

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
Қазақстанның ұлттық ғылым академиясының  
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

## NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
al-Farabi Kazakh National University

**SERIES**  
**PHYSICO-MATHEMATICAL**

**6 (340)**

**NOVEMBER – DECEMBER 2021**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

---

---

*NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series physico-mathematical journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.*

*Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Физикалық-математикалық сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.*

*НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия физико-математическая» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.*

### **Бас редактор:**

**МҰТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан) Н=5

### **Редакция алқасы:**

**ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы** (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) Н=7

**БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жанабайұлы** (бас редактордың орынбасары), техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сағпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан) Н=3

**ВОЙЧИК Вальдемар**, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша) Н=23

**БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н-10

**QUEVEDO Hemando**, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика) Н=28

**ЖҮСПОВ Марат Абжанұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина) Н=5

**МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович**, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі (Минск, Беларусь) Н=2

**РАМАЗАНОВ Тілекқабыл Сәбитұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) Н=26

**ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=5

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) Н=42

**ХАРИН Станислав Николаевич**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=10

**ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н=12

**КАЛАНДРА Пьетро**, Ph.D (физика), Наноқұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) Н=26

### **«ҚР ҰҒА Хабарлары.**

**Физика-математикалық сериясы».**

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

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

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген **№ 16906-Ж** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *математика, информатика, механика, физика, ғарыштық зерттеулер, астрономия, ионосфера.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

### Главный редактор:

**МУТАНОВ Галимкаир Мутанович**, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан) Н=5

### 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 МОН РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан) Н=7

**БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич**, (заместитель главного редактора), доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, университет Сатпаева (Алматы, Казахстан) Н=3

**ВОЙЧИК Вальдемар**, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша) Н=23

**БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич**, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=10

**QUEVEDO Hemando**, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика) Н=28

**ЖУСУПОВ Марат Абжанович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина) Н=5

**МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович**, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь) Н=2

**РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=26

**ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=5

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова) Н=42

**ХАРИН Станислав Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан) Н=10

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович**, доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н=12

**КАЛАНДРА Пьетро**, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия) Н=26

«Известия НАН РК.

Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № 16906-Ж выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *математика, информатика, механика, физика, космические исследования, астрономия, ионосфера.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19

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

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2021

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

#### **Editor in chief:**

**MUTANOV Galimkair Mutanovich**, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan) H=5

#### **Editorial board:**

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich** (Deputy Editor-in-Chief), doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan) H=7

**BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich**, (Deputy Editor-in-Chief), 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) H=3

**WOICIK Waldemar**, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland) H=23

**BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich**, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=10

**QUEVEDO Hemando**, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico) H=28

**ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=7

**KOVALEV Alexander Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine) H=5

**MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS of Belarus (Minsk, Belarus) H=2

**RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=26

**TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=5

**TIGHINEANU Ion Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova) H=42

**KHARIN Stanislav Nikolayevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan) H=10

**DAVLETOV Askar Erbulanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H=12

**CALANDRA Pietro**, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy) H=26

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.**  
**ISSN 2518-1726 (Online),**  
**ISSN 1991-346X (Print)**

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. 16906-Ж, issued 14.02.2018

Thematic scope: *mathematics, computer science, mechanics, physics, space research, astronomy, ionosphere.*

*Periodicity:* 6 times a year.

*Circulation:* 300 copies.

*Editorial address:* 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

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



## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 6, Number 340 (2021), 59–65

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.102>

УДК 621.3.049.774

**Кожагулов Е.Т., Жексебай Д.М., Сарманбетов С.А.\*, Максимова А.А., Бажаев Н.А.**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

Академия гражданской авиации, г.Алматы, Казахстан

Email: sarmanbetov.sanzhar@gmail.com

**КЛАССИФИКАТОР ИЗОБРАЖЕНИЙ МИКРОСХЕМ ПРИ ПОМОЩИ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

**Аннотация.** Основным элементом в электронных устройствах являются микросхемы и печатные платы, на которых размещено большое количество элементов. Качество печатной платы или микросхем напрямую влияет на производительность электронных устройств. Визуальная проверка дефектов, которая обеспечивает качество продукции печатных плат, как правило, является самой большой стоимостью производства. Обнаружение дефектов в микросхеме с использованием алгоритмов нейронной сети является сложным процессом, который включает в себя несколько этапов процесса проверки. Важной частью производства различных объектов, таких как микросхемы, является процесс контроля и соответствия топологии элементов. Во избежание недостатка ручного обнаружения, например, легкого утомления и низкой эффективности, в этой работе предлагается метод поиска объектов с использованием искусственной нейронной сети. В данной статье описывается метод классификации микросхем. Работа посвящена классификации микросхем с использованием сверточной нейронной сети. Структура сверточной нейронной сети состоит из двух сверточных и двух полносвязанных слоев. В качестве функции активации нейронной сети была использована функция  $\text{relu}$ . Показаны результаты обучения и классификации микросхем.

**Ключевые слова:** сверточные нейронные сети, глубокое обучение, микросхема, классификация, структура.

**Введение.** Дефектные микросхемы, которые сильно повреждены, не могут быть использованы и должны быть своевременно обнаружены и удалены. В противном случае они будут иметь негативные последствия для производственного процесса. Таким образом, проверка дефектов поверхности микросхем является важной частью производственного процесса и играет ключевую роль в контроле качества микросхемы [1]. В работе [1] применили сверточную нейронную сеть (CNN) для проверки дефектов светодиодных чипов. Предложенная модель нейронной сети LEDNet обеспечивает впечатляюще высокую производительность при проверке дефектов светодиодных чипов (дефекты линий и царапины) с погрешностью 5,04%, а также локализует точные области дефектов. Имеется несколько работ по выявлению дефектов светодиодных микросхем [1-2], TFT-LCD панели [3], полупроводниковых пластин [4-7], поверхности солнечных элементов [8], а также по аутентификации интегральной схемы [9]. Во всех работах были применены сверточные нейронные сети, которые являются актуальными при классификации изображений. К этому свидетельствуют работы [10-12] по обнаружению объектов на основе глубокого обучения.

