз ету процестерін автоматтандыру және жақсарту үшін қолданылады. ЖИ құралдары сапаны жақсарту бойынша дер кезінде ескертулер мен ұсыныстар бере отырып, өндіріс процесін басқару жүйелерімен біріктіре алады. Нәтижесінде мұндай технологияларды пайдалану тексеру дәлдігін арттыруға, ақауларды жоюға кететін шығындарды азайтуға және жалпы өнім сапасын арттыруға көмектеседі.

Статистикалық талдау және машиналық оқыту алгоритмдері сияқты аналитикалық әдістер деректердегі жасырын үлгілер мен үрдістерді анықтауға көмектеседі. ЖИ өз кезегінде, кластерлеуді, жіктеуді және регрессияны қоса алғанда, деректерді өңдеуді автоматтандыру үшін алгоритмдерді пайдаланады. Ақауларды жіктеу әдістері өнімдердегі немесе процестердегі ақауларды тиімді анықтайтын және жіктейтін алгоритмдерді қолдануды қамтиды. Бұл әдістер көбінесе ақаулардың мысалдары мен олардың сипаттамаларын қамтитын тарихи деректер бойынша оқытылатын оқыту классификаторларына сүйенеді (1-сурет).



1-сурет – Ақауларды анықтау процесі

Терең оқыту алгоритмдері конволюционды және қайталанатын нейрондық желілер қазіргі заманғы деректерді өңдеу және ақауларды талдау технологияларында кеңінен қолданылады. Конволюционды нейрондық желілер (CNN) бейнелерді талдау мәселелерін сәтті шеше отырып, үлгілер мен бөлшектерді тиімді анықтап, оларды өндірістік желілердегі ақауларды анықтауға өте ыңғайлы етеді [1-4].

Қайталанатын нейрондық желілер (RNN) және олардың ұзартулары, мысалы ұзақ қысқа мерзімді жады (LSTM) ретті деректерді талдау үшін қолданылады. Бұл желілер уақыттық қатарлар мен мәтінді қамтитын тапсырмаларға сәтті қолданылды. Ақауларды жіктеу контекстінде RNN процестер мен өндіріс жағдайлары туралы дәйекті деректерді талдай алады, аномалиялар мен әлеуетті ақауларды көрсете алатын үрдістерді анықтайды.

Ақауларды жіктеу тәсілдерін салыстыру алгоритмді таңдау деректер түріне байланысты екенін көрсетеді: CNN бейнелер үшін тиімді, ал RNN тізбекті деректер үшін тиімді. Бұл әдістерді біріктіру нәтижелерді жақсартады, әсіресе визуалды және уақытша деректерді талдауды қажет ететін күрделі жүйелерде процестердің дәлдігі мен сапасын арттырады.

Сәтті жобаларды талдау ЖИ қолдану тиімділікті айтарлықтай арттыратының және өндірістік процестердегі шығындарды азайтатының көрсетеді. Жасанды интеллект негізіндегі жүйелерді енгізу, мысалы, электроника өнеркәсібінде жинақтау дәлдігін жақсартады, ақауларды азайтады және жөндеу құнын төмендетуге көмектеседі, сонымен бірге өнімділікті арттырады, бұл өнім сапасының да, бизнестің өнімділігін де айтарлықтай жақсартуға әкеледі [5-9].