В большинстве процессов производства полупроводников визуальный контроль дефектов зависит от ручной проверки специалистами-людьми [13-14]. Инспекторы случайным образом отбирают образцы из общей популяции пластин и пытаются найти первопричины дефектов, исследуя их расположение, размеры, цвета и формы с помощью микроскопа высокого разрешения [4]. Однако эта процедура осмотра человеком требует много времени и очень субъективна [15]. Поэтому их недостаточно для удовлетворения потребностей современной промышленной продукции [6]. В то время как автоматизированные методы оптического контроля, основанные на компьютерном зрении, являются гибкими, быстрыми, бесконтактными [16] и действительно подходят для контроля поверхностных

дефектов промышленных изделий. Однако традиционные методы компьютерного зрения основаны на ручной работе по выявлению признаков. Для смягчения этих проблем предлагается сквозной метод, основанный на глубокой сверточной нейронной сети. В предлагаемом методе FPNAC используется для извлечения семантических признаков без утомительного ручного труда. Этот метод автоматического обнаружения позволяет точно определить количество и классифицировать дефект, что не только гарантирует качество производственной линии штампа, но и обеспечивает четкую поддержку данных для поиска причин дефекта [6].

**Материалы и методы.** Один из интересных работ по микросхемам является аутентификация интегральной схемы, то есть определяет, является ли интегральная схема подделкой. В работе [9] применили глубокую сверточную нейронную сеть к изображениям DRAM, чтобы извлечь уникальные особенности из каждого чипа и классифицировать их для аутентификации. Их метод «DRAMNet» обеспечивает точность 98,84% и является более быстрой аутентификации по сравнению с классическим методом.

Таким образом, классификация дефектов микросхем является актуальным. А также, применение нейронных сетей для этих задач более эффективно и показывает высокую точность обнаружение. Цель данной работы заключается в том, что реализовать модель нейронной сети для классификации изображении микросхем.

*Модель нейронной сети*

Сеть состоит из разных видов слоев: сверточные (convolutional) слои, субдискретизирующие (subsampling, подвыборка) слои и слои «обычной» нейронной сети. Структура сети состоит из двух сверточных слоев с функцией активаций «gelu» и двух полностью взаимосвязанных слоев.

Сверточная нейронная сеть глубокого обучения для классификации изображений сделана с помощью библиотеки Keras. Для классификации использовали изображение с размером 150\*150. Первый сверточный слой выявляет 32 признаков (второй слой – 64 признаков) из входных данных рисунка. Выходные данные этого слоя имеют размер 150\*150\*32. Субдискретизирующий слой сжимает изображение в два раза (max pooling) и размер этого слоя равняется 75\*75\*32. После двух сверточных слоев выходные данные передаются в слой нейронной сети с количеством 256 нейронов. В виде функции активации этого слоя также используем функцию «gelu». Количество нейронов выходного слоя определяется количеством классифицируемых объектов.

**Результаты. Экспериментальная часть.** Для тестирования мы использовали снимки микросхем с разными типами структур. К примеру, на рисунке 1 показан один слой интегральной схемы, сделанный с помощью электронной микроскопии, который в свою очередь состоит из логических элементов, создающих субструктуру (Рисунок 2). Логика заключается в определении функционала логических элементов (субструктур) и обучение ими (Рисунок 3) предложенную нейронную сеть. Обученная нейронная сеть является мощным аппаратом выявления фейковых структур (структур паразитов, имеющих потайные предназначения).

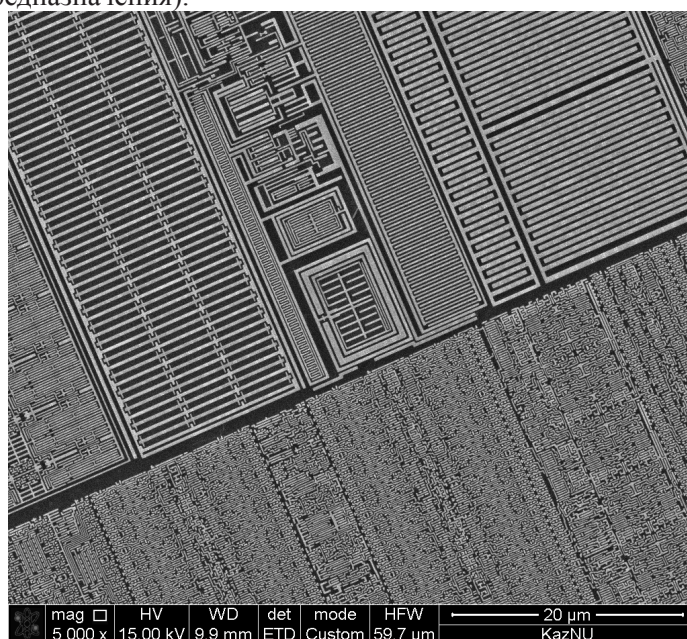


Рисунок 1. Снимок одного слоя интегральной микросхемы

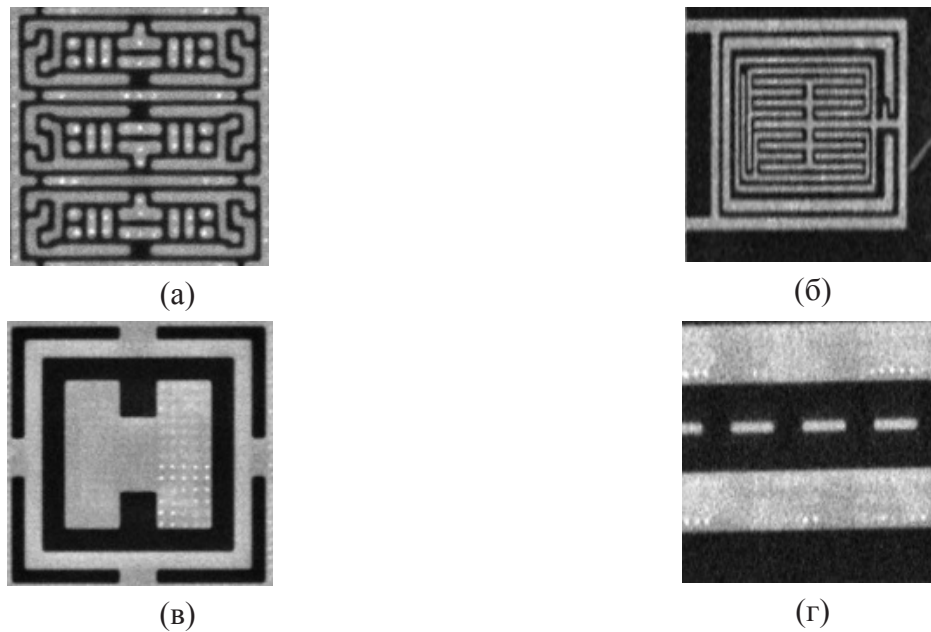


Рисунок 2. Снимки элементов микросхемы

Для обучения нейронной сети вырезали куски снимка микросхемы, соответствующие разным логическим операциям (схемам). Нейронную сеть обучали десятью разными тестовыми данными. На рисунке 3 приведены снимки микросхем двух дорожек с отличающимися структурами, которые используются для обучения сети как один класс микросхемы.

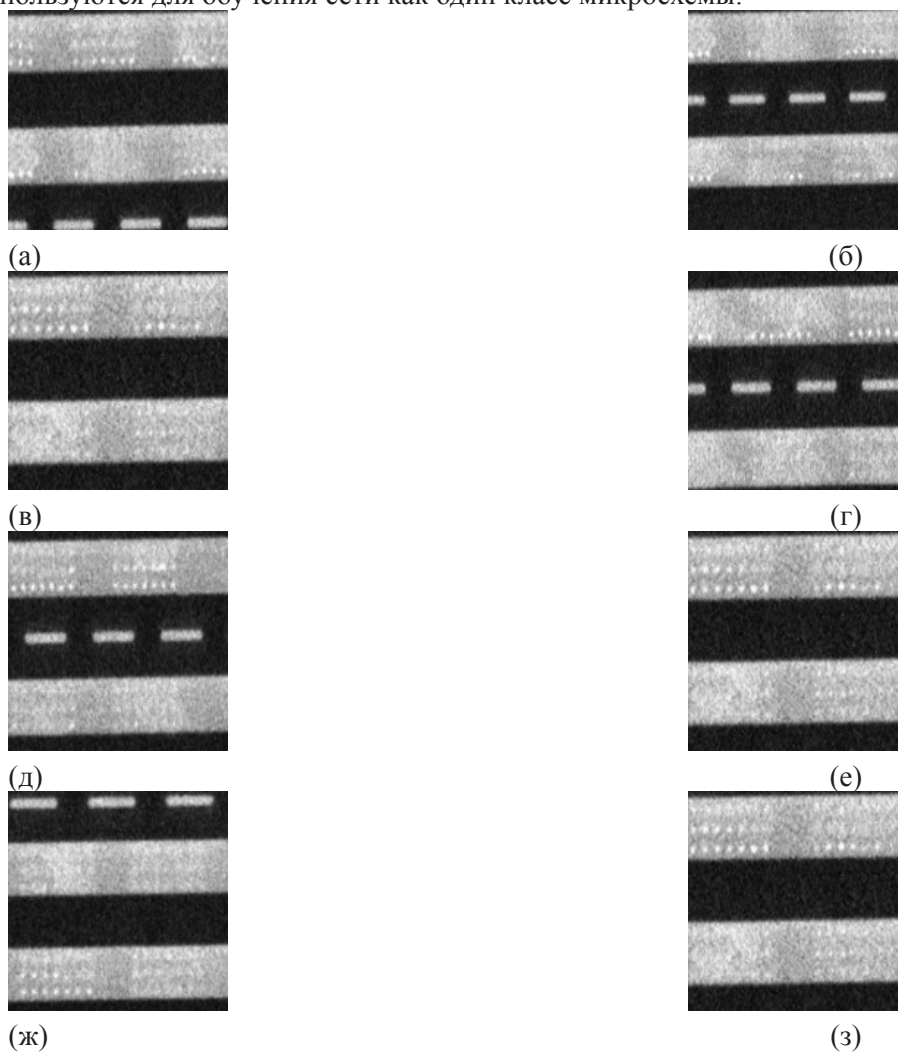


Рисунок 3. Снимки элементов микросхемы для обучения нейронной сети



Сверточные нейронные сети показывают колоссальный результат с элементами интегральной микросхемы для дальнейшего нахождения (идентификации) аналогичных структур. Точность распознавания более 95%. Все структуры были разделены по соответствующим классам с высокой точностью.