Жасанды интеллект қолданбалары саласындағы зерттеу әдістемесі әртүрлі әдістер мен технологияларды пайдалана отырып, ЖИ үлгілерін оқыту және тестілеу үшін қажетті деректерді жинауды қамтиды (2-су-

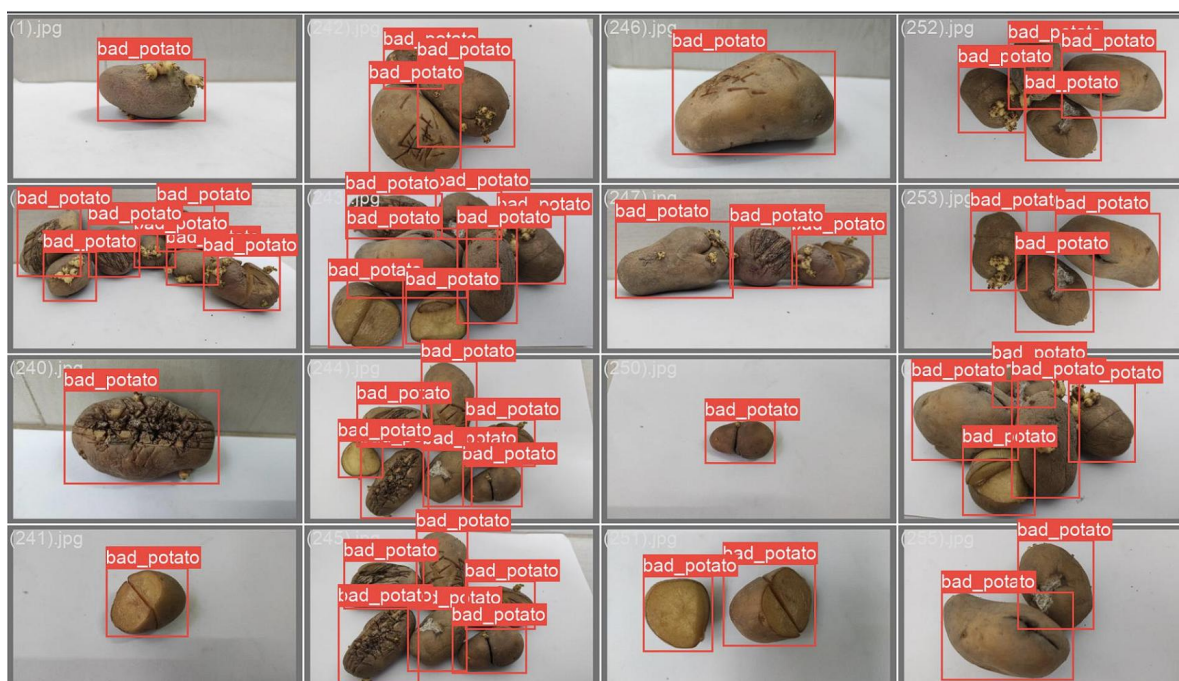
рет). Негізгі аспект нақты уақытта деректерді жинауға мүмкіндік беретін сенсорлар мен камераларды пайдалану болып табылады. Бұл деректер ЖИ үлгілерін оқыту үшін негіз болады, содан кейін олардың тиімділігін бағалау үшін жаңа деректер бойынша сынақтан өтеді [6-10].

Зерттеу бірнеше негізгі ойлармен аяқталады. Негізгі қорытындылар ақауларды анықтау және жіктеу үшін жасанды интеллектті пайдалану сапаны бақылаудың дәлдігі мен тиімділігін айтарлықтай жақсартатынын көрсетеді. Зерттеу нәтижелері қазіргі заманғы терең оқыту алгоритмдерін пайдаланатын ЖИ модельдері ақауларды дәлірек анықтауға және жалған позитивтерді азайтуға қабілетті екенін растады.

Бұл тұжырымдар өнеркәсіп үшін маңызды, өйткені олар ақауларды жөндеуге кететін шығындарды азайтады, өнімнің сенімділігін арттырады және процестің тиімділігін арттырады. Модель өнімді сәйкестендіру мен сұрыптауда жоғары дәлдік пен тиімділікті көрсетті. Бұл тәсілдерді құрастыру сапасын бақылау үшін автомобиль, тамақ өнеркәсібінде өнім мен қаптама сапасын талдау үшін және тоқыма өнеркәсібінде матаның ақауларын анықтау үшін қолдануға болады. Ақауларды анықтау процестерді автоматтандырып қана қоймайды, сонымен қатар сапаны жақсартады, шығындарды азайтады