**Обсуждение.** Одним из недостатков сверточных нейронных сетей является длительное обучение. В статье [18] сказано, что обучение глубокой сети с нуля требует значительного объема данных, а также большой вычислительной мощности. Обучения сети с нуля (со случайной инициализацией весов фильтров) является первым приоритетом, что следует учитывать при обучении сети. В данном случае используя графический процессор, мы повысили вычислительную мощность и уменьшили время обработки (Рисунок 4). Для сравнения использовались два компьютера с центральными процессорами Intel Core i7-5500U 2.4GHz и Intel Core i7-3770U 3.4GHz, соответственно с графическими процессорами NVIDIA GeForce 920M и NVIDIA GeForce GTX 650 Ti BOOST.

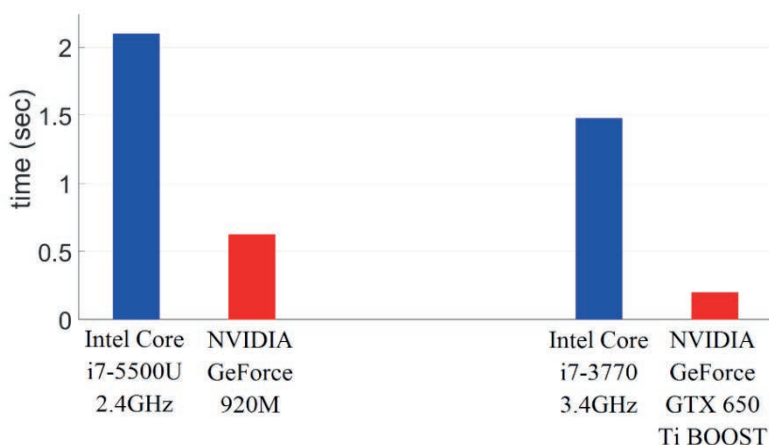


Рисунок 4. Скорость обработки обнаружения объектов с помощью нейронной сети для классификации образов

Из полученного результата видно, что использование графического процессора дает преимущества по времени вычислений от трех до семи раз. Что показывает эффективность использования сверточной сети глубокого обучения для классификации объектов микросхем. Это в свою очередь поможет избежать глобальных проблем с микросхемами, такими как обратный инжиниринг (reverse engineering), копирование, пиратство, шпионаж и т.д.

**Заключение.** Практический опыт показывает, что проверка микросхем невооруженным глазом требует много энергии и времени. Построена сеть для обнаружения дефектов на основе сверточных нейронных сетей. Было необходимо только провести эксперименты на части полного факторного дизайна, что сэкономило время на обучении модели. Во-вторых, хотя обучающих изображений было относительно мало, в ходе исследования был разработан метод увеличения данных для снижения потерь при обучении и проверке, а также для уменьшения колебаний в разные эпохи. И последнее, но не менее важное: мы отказались от процессов функции проектирования и калибровки изображения, и не нужно было беспокоиться о поддержании среды захвата изображения с высокой точностью и стабильностью. CNN не требует созданных вручную функций.

В заключении, примененный метод классификации микросхем включает в себя метод выделения целевого объекта на изображении, а также масштабирование с сохранением пропорций и классификацию. В качестве входных данных используются фото, полученные с помощью электронной микроскопии. Достигнутые результаты позволяют в дальнейшем определять виды микросхем, дефекты в микрочипах и структур паразитов, имеющих потайные предназначения.

**Кожугулов Е.Т., Жексебай Д.М., Сарманбетов С.А.\*, Максүтова А.А., Бажаев Н.А.**

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;  
Азаматтық авиация академиясы, Алматы, Қазақстан.  
Email: sarmanbetov.sanzhar@gmail.com

### **ҮЙІТКІЛІ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ КӨМЕГІМЕН ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН МИКРОСҰЛБЕКТЕРДІҢ ЖІКТЕУШІСІ**

**Аннотация.** Электрондық құрылғылардағы негізгі элемент – көптеген элементтер орналасқан микросұлбалар мен баспа схемалары. Баспа тақшасының немесе микросхемалардың сапасы электрондық құрылғылардың жұмысына тікелей әсер етеді. Баспа схемаларының сапасын қамтамасыз ететін визуалды ақауды тексеру әдетте ең жоғары өндірістік шығындар болып табылады. Нейрондық желі алгоритмдері арқылы микросұлбадағы ақауларды анықтау тексеру процесінің бірнеше кезеңдерін қамтитын күрделі процесс. Микросұлбалар сияқты әртүрлі объектілерді өндірудің маңызды бөлігі басқару процесі және элементтер топологиясының сәйкестігі болып табылады. Шаршау және төмен тиімділік сияқты қолмен анықтаудың жетіспеушілігін болдырмау үшін бұл құжат жасанды нейрондық желіні пайдаланып объектілерді табу әдісін ұсынады. Бұл мақалада микросұлбаларды жіктеу әдісі сипатталған. Жұмыс үйірткілі нейрондық желінің көмегімен микросұлбаларды квалификациялауға арналған. Үйірткілі нейрондық желінің құрылымы екі үйірткілі және толық қосылған екі қабаттан тұрады. Relu функциясы нейрондық желіні белсендіру функциясы ретінде пайдаланылды. Микрочиптерді оқыту және классификациялау нәтижелері көрсетілген.

**Түйінді сөздер:** үйірткілі нейрондық желілер, терең оқыту, микросұлба, классификация, құрылым.

**Kozhagulov Y.T., Zhexebay D.M., Sarmanbetov S.A.\*, Maksutova A.A., Bazhaev N.A.**

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;  
Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan.  
Email: sarmanbetov.sanzhar@gmail.com

### **CLASSIFIER OF MICROCIRCUIT IMAGES USING A CONVENTIONAL NEURAL NETWORK**

**Abstract.** The main element in electronic devices is microcircuits and printed circuit boards, on which a large number of elements are located. The quality of the printed circuit board or microcircuits directly affects the performance of electronic devices. Visual defect inspection, which ensures PCB product quality, is typically the highest manufacturing cost. Detecting defects in a microcircuit using neural network algorithms is a complex process that includes several stages of the verification process. An important part of the production of various objects, such as microcircuits, is the control process and the conformity of the topology of the elements. To avoid the lack of manual detection, such as fatigue and low efficiency, this paper proposes a method for finding objects using an artificial neural network. This article describes a method for classifying microcircuits. The work is devoted to the qualification of microcircuits using a convolutional neural network. The structure of a convolutional neural network consists of two convolutional and two fully connected layers. The relu function was used as a neural network activation function. The results of training and classification of microchips are shown.

**Key words:** convolutional neural networks, deep learning, microcircuit, classification, structure.

#### **Information about authors:**

**Kozhagulov E.T.** – Doctor Science of Physics and Mathematics, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, kazgu.kz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5714-832X>;

**Zhexebay D.M.** – Doctor Science of Physics and Mathematics, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, zhexebay92@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3974-0896>;

**Sarmanbetov S.A.** – PhD in Physics and Mathematics, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, sarmanbetov.sanzhar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1749-2163>;

**Maksutova A.A.** – PhD in Physics and Mathematics, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, sagalua95@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8601-8900>.

**Bazhaev Nurlan Amankulovich** – PhD, Associate Professor of the Department of Aviation Engineering and Technology of the Academy of Civil Aviation, Kazakhstan. Tel. +77757772791. e-mail: Bazhaev\_na@mail.ru., <https://orcid.org/0000-0001-8601-0688>.

### ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Lin H., Li B., Wang X., Shu Y., Niu S. Automated defect inspection of LED chip using deep convolutional neural network // *Journal of Intelligent Manufacturing*. – 2019. – Vol. 30, №. 6. – P. 2525-2534.
- [2] Stern M.L., Schellenberger M. Fully convolutional networks for chip-wise defect detection employing photoluminescence images // *Journal of Intelligent Manufacturing*. – 2021. – Vol. 32, №. 1. – P. 113-126.
- [3] Kim M., Lee M., An M., Lee H. Effective automatic defect classification process based on CNN with stacking ensemble model for TFT-LCD panel // *Journal of Intelligent Manufacturing*. – 2020. – Vol. 31, №. 5. – P. 1165-1174.
- [4] Yuan-Fu Y. A deep learning model for identification of defect patterns in semiconductor wafer map // 2019 30th Annual SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC). – IEEE, 2019. – P. 1-6.
- [5] Adibhatla V.A., Chih H.C., Hsu C.C., Cheng J., Abbod M.F., Shieh J.S. Defect detection in printed circuit boards using you-only-look-once convolutional neural networks // *Electronics*. – 2020. – Vol. 9, №. 9. – P. 1547.
- [6] Wen G., Gao Z., Cai Q., Wang Y., Mei S. A novel method based on deep convolutional neural networks for wafer semiconductor surface defect inspection // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. – 2020. – Vol. 69, №. 12. – P. 9668-9680.
- [7] Devika B., George N. Convolutional neural network for semiconductor wafer defect detection // 2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT). – IEEE, 2019. – P. 1-6.
- [8] Chen H., Pang Y., Hu Q., Liu K. Solar cell surface defect inspection based on multispectral convolutional neural network // *Journal of Intelligent Manufacturing*. – 2020. – Vol. 31, – №. 2. – P. 453-468.
- [9] Yue M., Karimian N., Yan W., Anagnostopoulos N.A., Tehranipoor F. DRAM-based authentication using deep convolutional neural networks // *IEEE Consumer Electronics Magazine*. – 2020.
- [10] Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You only look once: Unified, real-time object detection // *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. – 2016. – P. 779-788.
- [11] Girshick R. Fast r-cnn // *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*. – 2015. – P. 1440-1448.
- [12] He K., Gkioxari G., Dollár P., Girshick R. Mask r-cnn // *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision*. – 2017. – P. 2961-2969.
- [13] Mei S., Yang H., Yin Z. An unsupervised-learning-based approach for automated defect inspection on textured surfaces // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. – 2018. – Vol. 67, №. 6. – P. 1266-1277.
- [14] Shankar N.G., Zhong Z.W. Defect detection on semiconductor wafer surfaces // *Microelectronic engineering*. – 2005. – Vol. 77, №. 3-4. – P. 337-346.
- [15] Chen F.L., Liu S.F. A neural-network approach to recognize defect spatial pattern in semiconductor fabrication // *IEEE transactions on semiconductor manufacturing*. – 2000. – Vol. 13, №. 3. – P. 366-373.
- [16] Chang S.I., Ravathur J.S. Computer vision based non-contact surface roughness assessment using wavelet transform and response surface methodology // *Quality Engineering*. – 2005. – Vol. 17, №. 3. – P. 435-451.
- [17] Ssu-Han Chen, Chia-Chun Tsai SMD LED chips defect detection using a YOLOV3-dense model // *Advanced Engineering Informatics*. – 2021. – Vol. 47.
- [18] Nogueira K., Penatti O.A.B., dos Santos J.A. Towards better exploiting convolutional neural networks for remote sensing scene classification // *Pattern Recognition*. – 2017. – Vol. 61. – P. 539-556.