2-сурет – Қойылған міндеттерді шешудің зерттеу әдістемесі



3-сурет – Ақауларды анықтау үшін нейрондық желіні пайдалану

және өндірісті басқаруды жеңілдетеді. Бұл жетістіктер өнеркәсіптік процестерді оңтайландыру үшін жасанды интеллектті одан әрі зерттеу және дамыту қажеттілігін көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Khan S., Alhazmi S., Khan M. Deep learning for image classification: A comprehensive review and its application in defect detection. *Neural Computing and Applications*, 35, 2023, pp. 189-209.
2. Jou B., Lu M. A novel deep learning-based approach for automated defect detection in manufacturing: A case study. *Journal of Manufacturing Processes*, 76, 2022, 61-74.
3. Ghosh A., Patel D. Real-time defect detection using convolutional neural networks in industrial applications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17 (8), 2021, 5312-5320.
4. Liu C., Wu, Y., Zheng Q. Hybrid deep learning models for defect detection in production lines. *Expert Systems with Applications*, 193, 2022, 116300.
5. Zhang H., Liu, X., Zhao T. Enhancing defect detection with transfer learning and attention mechanisms. *Artificial Intelligence Review*, 54 (1), 2021, 261-282.
6. Yuan J., Xu C. An advanced deep learning framework for defect classification in industrial quality control. *IEEE Access*, 11, 2023, 46920-46931.
7. Deng H., Liu, Z., & Wang, L. Real-time defect detection using YOLOv4 and its application in automated production systems. *Sensors*, 23 (2), 2023, 751.
8. Chen J., Zhang, M., & Wang, Y. Comparative study of convolutional neural network architectures for defect detection in manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32, 2021.
9. Kazantsev I.G., Mukhametzhanova B.O. and Isakov K.T. Detection of the corner structures in 3D arrays using scalable masks, *Siberian Electronic Mathematical Reports*, vol. 18, 2021, pp. 61-71.
10. Мұхаметжанова Б.О., Сайманова З.Б., Кайбасова Д.Ж., Смагулова А.С., Кисина М.К. «Бағдарламалық жасақтамаға арналған бейнелердегі басым құрылымдарды бөлектеу алгоритмдерінің бірі» // Труды Университета, Караганда, № 3 (88), 2022. – С. 358-363.

Инновационные подходы для автоматизированного выявления и классификации дефектов на производственных предприятиях

МУХАМЕТЖАНОВА Бигуль Олжабаевна, PhD, и.о. доцента, b_olzhabaevna@mail.ru, НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Аннотация. Рассматривается использование технологий искусственного интеллекта для повышения эффективности контроля качества на промышленных предприятиях. В статье анализируются методы и алгоритмы, применяемые для автоматизации выявления и классификации дефектов в продуктах. Особое внимание уделяется сверточным нейронным сетям (CNN) и рекуррентным нейронным сетям (RNN), которые продемонстрировали значительные успехи в обработке изображений и временных рядов соответственно. Представлены реальные примеры внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в производственные процессы, демонстрирующие улучшение точности и скорости обнаружения дефектов. Оценка эффективности применения ИИ показала значительное снижение затрат на исправление дефектов и повышение надежности продукции. Анализ успешных проектов показал, что интеграция ИИ в системы контроля качества ведет к оптимизации производственных процессов и улучшению экономических результатов. В статье предложены практические рекомендации по внедрению ИИ в контроль качества, а также направления для будущих исследований, включая выявление пробелов и перспективы дальнейшего развития технологий ИИ в контексте выявления дефектов. Публикация предоставляет ценную информацию для специалистов в области контроля качества и разработки ИИ-систем, стремящихся к повышению эффективности и точности в промышленном производстве.