### REFERENCES

- [1] Lin H., Li B., Wang X., Shu Y., Niu S. Automated defect inspection of LED chip using deep convolutional neural network // *Journal of Intelligent Manufacturing*. – 2019. – Vol. 30, №. 6. – P. 2525-2534.
- [2] Stern M.L., Schellenberger M. Fully convolutional networks for chip-wise defect detection employing photoluminescence images // *Journal of Intelligent Manufacturing*. – 2021. – Vol. 32, №. 1. – P. 113-126.

- [3] Kim M., Lee M., An M., Lee H. Effective automatic defect classification process based on CNN with stacking ensemble model for TFT-LCD panel //Journal of Intelligent Manufacturing. – 2020. – Vol. 31, №. 5. – P. 1165-1174.
- [4] Yuan-Fu Y. A deep learning model for identification of defect patterns in semiconductor wafer map //2019 30th Annual SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC). – IEEE, 2019. – P. 1-6.
- [5] Adibhatla V.A., Chih H.C., Hsu C.C., Cheng J., Abbod M.F., Shieh J.S. Defect detection in printed circuit boards using you-only-look-once convolutional neural networks //Electronics. – 2020. – Vol. 9, №. 9. – P. 1547.
- [6] Wen G., Gao Z., Cai Q., Wang Y., Mei S. A novel method based on deep convolutional neural networks for wafer semiconductor surface defect inspection //IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2020. – Vol. 69, №. 12. – P. 9668-9680.
- [7] Devika B., George N. Convolutional neural network for semiconductor wafer defect detection //2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT). – IEEE, 2019. – P. 1-6.
- [8] Chen H., Pang Y., Hu Q., Liu K. Solar cell surface defect inspection based on multispectral convolutional neural network //Journal of Intelligent Manufacturing. – 2020. – Vol. 31, – №. 2. – P. 453-468.
- [9] Yue M., Karimian N., Yan W., Anagnostopoulos N.A., Tehranipoor F. DRAM-based authentication using deep convolutional neural networks //IEEE Consumer Electronics Magazine. – 2020.
- [10] Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You only look once: Unified, real-time object detection //Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2016. – P. 779-788.
- [11] Girshick R. Fast r-cnn //Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. – 2015. – P. 1440-1448.
- [12] He K., Gkioxari G., Dollár P., Girshick R. Mask r-cnn //Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. – 2017. – P. 2961-2969.
- [13] Mei S., Yang H., Yin Z. An unsupervised-learning-based approach for automated defect inspection on textured surfaces //IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2018. – Vol. 67, №. 6. – P. 1266-1277.
- [14] Shankar N.G., Zhong Z.W. Defect detection on semiconductor wafer surfaces //Microelectronic engineering. – 2005. – Vol. 77, №. 3-4. – P. 337-346.
- [15] Chen F.L., Liu S.F. A neural-network approach to recognize defect spatial pattern in semiconductor fabrication //IEEE transactions on semiconductor manufacturing. – 2000. – Vol. 13, №. 3. – P. 366-373.
- [16] Chang S.I., Ravathur J.S. Computer vision based non-contact surface roughness assessment using wavelet transform and response surface methodology //Quality Engineering. – 2005. – Vol. 17, №. 3. – P. 435-451.
- [17] Ssu-Han Chen, Chia-Chun Tsai SMD LED chips defect detection using a YOLOV3-dense model // Advanced Engineering Informatics. – 2021. – Vol. 47.
- [18] Nogueira K., Penatti O.A.B., dos Santos J.A. Towards better exploiting convolutional neural networks for remote sensing scene classification //Pattern Recognition. – 2017. – Vol. 61. – P. 539-556.



## МАХМУНЫ

### ФИЗИКА

**Жұмабаев Б.Т., Васильев И.В., Петровский В.Г., Исабаев К.Ж.**  
ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ РАДИОФИЗИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕРГЕ АРНАЛҒАН ЖАҢА ПОЛИГОН.....6

**Мейірбеков М.Н., Исмаилов М.Б.**  
КӨМІРПЛАСТИКТИ ТҮТІКТЕРДІ ОРАУ ӘДІСІМЕН ЖАСАУ БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ  
ҚОНДЫРҒЫНЫ ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ ДАЙЫНДАУ.....15

**Мырзатай А.А., Рзаева Л.Г. Ускенбаева Г.А., Шукирова А.К., Абитова Г.**  
ДЕРЕКТЕР МАССИВИ КӨЛЕМІНІҢ ЖЕЛІЛІК ЖАБДЫҚТЫҢ ІСТЕН ШЫҒУЫН БОЛЖАУ  
НӘТИЖЕЛЕРІНЕ ӘСЕРІ.....28

**Таймуратова Л.У., Биғожа О.Д., Сейтмұратов А.Ж., Казбекова Б.К., Аймағанбетова З.К.**  
ЭЛЕКТРОНДАРДЫҢ ЖОЛАРАЛЫҚ АУЫСУЛАРЫНДАҒЫ КРЕМНИДІҢТЕРІС БОЙЛЫҚ  
МАГНИТКЕ ТӨЗІМДІЛІШІ.....37

### ИНФОРМАТИКА

**Байшолан Н., Тұрдалыұлы М., Байшоланова Қ.С., Кубаев Қ.Е., Тунгушбаев М.Т.**  
АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ОҚИҒАЛАРЫНДАҒЫ ШАБУЫЛДАРДЫ БОЛЖАУДЫ  
БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖӘНЕ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ.....42

**Усатова О.А., Жұмабекова А.Т., Мэтсон Э., Карюкин В.И., Глесова Б.Е.**  
АҚПАРАТТЫҚ РЕСУРСТАРҒА ТӨНЕТІН ҚАУІП ТҮРЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ МАШИНАЛЫҚ  
ОҚЫТУДЫ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ.....48

**Кожагулов Е.Т., Жексебай Д.М., Сарманбетов С.А., Максұтова А.А., Бажаев Н.А.**  
ҮЙТКІЛІ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ КӨМЕГІМЕН ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН МИКРОСҮЛБЕКТЕРДІҢ  
ЖІКТЕУШІСІ59

**Мамырбаев О.Ж., Оралбекова Д.О., Әлімхан Қ., Othman M., Жумажанов Б.**  
АВТОМАТТЫ СӨЙЛЕУДІ ТАҢУ ҮШІН ОНЛАЙН МОДЕЛЬДЕРДІ ҚОЛДАНУ.....66

**Сейлова Н.А., Ибраев Р.Б., Горлов Л.В., Тұрдалыұлы М.**  
ҚАЛҚАН БЛОКТЫҚ СИММЕТРИЯЛЫҚ ШИФРЛАУ АЛГОРИТМІНІҢ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС  
ТҮЙІНІНІҢ КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....73

**Ташенова Ж.М., Нурлыбаев Э.Н., Абдуғулова Ж.К., Аманжолова Ш.А.**  
ДЕРЕКТЕР ОРТАЛЫҒЫНЫҢ ЖЕЛІЛІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІК  
ЖАҒДАЙЫН БАҒАЛАУ.....81

**Шопағұлов О.А., Корячко В.П.**  
САРАПТАМА ЖҮЙЕЛЕРДІҢ БІЛІМ НЕГІЗІНДЕГІ КОНЦЕПТУАЛДЫҚ МОДЕЛЬДЕР.....92

### МАТЕМАТИКА

**Егенова Ә., Құрақбаева С., Калбаева А., Ізгаев Ж.**  
ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУЫНЫҢ ҰҚСАС СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС МОДЕЛЬДЕРІН ҚОЛДАНА  
ОТЫРЫП, ӘРТҮРЛІ ФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІ СИПАТТАУДЫҢ КЕЙБІР  
МӘСЕЛЕЛЕРІ.....103

<b>Ибраев А.Т.</b> ЭЛЕКТРОНДЫҚ АЙНАЛАРМЕН КАТОДТЫҚ ЛИНЗАЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ ҮШІН ДИНАМИКАЛЫҚ ҚОЗҒАЛЫСТЫҢ ӨЛШЕМ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....	114
<b>Махажанова У.Т., Исмаилова А.А., Жумаханова А.С.</b> БҰЛДЫР ЛОГИКАЛЫҚ ЕРЕЖЕЛЕРДІ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ПРОЦЕССІНДЕ ҚОЛДАНУДЫҢ МЫСАЛЫ.....	121
<b>Сартабанов Ж.А., Айгенова Г.М., Торемуратова Г.С.</b> ДИФФЕРЕНЦИАЛДАУ ОПЕРАТОРЛЫ СЫЗЫҚТЫ КӨППЕРИОДТЫ ТЕНДЕУЛЕР ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ӨЗАРА КЕЛТІРІМДІЛІГІ.....	128
<b>Тусупов Д.А., Муханова А.А.</b> ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ПРОЦЕССІНДЕГІ ЛОГИКАЛЫҚ ЕРЕЖЕЛЕР ҚОСЫМШАСЫ.....	136

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА

<b>Жумабаев Б.Т., Васильев И.В., Петровский В.Г., Исабаев К.Ж.</b> НОВЫЙ ПОЛИГОН ДЛЯ РАДИОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАЗАХСТАНЕ.....	6
<b>Мейірбеков М.Н., Исмаилов М.Б.</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ПО ФОРМОВАНИЮ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ СТЕРЖНЕЙ МЕТОДОМ НАМОТКИ.....	15
<b>Мырзатай А.А., Рзаева Л.Г., Ускенбаева Г.А., Шукирова А.К., Абитова Г.</b> ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМА МАССИВА ДАННЫХ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	28
<b>Таймуратова Л.У., Биғожа О.Д., Сейтмуратов А.Ж., Казбекова Б.К., Аймаганбетова З.К.</b> ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ПРОДОЛЬНОЕ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ КРЕМНИЯ НА МЕЖДОЛИННЫХ ПЕРЕХОДАХ ЭЛЕКТРОНОВ.....	37

### ИНФОРМАТИКА

<b>Байшолан Н., Турдалыулы М., Байшоланова К.С., Кубаев К.Е., Тунгушбаев М.Т.</b> ПРОГРАММНОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АТАК В СОБЫТИЯХ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	42
<b>Жумабекова А.Т., Усатова О.А., Мэтсон Э., Карюкин В.И., Илесова Б.Е.</b> ВИДЫ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННЫМ РЕСУРСАМ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	48
<b>Кожажулов Е.Т., Жексебай Д.М., Сарманбетов С.А., Максүтова А.А., Бажаев Н.А.</b> КЛАССИФИКАТОР ИЗОБРАЖЕНИЙ МИКРОСХЕМ ПРИ ПОМОЩИ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ.....	59
<b>Мамырбаев О.Ж., Оралбекова Д.О., Алимхан К., Othman M., Жумажанов Б.</b> РЕАЛИЗАЦИЯ ОНЛАЙНОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ.....	66
<b>Сейлова Н.А., Ибраев Р.Б., Горлов Л.В., Турдалыулы М.</b> КРИПТОГРАФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕЛИНЕЙНОГО УЗЛА АЛГОРИТМА БЛОЧНОГО СИММЕТРИЧНОГО ШИФРОВАНИЯ QALQAN.....	73
<b>Ташенова Ж.М., Нурлыбаев Э.Н., Абдугулова Ж.К., Аманжолова Ш.А.</b> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДАТА-ЦЕНТРА.....	81
<b>Шопагулов О.А., Корячко В.П.</b> КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ В БАЗАХ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ.....	92