Ключевые слова: искусственный интеллект, контроль качества, дефекты, классификация дефектов, сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети, машинное обучение, обработка изображений, автоматизация производственных процессов, анализ данных, метрики качества, интеграция ИИ, точные модели, производственные процессы.

Innovative Approaches for Automated Detection and Classification of Defects in Manufacturing Enterprises

MUKHAMETZHANOVA Bigul, PhD, Acting Associate Professor, b_olzhabaevna@mail.ru, NPJSC «L.N. Gumilyov Eurasian National University», 2 Satpayev Street, Astana, Kazakhstan.

Abstract. The use of artificial intelligence technologies to improve the effectiveness of quality control in industrial enterprises is being considered. The article analyzes the methods and algorithms used to automate the detection and classification of defects in products. Special attention is paid to convolutional neural networks (CNN) and recurrent neural networks (RNN), which have demonstrated significant advances in image processing and time series, respectively. Real-world examples of the introduction of artificial intelligence (AI) into production processes are presented, demonstrating improvements in the accuracy and speed of defect detection. The evaluation of the effectiveness of the AI application showed a significant reduction in the cost of correcting defects and improving product reliability. The analysis of successful projects has shown that the integration of AI into quality control systems leads to optimization of production processes and improvement of economic results. The article offers practical recommendations on the implementation of AI in quality control, as well as directions for future research, including identifying gaps and prospects for further development of AI technologies in the context of defect detection. The publication provides valuable information for specialists in the field of quality control and development of AI systems seeking to improve efficiency and accuracy in industrial production.

Keywords: artificial intelligence, quality control, defects, defect classification, convolutional neural networks, recurrent neural networks, machine learning, image processing, automation of production processes, data analysis, quality metrics, AI integration, accurate models, production processes.

REFERENCES

1. Khan, S., Alhazmi, S., & Khan, M. Deep learning for image classification: A comprehensive review and its application in defect detection. *Neural Computing and Applications*, 35, 2023, pp. 189-209.
2. Jou, B., & Lu, M. A novel deep learning-based approach for automated defect detection in manufacturing: A case study. *Journal of Manufacturing Processes*, 76, 2022, 61-74.
3. Ghosh, A., & Patel, D. Real-time defect detection using convolutional neural networks in industrial applications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17 (8), 2021, 5312-5320.
4. Liu, C., Wu, Y., & Zheng, Q. Hybrid deep learning models for defect detection in production lines. *Expert Systems with Applications*, 193, 2022, 116300.
5. Zhang, H., Liu, X., & Zhao, T. Enhancing defect detection with transfer learning and attention mechanisms. *Artificial Intelligence Review*, 54 (1), 2021, 261-282.
6. Yuan, J., & Xu, C. An advanced deep learning framework for defect classification in industrial quality control. *IEEE Access*, 11, 2023, 46920-46931.
7. Deng, H., Liu, Z., & Wang, L. Real-time defect detection using YOLOv4 and its application in automated production systems. *Sensors*, 23 (2), 2023, 751.
8. Chen, J., Zhang, M., & Wang, Y. Comparative study of convolutional neural network architectures for defect detection in manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32, 2021.
9. Kazantsev I.G., Mukhametzhanova B.O. and Iskakov K.T. Obnaruzhenie uglovyh struktur v 3D-massivah s ispolzovaniem masshtabiruemyh masok [Detection of the corner structures in 3D arrays using scalable masks], *Siberian Electronic Mathematical Reports*, vol. 18, 2021, pp. 61-71.
10. Muhametzhanova B.O., Sajmanova Z.B., Kajbasova D.Zh., Smagulova A.S., Kisina M.K. «Bağdarlamalyq jasaqtamağa arналған beinelerdegi basym qūrylymdardy bölekteru algoritmderininiñ bırı» [One of the algorithms for highlighting priority structures in videos for software] // *Trudy Universiteta, Karagandy*, № 3 (88), 2022. – Pp. 358-363.