### МАТЕМАТИКА

<b>Егенова А., Куракбаева С., Калбаева А., Изтаев Ж.</b> НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОПИСАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ АНАЛОГИЧНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН.....	103
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

<b>Ибраев А.Т.</b> ПОСТРОЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА ДВИЖЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОННЫХ ЗЕРКАЛ И КАТОДНЫХ ЛИНЗ.....	114
<b>Махажанова У.Т., Исмаилова А.А., Жумаханова А.С.</b> ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЕТКИХ ЛОГИЧЕСКИХ ПРАВИЛ В ПРОЦЕССАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	121
<b>Сартабанов Ж.А., Айтенова Г.М., Торемуратова Г.С.</b> ВЗАИМНАЯ ПРИВОДИМОСТЬ ЛИНЕЙНЫХ МНОГОПЕРИОДИЧЕСКИХ СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ С ОПЕРАТОРАМИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ.....	128
<b>Тусупов Д.А., Муханова А.А.</b> ПРИЛОЖЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ ПРАВИЛ В ПРОЦЕССАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.....	136



## CONTENTS

### PHYSICS

<b>Zhumabayev B.T., Vassiliyev I.V., Petrovskiy V.G., Issabayev K.Zh.</b> A NEW LANDFILL FOR RADIOPHYSICAL RESEARCH IN KAZAKHSTAN.....	6
<b>Meirbekov M.N., Ismailov M.B.</b> DESIGN AND MANUFACTURE OF A LABORATORY INSTALLATION FOR FORMING CARBON FIBER RODS BY WINDING.....	15
<b>Myrzatay A.A., Rzayeva L.G., Uskenbayeva G.A., Shukirova A.K., Abitova G.</b> THE EFFECT OF THE AMOUNT OF DATA ARRAY ON THE RESULTS OF FORECASTING NETWORK EQUIPMENT FAILURES.....	28
<b>Taimuratova L.U., Bigozha O.D., Seitmuratov A.Zh., Kazbekova B.K., Aimaganbetova Z.K.</b> NEGATIVE LONGITUDINAL MAGNETORESISTANCE SILICON ON INTERLINE ELECTRON TRANSITIONS.....	37

### COMPUTER SCIENCE

<b>Baisholan N., Turdalyuly M., Baisholanova K.S., Kubayev K.E., Tungyshbayev M.T.</b> SOFTWARE AND MATHEMATICAL SUPPORT FOR ATTACK PREDICTION IN INFORMATION SECURITY EVENTS.....	42
<b>Zhumabekova A., Ussatova O., Matson E., Karyukin V., Ilessova B.</b> THE TYPES OF THREATS TO THE INFORMATION RESOURCES AND THE METHODS OF THEIR DETECTION WITH THE USE OF MACHINE LEARNING METHODS.....	48
<b>Kozhagulov Y.T., Zhexebay D.M., Sarmanbetov S.A., Maksutova A.A., Bazhaev N.A.</b> CLASSIFIER OF MICROCIRCUIT IMAGES USING A CONVENTIONAL NEURAL NETWORK.....	59
<b>Mamyrbayev O.Zh., Oralbekova D.O., Alimhan K., Othman M., Zhumazhanov B.</b> REALIZATION OF ONLINE SYSTEMS FOR AUTOMATIC SPEECH RECOGNITION.....	66
<b>Seilova N.A., Ibrayev R.B., Gorlov L.V., Turdalyuly M.</b> CRYPTOGRAPHIC PROPERTIES OF A NONLINEAR NODE OF A BLOCK SYMMETRIC ENCRYPTION ALGORITHM QALQAN.....	73
<b>Tashenova Zh., Nurlybaeva E., Abdugulova Zh., Amanzholova Sh.</b> ASSESSMENT OF THE SECURITY STATUS OF THE COMPANY'S DATA CENTER NETWORK INFRASTRUCTURE.....	81
<b>Shopagulov O.A., Koryachko V.P.</b> CONCEPTUAL MODELS IN THE KNOWLEDGE BASES OF EXPERT SYSTEMS.....	92

### MATHEMATICS

<b>Yegenova A., Kurakbayeva S., Kalbayeva A., Iztaev Zh.</b> SOME PROBLEMS IN DESCRIBING VARIOUS PHYSICAL PROCESSES WITH SIMILAR NONLINEAR WAVE PROPAGATION MODELS.....	103
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

<b>Ibrayev A.T.</b> CONSTRUCTION AND APPLICATION OF A DYNAMIC MOTION COUNTING SYSTEM FOR RESEARCHING THE PROPERTIES OF ELECTRON MIRRORS AND CATHODE LENSES.....	114
<b>Makhazhanova U.T., Ismailova A.A., Zhumakhanova A.S.</b> EXAMPLE OF APPLICATION OF FUZZY LOGICAL RULES IN DECISION-MAKING PROCESSES.....	121
<b>Sartabanov Zh.A., Aitenova G.M., Toremuratova G.S.</b> MUTUAL REDUCTION OF LINEAR MULTIPERIODIC SYSTEMS OF EQUATIONS WITH DIFFERENTIATION OPERATORS.....	128
<b>Tussupov D.A., Mukhanova A.A.</b> APPLICATION OF LOGICAL RULES IN DECISION-MAKING PROCESSES.....	136

**Publication Ethics and Publication Malpractice in  
the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

**[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)**

**<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>**

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

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*  
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадыранова*

Подписано в печать 10.12.2021.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
9,5 п.л. Тираж 300. Заказ 6.